



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y**  
**METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**EXPLORACIÓN DE LA VETA MILAGROSA EN EL NIVEL  
1670, ESPERANZA SUR MEDIANTE PERFORACIONES  
DIAMANTINA - MINERA AURÍFERA CUATRO DE ENERO S.A.-  
CHÁPARRA - CARAVELÍ - AREQUIPA.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. YIMNER EDISON MAMANI MÁLAGA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**PUNO – PERÚ**

**2021**



## DEDICATORIA

Un eterno agradecimiento a mí querida madre Gabriela y a mí querido padre Andres, por su sacrificio, abnegación y ejemplo de perseverancia, han sido siempre mi motivación.  
A mi Novia, Erika por ser mi motor y motivo.

Yimmer Edison Mamani Málaga.



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por brindarme salud, fortaleza y capacidad permitiéndome concluir con mi objetivo.

A mi alma mater, la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, por concederme los claustros universitarios para realizar mis estudios superiores hasta lograr el título de Ingeniero de Geólogo.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería de Geológica y Metalúrgica, quienes supieron impartir sus conocimientos con mucho esfuerzo, para hacer posible mi preparación profesional y realización de esta tesis.

También expreso mi especial agradecimiento a la Minera Aurífera Cuatro de Enero S.A. – Arequipa quienes me dieron la oportunidad de realizar el presente trabajo de Investigación.

Finalmente se agradece a todas las personas quienes de una u otra forma han cooperado con la realización del presente trabajo.

Yimmer Edison Mamani Málaga.



## ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 18**

**ABSTRACT..... 19**

### **CAPÍTULO I**

#### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. GENERALIDADES..... 20**

**1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. .... 21**

**1.3. JUSTIFICACIÓN..... 22**

**1.4. HIPÓTESIS..... 23**

**1.5. OBJETIVOS..... 23**

1.5.1. Objetivo General..... 23

1.5.2. Objetivos Específicos. .... 23

**1.6. ANTECEDENTES..... 23**

### **CAPÍTULO II**

#### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL..... 26**

2.1.2.- Cadena Costanera. .... 27

2.1.3.- Peneplanicie Subandina..... 27

2.1.4.- Peneplanicie Costanera..... 27

2.1.5. Lomadas Andinas. .... 28

2.1.6. Valles Transversales. .... 28

**2.2. DRENAJE..... 29**

**2.3. MARCO TECTÓNICO. .... 29**

**2.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL. .... 31**

2.4.1. Falla Palomino. .... 31

2.4.2. Falla Los Medanos..... 32

2.4.3. Falla Pan de Azucar. .... 32



<b>2.5. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL. ....</b>	<b>32</b>
2.5.1. Volcánico Chocolate J-Vch. ....	34
2.5.2. Formación Guaneros Js-Gu ....	35
2.5.3. Volcánico Sencca. Ts-vse ....	36
2.5.4. Super-Unidad Tiabaya. ....	37
2.5.5 Complejo Bella Unión ....	38
2.5.6. Depósitos aluviales y eólicos. Qal/qel ....	39
<b>2.6. ALTERACIÓN HIDROTHERMAL. ....</b>	<b>40</b>
2.6.1. Factores de la alteración hidrotermal.....	40
2.6.2. Procesos de alteración hidrotermal.....	41
2.6.3. Alteraciones hipógenas. ....	42
2.6.3.1. Propilitización. ....	42
2.6.3.2. Agilización – Sericitización.....	43
2.6.3.3. Silicificación. ....	45
2.6.4. Alteraciones supérgenas. ....	45
<b>2.7. PARAGÉNESIS Y ZONEAMIENTO. ....</b>	<b>46</b>
<b>2.8. METALOGENIA.....</b>	<b>47</b>
2.8.1. Franja de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusiones de Cretácico Superior.....	48
<b>2.9. GÉNESIS DEL YACIMIENTO.....</b>	<b>49</b>
<b>2.10. GÉNESIS DE LA VETA MILAGROSA.....</b>	<b>50</b>
<b>2.11. LABORES MINERAS. ....</b>	<b>53</b>
2.11.1. Labores de Desarrollo, Exploración y Preparación. ....	55
2.11.2. Ventilación.....	60
<b>2.12. PERFORACIONES DIAMANTINAS.....</b>	<b>61</b>
2.12.1. Datos Técnicos de La Maquina Diamec U-4.....	61
2.12.2. Preparación de puntos de perforación.....	62
2.12.3. Plataformas de perforación ....	62
2.12.4. Cámaras de perforación ....	63
2.12.5. Manipulación de testigos ....	63
2.12.6. Logueo ....	64
2.12.7. Toma de muestras para análisis en laboratorio.....	65
2.12.8. Interpretación geológica ....	66



2.12.9. Partes de un equipo de perforación diamantina. ....	67
<b>2.13. ESTUDIO GEOQUÍMICO.....</b>	<b>69</b>
2.13.1. Muestreo de labores mineras. ....	69
2.13.1.1 Tipo de muestreo. ....	69
2.13.1.2. Muestreo sistemático. ....	70
2.13.1.3. Muestreo de cargas, carros mineros; dumper. ....	71
2.13.1.4. Marcado de coronas. ....	71
<b>2.14. ESTUDIOS MINERAGRÁFICOS PETROGRÁFICOS.....</b>	<b>74</b>
2.14.1. Simbología. ....	75
<b>2.15. INCLUSIONES FLUIDAS. ....</b>	<b>77</b>
2.15.1 Definiciones previas. ....	78
2.15.2. Contenidos de las inclusiones fluidas. ....	78
<b>2.16. GUÍA FISIOGRÁFICA. ....</b>	<b>81</b>
<b>2.17. GUÍA MINERALÓGICA. ....</b>	<b>81</b>

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. EQUIPOS. ....</b>	<b>83</b>
<b>3.2. MATERIALES.....</b>	<b>83</b>
<b>3.3. METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN. ....</b>	<b>84</b>
3.3.1. Etapa de pre-campo. ....	84
3.3.1.1. Recopilación bibliográfica. ....	84
3.3.1.2. Sistematización de la información. ....	84
3.3.1.3. Elaboración de planos base. ....	84
3.3.2. Etapa de campo. ....	84
3.3.3. Etapa de gabinete. ....	85

### CAPÍTULO IV

#### CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

<b>4.1. UBICACIÓN. ....</b>	<b>86</b>
<b>4.2. ACCESIBILIDAD. ....</b>	<b>86</b>
<b>4.3. CLIMA, FLORA Y FAUNA.....</b>	<b>87</b>
4.3.1. Clima.....	87
4.3.2. Flora. ....	87
4.3.3. Fauna.....	88



<b>4.4. ESTRATIGRAFÍA .....</b>	<b>88</b>
4.4.1 Rocas intrusivas. ....	89
4.4.1.1. Granodiorita. ....	90
4.4.1.2. Granodiorita de biotita. ....	92
4.4.1.3. Diques aplíticos. ....	94
4.4.1.4. Diques de cuarzo: ....	96
4.4.1.5. Stock dacita porfirítica. ....	97
<b>4.5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL. ....</b>	<b>98</b>
4.5.1. Fallas. ....	98
4.5.1.1.-Falla Santa Rosa. ....	98
4.5.1.2.-Falla Paloma. ....	98
4.5.1.3.-Falla Nv. 620. ....	98
4.5.2. Estructuras mineralizadas. ....	99
4.5.2.1. Veta Milagrosa. ....	99
4.5.2.2. Veta Santa Rosa. ....	99
4.5.2.3 Veta Cuatro Horas. ....	100
4.5.2.4. Veta Piedra Grande. ....	101
4.5.2.5. Veta Yaky. ....	101
4.5.2.6. Veta San Martin. ....	102
4.5.3. Diaclasamiento. ....	102
<b>4.6. MINERALOGÍA. ....</b>	<b>103</b>
4.6.1. Minerales de mena. ....	103
4.6.2. Minerales de ganga. ....	104
<b>4.7. CONTROLES Y GUÍAS DE LA MINERALIZACIÓN. ....</b>	<b>105</b>
4.7.1. Control estructural. ....	105
4.7.2. Control estratigráfico. ....	106
<b>4.8. ALTERACIÓN HIDROTERMAL. ....</b>	<b>106</b>
4.8.1. Alteración fílica. ....	106
4.8.2. Alteración propílica. ....	107
4.8.3. Epidotización. ....	107
4.8.4. Hematización. ....	107
<b>4.9. DESCRIPCIÓN DE LA VETA MILAGRÓSA. ....</b>	<b>108</b>
<b>4.10. PARAGÉNESIS .....</b>	<b>111</b>



## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>5.1. CONTINUIDAD DE LA VETA MILAGROSA MEDIANTE LAS PERFORACIONES DIAMANTINAS.....</b>	<b>113</b>
<b>5.2. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS, MINERALÓGICAS, ESTRUCTURALES E INCLUSIONES FLUIDAS .....</b>	<b>117</b>
5.2.1 Resultados de descripción macroscopía de las estructuras.....	117
5.2.2. Resultados de los estudios por microscopía óptica.....	128
5.2.2.1. Muestra: Zona Viuda. ....	128
5.2.2.1.1. Estudio minerográfico.....	129
5.2.2.2. Muestra Zona Cortada Principal.....	133
5.2.2.2.1 Estudio petrográfico.....	133
5.2.2.3. Muestra: Zona Victoria.....	138
5.2.2.3.1. Estudio minerográfico.....	138
5.2.2.4. Muestra: Zona Esperanza Sur.....	141
5.2.2.4.1. Estudio minerográfico.....	141
5.2.3. Inclusiones fluidas veta milagrosa.....	150
5.2.3.1. Muestra: M1.....	155
5.2.3.2. Muestra: M2.....	161
5.2.3.3. Muestra: M3.....	168
<b>5.3. VALOR FAVORABLE DE ORO A PARTIR DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO .....</b>	<b>174</b>
5.3.1. Primera etapa de perforaciones diamantinas nivel 1915 Diamec-04.....	174
5.3.2. Segunda etapa de perforaciones diamantinas nivel 1760 Diamec-04.....	176
<b>5.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>180</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>182</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>183</b>
<b>VIII. REFERENCIAS.....</b>	<b>184</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>192</b>

Área: **GEOLOGIA DE MINAS.**

Tema: **EXPLORACIÓN GEOLÓGICA.**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 16 de julio 2021.



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa geológico regional delimitando la zona de estudio.....	34
Figura 2	Sericitización de rocas ácidas (oré, 2006).....	44
Figura 3	Mapa de las franjas metalogenéticas del Perú se indica ubicación de la mina macdesa. (acosta, y otros, 2015) .....	48
Figura 4	Modelo conceptual simplificado de los depósitos epitermales de baja. (bs), intermedia (is) y alta sulfuración (as) (modificado de (sillitoe, 1993) .....	50
Figura 5	Modelo conceptual simplificado de ambientes hidrotermales y la relación entre depósitos epitermales, intrusiones magmáticas, circulación de fluidos, rocas volcánicas y basamento (simmons, white, & john, 2005).....	51
Figura 6	Estilos y geometría de los depósitos epitermales, ilustran la influencia estructural, hidrotermal y permeabilidad litológica (modificado de (sillitoe, 1993)).....	51
Figura 7	Modelo de formación de vetas.....	52
Figura 8	Modelo de formación de vetas.....	53
Figura 9	Crucero para la cámara de perforación.....	57
Figura 10	Echadero, buzón y caminos por donde se traslada el personal .....	59
Figura 11	Sostenimiento en tajeos.....	60
Figura 12	Corrección de potencia de veta.....	67
Figura 13	Muestreo de galería.....	72
Figura 14	Muestreo en chimeneas.....	72
Figura 15	Muestreo en tajos.....	73
Figura 16	Vista de la veta en sección frontal.....	73



Figura 17	Geometría de la veta. ....	74
Figura 18	Clasificación de nash (1976) mostrando los cuatro tipos más importantes de inclusiones fluidas. (l=líquido; v=vapor; s=sólido; c=carbónicas). ....	80
Figura 19	Plano de ubicación de zona de estudio. ....	87
Figura 20	Muestra de mano de roca granodiorita extraída de la zona de estudio. ....	92
Figura 21	Muestra de mano de roca granodiorita con biotita extraída de la zona de estudio .....	94
Figura 22	Dique andesítico en la zona de estudio .....	96
Figura 23	Dique de cuarzo de la zona de estudio .....	97
Figura 24	Oxfe, hematita, limonita, jarosita y patinas de clorita, (nv. 2100 sn 099 se). .....	108
Figura 25	Veta de cuarzo hialino y cuarzo grisáceo de textura bandeada.....	119
Figura 26	Veta de cuarzo blanco a rojizo de textura masiva.....	121
Figura 27	Veta de cuarzo rosáceo de textura bandeada .....	123
Figura 28	Veta de cuarzo blanco verdoso de textura bandeada .....	125
Figura 29	Veta de cuarzo blanco hialino de textura bandeada .....	127
Figura 30	Histograma acumulado de temperatura de homogenización (th °c) vs frecuencia.....	152
Figura 31	Histograma acumulado de salinidad (% eq. Peso nacl) vs frecuencia. ....	152
Figura 32	Diagrama evolución temporal de la temperatura de homogeneización y salinidad. ....	153
Figura 33	Diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad – modificado de wilkinson (2001) correspondiente a la muestra m1, m2 y m3.....	153



Figura 34	Fotomicrografías 1 y 2 agregados de cristales subhedrales de cz i con agregados de sid. 3 cristales subhedrales de hm con relictos de py. 4 cristales anhedrales de py y moldes de cristales de hm. ....	156
Figura 35	Fotomicrografías más relevantes correspondientes a las inclusiones fluidas observadas y medidas en la lámina en estudio.....	157
Figura 36	Histograma de $th(c^\circ)$ de la muestra m1.....	159
Figura 37	Histograma de salinidad (% peso eq. NaCl) de la muestra m1.....	159
Figura 38	Diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad de la muestra m1. ....	160
Figura 39	Diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad – modificado de (wilkinson, 2001) correspondiente a la muestra m1. ....	160
Figura 40	Fotomicrografías 7, 8 y 10 agregados de cristales subhedrales de cz ii y cz i junto a agregados de py. 9 cristales anhedrales de py reemplazada por hm y cz i.....	163
Figura 41	FOTOMICROGRAFÍAS más relevantes correspondientes a las inclusiones fluidas observadas y medidas en la lámina en estudio.....	164
Figura 42	Histograma de $th(c^\circ)$ de la muestra m2.....	166
Figura 43	Histograma de nacl(wt%) de la muestra m2. ....	166
Figura 44	Diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad de la muestra m2. ....	167
Figura 45	Diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad – modificado de (wilkinson, 2001) correspondiente a la muestra m2. ....	167
Figura 46	Fotomicrografías 13 y 14 agregados de cristales subhedrales de cz ii y cz i con agregados de py y cbs. 15 cristales anhedrales py sobre cz. 16 cristales anhedrales de pirita py diseminadas en cz. ....	169



Figura 47	Fotomicrografías más relevantes correspondientes a las inclusiones fluidas observadas y medidas en la lámina en estudio.....	170
Figura 48	Histograma de $th(c^\circ)$ de la muestra m3.....	172
Figura 49	Histograma de $nacl(wt\%)$ de la muestra m3. ....	172
Figura 50	Diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad de la muestra m3. .....	173
Figura 51	Diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad – modificado de (wilkinson, 2001) correspondiente a la muestra m3. ....	173



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Minerales de diagnóstico de varios estados de pH, estados de sulfuración y oxidación, usados para distinguir ambientes epitermales <i>formadores de mineral</i> (Einaudi, 2003) .....	52
Tabla 2. Actividades y ciclo de trabajo en subniveles de una labor minera .....	57
Tabla 3. Corrección de ángulo según la dirección de corte del sondaje de diamantina. 67	
Tabla 4. Principales minerales encontrado en estudios petrominerograficos y su abreviatura .....	75
Tabla 5. Intensidad de alteración en escala cuantitativa cualitativa .....	77
Tabla 6. Ubicación coordenadas UTM WGS84 .....	86
Tabla 7. Rutas de acceso a la zona de estudio .....	86
Tabla 8 . Descripción mineralógica de M1 veta Milagrosa .....	90
Tabla 9. Descripción mineralógica de M2 veta Milagrosa .....	93
Tabla 10. Cuadro Paragenético MACDESA. ....	112
Tabla 11. Resultados de DDH .....	114
Tabla 12. Descripción mineralógica de M1 veta Milagrosa. ....	118
Tabla 13. Descripción mineralógica de M2 veta Milagrosa. ....	120
Tabla 14. Descripción mineralógica de M3 veta Milagrosa. ....	122
Tabla 15. Descripción mineralógica de M4 veta Milagrosa. ....	124
Tabla 16. Descripción mineralógica de M5 veta Morococha. ....	126
Tabla 17. Ubicación en coordenadas UTM WGS84 de la zona Viuda .....	128
Tabla 18. Estudio minerografico de la muestra Zona la Viuda Gal: 165 NW .....	129
Tabla 19. Fotomicrografías de las muestras zona la viuda N°01.....	131
Tabla 20. Fotomicrografías de las muestras zona la viuda N°02.....	132
Tabla 21. Ubicación en coordenadas UTM WGS84 de la zona Cortada principal .....	133



Tabla 22. Estudio petrográfico de muestra de la zona Cortada principal Gal:655 .....	133
Tabla 23. Descripción microscópica de muestra de la zona Cortada principal .....	134
Tabla 24. Estudio mineragrafico de la muestra Zona la Viuda Gal: 655 NW .....	135
Tabla 25. Fotomicrografías de las muestras zona Cortada principal N°01 .....	136
Tabla 26. Fotomicrografías de las muestras zona la Cortada principal N°02.....	137
Tabla 27. Ubicación en coordenadas UTM WGS84 de la zona Victoria.....	138
Tabla 28. Estudio mineragrafico de la muestra Zona Victoria Gal 355 NW.....	138
Tabla 29. Fotomicrografías de las muestras zona Victoria N°01 .....	139
Tabla 30. Fotomicrografías de las muestras zona Victoria N°02 .....	140
Tabla 31. Ubicación en coordenadas UTM WGS84 de la zona Esperanza sur.....	141
Tabla 32. Estudio petrográfico de muestra de la zona Esperanza sur.....	141
Tabla 33. Estudio mineragrafico de la muestra Esperanza Sue Gal 520 NW .....	143
Tabla 34. Fotomicrografías de las muestras zona Esperanza sur N°01 .....	145
Tabla 35. Fotomicrografías de las muestras zona Esperanza sur N°02 .....	146
Tabla 36. Estudio mineragrafico de muestra de la zona Esperanza sur Gal: 520 NW .	147
Tabla 37. Fotomicrografías de las muestras zona Esperanza sur N°03 .....	148
Tabla 38. Fotomicrografías de las muestras zona Esperanza sur N°04 .....	149
Tabla 39 Resultados obtenidos en el estudio de inclusiones de fluidos .....	151
Tabla 40. Resultados de inclusiones fluidas para la muestra N°1 .....	155
Tabla 41. Datos microtermométricos de la Muestra M1. ....	158
Tabla 42. Resultados de inclusiones fluidas para la muestra N°2 .....	161
Tabla 43. Datos microtermométricos de la Muestra M2 .....	165
Tabla 44 Resultados de inclusiones fluidas para la muestra N°3 .....	168
Tabla 45. Datos microtermométricos de la Muestra M3. ....	171
Tabla 46. Resumen de datos medidos de las tres muestras. ....	174



Tabla 47. Descripción primera etapa de perforación diamantina DDH-07. ....	175
Tabla 48. Descripción primera etapa de perforación diamantina DDH-08. ....	175
Tabla 49. Descripción primera etapa de perforación diamantina DDH-09. ....	176
Tabla 50. Descripción primera etapa de perforación diamantina DDH-10. ....	176
Tabla 51. Descripción segunda etapa de perforación diamantina DDH-11. ....	177
Tabla 52. Descripción segunda etapa de perforación diamantina DDH-12. ....	177
Tabla 53. Descripción segunda etapa de perforación diamantina DDH-13. ....	177
Tabla 54. Descripción segunda etapa de perforación diamantina DDH-14. ....	179
Tabla 55. Descripción segunda etapa de perforación diamantina DDH-15. ....	179
Tabla 56. Descripción segunda etapa de perforación diamantina DDH-16. ....	179



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

Apy	Arsenopirita
Au	Oro
Bx	Brecha
CBs	Carbonatos
CH	Chimenea
CR	Cortada
Cx	Crucero
Cz	Cuarzo
Diss	Diseminado
E	Este.
Fe	Hierro
GL.	Galería.
Gn.	Galena.
Gr.	Gramos.
Hm	Hematita
INGEMMET.	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
LTDP	Lámina transparente doblemente pulida
MACDESA.	Minera Aurífera Cuatro de Enero Sociedad Anónima.
mm.	Milímetros.
m.s.n.m	Metros Sobre el Nivel del Mar
m	Metros.
N.	Norte.
Nv.	Nivel.
PETS.	Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro.



Phyl.	Fílica.
Pot.	Potencia.
Prop.	Propilítica.
Py.	Pirita.
S.	Sur.
SAC	Sociedad Anónima Cerrada
Sid	Siderita
Sph.	Esfalerita.
St.	Estructura.
TM.	Toneladas Métricas.
Tz.	Trazas.
UEA	Unidad Economica Administrativa
Vn.	Veta.
W.	Oeste.



## RESUMEN

El yacimiento se encuentra emplazado en el batolito de la costa del segmento Arequipa, súper unidad Tiabaya y forma parte de la franja aurífera Nazca-Ocoña, La veta Milagrosa conforma un sistema de vetas de cuarzo aurífero ramaleado y bandeado de tipo rosario, hospedada en roca granodiorita, la mineralización sigue un alineamiento principal NW con buzamiento NE. La campaña de perforación se desarrolló en dos etapas, la primera etapa en el nivel 1920 Cortada Principal, corta dos estructuras mineralizadas con una ley 4.73gr. Au/TM Potencia de 0.53 m. y también con una ley de 0.86gr. Au/TM. Potencia de 0.38m. La segunda etapa en el nivel 1760 Esperanza Sur, corta una estructura mineralizada con una ley 8.02gr. Au/TM. Potencia de 0.70m. Ejecutados 10 taladros diamantinos con el objetivo de interceptar la veta Milagrosa. El objetivo principal es determinar las características geológicas de la veta milagrosa en el nivel 1670 de la zona esperanza sur, así mismo hacer modelos geológicos que puedan permitir interpretar si la mineralización de la veta Milagrosa continúa en niveles inferiores de la cota 1670. La investigación es de tipo descriptivo en tres etapas de trabajo, etapa de pre-campo que consiste a recurrir a diversas fuentes bibliográficas, etapa de campo consistirá en mapeos geológicos en interior mina escala 1:250, análisis estructural, desarrollo y avance de labores de exploración, etapa de gabinete. Los resultados con perforaciones diamantinas e interpretaciones geológicas establecieron que la veta Milagrosa tiene continuidad en niveles inferiores a la cota 1760, alcanzando resultados en la cota 1670. El cual permitió cuantificar y elevar los recursos minerales.

**Palabras Clave:** Exploración geológica, perforación diamantina, petrografía, veta milagrosa.



## ABSTRACT

The deposit is located in the batholith of the coast of the Arequipa segment, Tiabaya super unit and is part of the Nazca-Ocoña gold belt. granodiorite, mineralization follows a NW main alignment with a NE dip. The drilling campaign was developed in two stages, the first stage at the 1920 Cortada Principal level, cuts two mineralized structures with a grade of 4.73gr. Au / TM Power of 0.53 m. and also with a grade of 0.86gr. Au / TM. Power of 0.38m. The second stage at the 1760 Esperanza Sur level cuts a mineralized structure with a grade of 8.02gr. Au / TM. Power of 0.70m. 10 diamond drills were executed with the aim of intercepting the Miraculous vein. The main reason is to determine the geological characteristics of the miraculous vein at the 1670 level of the southern Esperanza zone, as well as to make geological models that can allow interpreting whether the mineralization of the Milagrosa vein continues at levels lower than the 1670 elevation. The research has the descriptive method in three stages of work, a pre-field stage that consists of resorting to various bibliographic sources, the field stage will consist of geological mapping in the 1: 250 scale interior mine, structural analysis, development and progress of work of exploration, cabinet stage, analysis and interpretation of geological plans and sections with diamond drills were carried out. The results with diamond drilling and geological interpretations established that the Milagrosa vein has continuity at levels below the 1760 elevation, reaching results at the 1670 elevation. This allowed quantifying and increasing the mineral resources.

**KEY WORDS:** Exploration geological, diamond drilling, petrography, milagrosa vein.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. GENERALIDADES.

La zona de estudio se localiza en el distrito de Cháparra, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa a una altitud de 1600 a 2100 msnm.

El yacimiento de la Minera aurífera Cuatro de Enero, se encuentra emplazado en el batolito de la costa del segmento Arequipa, Súper Unidad Tiabaya y forma parte de la franja aurífera Nazca-Ocoña, donde las soluciones hidrotermales han sido afectadas por la intensa alteración de tipo argílica avanzada (Alunita, Caolinita).

Así mismo, se encuentra relacionada a la convergencia de subducción de la placa oceánica y la placa continental, tiene una ocurrencia de rocas intrusivas pertenecientes a la súper unidad Tiabaya, correspondiente al Batolito de la costa, predominando rocas intrusivas de naturaleza plutónica y diques hipabisales que cortan a estas rocas, estos diques son de gran importancia en el aspecto económico de la zona, puesto que directamente están relacionadas con la genesis del yacimiento.

Durante el terciario inferior, comienza la primera fase de la orogenia andina (Plegamiento Peruano de Steiman), con pulsaciones de cuerpos intrusivos granodioríticos y tonalíticos. Como segundo evento se emplazan diques de composición andesítica de textura porfírica con matriz afanítica intensamente piritizados que probablemente sean manifestaciones de la segunda etapa de la orogenia Andina.

En la zona de estudio se encontraron rocas aflorantes de granodioritas pertenecientes a la Super Unidad Tiabaya, además se tiene material aluvial del cuaternario



reciente cubriendo los lechos de las quebradas circundantes, también posee gran interés económico, por lo que ha sido objeto de varios estudios geológicos.

Se ha cartografiado y estudiado la petrografía, minerografía, geoquímica e inclusiones fluidas de la veta Milagrosa el cual representa un potencial de gran importancia económica, aunque hasta ahora no ha sido plenamente reconocida en niveles inferiores.

En la actualidad la empresa viene desarrollando sus operaciones en seis niveles cuyas operaciones son de preparación y desarrollo de labores con producción y el método de explotación aplicado en UEA Cuatro de Enero es corte y relleno ascendente.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El yacimiento de la minera aurífera Cuatro de Enero SA se encuentra emplazado en el batolito de la costa del segmento Arequipa y forma parte de la franja aurífera Nazca-Ocoña. tiene una ocurrencia de rocas intrusivas pertenecientes a la Súper Unidad Tiabaya. Este yacimiento conforma un sistema de vetas de cuarzo aurífero ramaleado y bandeado de tipo rosario.

La veta Milagrosa es una importante estructura mineralizada que en la actualidad se tiene reconocido en niveles superiores 2100 hasta el nivel 1760 cuyo plano mineralizado es de 340 m vertical y 452 m. horizontal. Con probabilidades de que la veta Milagrosa profundice niveles inferiores al 1760. También existe la posibilidad que la mineralización tenga continuidad hacia el norte después de la falla en el Nivel 620 de tipo dextral.



El objetivo de esta tesis de investigación es hallar la continuidad de la Veta Milagrosa en el nivel 1670 y describir las características geológicas, mineralógicas y estructurales. Mediante perforaciones diamantina.

La falta de reservas de mineral conlleva a realizar la búsqueda de nuevas zonas potenciales que antes no fueron exploradas, Por ello la importancia en la actualidad de encontrar nuevas reservas económicamente rentables y factibles para su explotación.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN.**

El Perú es un país con crecimiento importante en la explotación de minerales con alto valor económico por ello el interés principal de la investigación parte del problema actual que atraviesa la empresa por falta de nuevas reservas de mineral, la explotación del oro continúa, sin embargo, se tiene la necesidad de encontrar, cuantificar y explotar los recursos minerales para aumentar las reservas de la mina.

La presente investigación pretende realizar la caracterización geológica, mineralógica y estructural, en base a enfoques teóricos que se manejan actualmente en cuanto a los estudios geológicos realizados en la zona y datos de campo de la veta Milagrosa, además de encontrar la continuidad en el nivel 1670 de la zona Esperanza Sur mediante sondajes diamantinos, para determinar la existencia de recursos minerales económicamente rentables para explotación.

La importancia de un programa anual de perforaciones diamantinos, conducentes a verificar el comportamiento geológico para realizar labores de preparación. También este estudio contribuirá a determinar el camino para futuras investigaciones sobre la geología económica de la Veta Milagrosa.



En lo social genera empleo de manera directa para los pobladores locales durante la elaboración de cámaras diamantina y perforaciones de sondajes diamantina. De esta manera genera el crecimiento económico de la localidad.

#### **1.4. HIPÓTESIS.**

La veta milagrosa tiene continuidad en niveles inferiores al 1670 con valores económicos rentables, mediante la perforación diamantina se caracteriza la geología, mineralogía y comportamiento estructural en la minera Aurífera Cuatro de Enero S.A.-Cháparra-Caravelí-Arequipa.

#### **1.5. OBJETIVOS.**

##### **1.5.1. Objetivo General.**

Determinar la continuidad de la Veta Milagrosa en el nivel 1670 y caracterizar la geología, mineralógica y comportamiento estructural, mediante perforación diamantina y análisis de laboratorio en la Minera Aurífera Cuatro de Enero S.A.-Cháparra-Caravelí-Arequipa.

##### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Realizar descripción de las características geológicas, mineralógicas y estructurales de la veta Milagrosa mediante perforaciones diamantina, descripciones mineragráficas e inclusiones fluidas.
- Realizar los análisis de laboratorio para valores de oro a fin de determinar el valor favorable.

#### **1.6. ANTECEDENTES.**

La Minera Aurífera Cuatro de Enero SA (MACDESA) ha pasado por diferentes etapas como grupo de pequeños mineros informales comenzando la exploración de la



mina en la veta cortada principal debido a la alta ley del mineral se procedía a recuperar por quimbaletes obteniendo el oro grueso y vendiendo su relave a diferentes empresas acopiadoras, viendo las posibilidades de mejora continua en capacidad de tonelaje extraído se creó la empresa Minera Aurífera Cuatro de Enero S.A., un 4 de enero del 2006, la visión de la empresa de crear su propia planta se mantenía latente para la cual el año 2008 se crea la planta Aurífera BRADA SAC. Con una capacidad de 10 Tn/D con circuito convencional; para agosto del 2008 se incrementa la capacidad de procesamiento a 25 Tn/D, debido a la adquisición de nuevos equipos y la contratación de profesionales, en enero del 2013 la planta aumenta su capacidad de procesamiento de 120 Tn/D a 150 Tn/D con un proceso de circuito cerrado dejando atrás el proceso convencional de recuperación de oro con mercurio, en la actualidad recibe mineral de operaciones mina propia la cual es acarreado por volquetes de 12 y 15 TM de capacidad, el cual es procesado en tanques de cianuración, con recuperación del oro por el proceso de carbón en pulpa CIP, desorción con alcohol, electrodeposición y fundición, obteniéndose el oro en barra al 98.5% de pureza. Actualmente cuenta con certificación FAIRTRADE INTERNATIONAL, la minera MACDESA. En el Perú ya son tres las empresas mineras en menor escala que obtienen este importante sello, demostrando que sí se puede ser formal, además de social y ambientalmente responsable. Esta certificación permite a la empresa abastecer de Oro Responsable a los mercados de Europa, en el que destaca el importante mercado Suizo, dando la oportunidad de que en un futuro su producción sea comercializada a los mercados de Estados Unidos y Canadá. De la zona de estudio se conocen algunos trabajos detallados, así como de los alrededores y a nivel regional que a continuación mencionamos:



En el año 1980 se inician trabajos de investigación a cargo de Enrique Olchanski.L. “Geología de los cuadrángulos de Jaqui, Coracora, Chala y Chaparra hojas 31-ñ, 31-o, 32-ñ y 32-o” Boletín Nro. 34. INGEMMET (Olchanski , 1980).

Martínez P. (1986) realiza estudios de “Reconocimiento Geológico de la Región Aurífera de Cháparra”. Preparado por BISA.

De Montreuil, (1979) Ocurrencias de Oro y sus asociaciones – Franja Nazca Ocoña, resalta las características mineralógicas del distrito minero mostrando una estrecha relación entre el Au, la pirita y el cuarzo, mencionan las tendencias andinas en las estructuras y el emplazamiento de la mineralización desde ambientes hidrotermales, hipotermas a mesotermas.

En el año 2009 se elabora la tesis de pregrado con título “Estudio Geológico del Yacimiento Filoniano Cuatro Horas emplazado en el Batolito de la costa Cuadrángulo de Chaparra Caravelí-Arequipa” con objetivo de caracterizar el tipo de yacimiento y cuya conclusión del tipo de yacimiento cuatro horas es de tipo filoniano Hidrotermal-Mesotermal de origen epigenético, emplazado sobre granodiorita con altos y bajos grados de valores de oro. (Roque, 2009)

Durante el año 2011 se realiza Tesis Cálculo de reservas – Proyecto de exploración y desarrollo e intersección de la veta Santa Rosa en el nivel 1780 el objetivo general esta direccionada a la búsqueda y el incremento de nuevas áreas económicas dentro de la operación minera que permita incrementar las reservas minerales económicas. (Velarde , 2011)



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.

##### 2.1.1.- Faja Litoral.

Es una franja angosta que comprende varias superficies escalonadas, casi horizontales y que van desde el nivel del mar hasta una altura de 300 m. Estas superficies han sido desarrolladas por diferentes procesos, siendo los siguientes:

Una superficie de erosión marina, comprendida entre Tacna y quebrada Honda que corresponde a una faja angosta adyacente a la ribera marina, cuyo ancho no es mayor de 3 km. y que va desde cero hasta 100 msnm. Esta superficie comprende dos terrazas de abrasión que han sido labradas por la acción de las olas marinas sobre rocas intrusivas, cuyo diaclasamiento con dirección N 40° E y N 45° - 55° O, han facilitado la acción marina. El acantilado de la primera terraza, ha sido modelado y actualmente forma una sola superficie, con suave pendiente hacia el mar.

Una superficie de acumulación marina durante el Pleistoceno, con materiales aportados por el río Chala y por la erosión marina del sector norte, que han dado lugar a la deposición de sedimentos dentro de una pequeña bahía que por sucesivos levantamientos de la costa han originado terrazas de acumulación. Las pampas de La Aguada y Huangarume representan a esta superficie, la que no pasa de los 200 msnm.

Una superficie combinada de acumulación fluvial y eólica donde las superficies anteriores como las quebradas formadas posteriormente han sido cubiertas por conglomerados, gravas, rodados y arenas dando lugar a extensas pampas y a cerros que llegan hasta 400 msnm con un ancho máximo de 10 km. Ejemplos de ellas son las Pampas de Buenavista, Checo, Capac, Huaranguillo y Salinas. (Olchauski , 1980)



### 2.1.2.- Cadena Costanera.

Esta unidad se encuentra a partir de los 400 msnm presenta una topografía accidentada, los cerros presentan altitudes que llegan a los 2500 msnm. Se encuentra disectada por valles transversales y por numerosas quebradas que han modificado totalmente la antigua superficie de erosión (Olchanski , 1980)

### 2.1.3.- Peneplanicie Subandina.

Constituye una superficie de erosión inclinada hacia el SSO, y está cortada por numerosas quebradas y ríos que drenan hacia el Pacífico. La diferencia de nivel aumenta progresivamente de SO a NE, desde los 2,500 hasta los 3,200 m. de altitud.

Esta superficie, posiblemente comenzó a formarse en el Terciario medio por acción marina y a una altura muy inferior a la actual, alcanzando las rocas del Batolito, que han quedado al descubierto por la intensa erosión modeladora del que sólo una parte está cubierta en pequeñas áreas por depósitos tobáceos más jóvenes (Olchanski , 1980)

La geoforma de las cumbres es como consecuencia de la erosión de las rocas existentes la cual ha desarrollado cumbres empinadas con abruptos desniveles, destacándose en la zona de estudio las elevaciones formadas por los siguientes cerros:

- Cerros Estrella (3061 msnm) en el cual se ubica la veta cuatro horas.
- Cerros Puruja (2400 msnm) ubicado hacia el Oeste de la mina.
- Cerro Cruz de Oro (2001 msnm) ubicado hacia el SE de la mina.
- Cerro Tarata (3045 msnm) ubicado hacia el NE de la mina.

### 2.1.4.- Peneplanicie Costanera.

Ubicada en dirección SE de la zona de estudio, con una altitud de 1700 msnm. y corresponde a una superficie de acumulación de conglomerados y tobas del terciario superior que cubren una antigua superficie de erosión, las pampas de Lobos, Pedernales



y Medanal corresponden a esta unidad, presenta numerosas quebradas de poca profundidad que apenas disectan la antigua superficie de erosión (Olchanski , 1980)

#### 2.1.5. Lomadas Andinas.

Con este nombre se ha designado a la unidad situada en el sector nororiental del área, formada especialmente por rocas volcánicas tales como tobas, brechas, aglomerados, lavas y cenizas que le asignan una topografía característica, que la diferencia de las otras unidades geomorfológicas. La topografía no es muy accidentada y está compuesta por pequeños cerros de pendiente moderada y de cumbres onduladas. Las partes más bajas promedian los 3,500 m. y las cumbres los 4,200 m. estando formadas las primeras por pampas resultantes de lagunas pequeñas y antiguas, ahora rellenadas por materiales aluviales; como las pampas de Breapampa, Huancayachi, Sayhua y Chaquicocha. Los cerros más importantes son Peste, Torpuya, Sacsá, Cruz Pata y Huailahuasi, los cuales se hallan sobre los 4,000 msnm (Olchanski , 1980)

#### 2.1.6. Valles Transversales.

Los ríos Acarí, Yauca, Chala, Cháparra y Atico que drenan en dirección SO, han formado valles, los cuales, por alcanzar su perfil de equilibrio, han profundizado y ensanchado sus cauces. Este proceso desarrollado en un tiempo relativamente corto, se ha debido a la erosión sobre una superficie en proceso de levantamiento. Los valles de los cursos inferiores tienen un ancho máximo de 2 a 3 km., tal como puede observarse en la parte baja de los valles de Chala y Yauca, pero generalmente son angostos, con un ancho variable de 0.5 a 1 km. empleándoseles como terrenos de cultivo y asentamiento de poblados. El ensanchamiento en la parte superior normalmente es de 6 a 7 km. a diferencia de los lugares donde los valles se unen con los tributarios, alcanzando un ancho hasta de 15 km. (Olchanski , 1980)

## 2.2. DRENAJE.

Está representado por el río Chaparra el cual constituye el drenaje principal, así como varias quebradas que son tributarios, el río de Cháparra discurre en dirección SW hacia el Océano Pacífico, y tiene su origen por filtración de la laguna de Parinacochas, siendo los ríos colectores los Pongomayo, Huilafro y Atun Mayo.

Su caudal es variable en invierno disminuye al mínimo caudal, mientras que en verano aumenta en gran escala. En general, el drenaje de la zona es del tipo dendrítico típico de las zonas de roca ígnea, siendo controlado por el sistema de fallamiento y diaclasamiento que a afectado a las rocas intrusivas. (Zevallos, 2010).

## 2.3. MARCO TECTÓNICO.

El área de estudio está asociada a la Cordillera de los Andes del Perú central cuya evolución está relacionada a la orogenia Andina (Mégard F. , 1978); que es el resultado de la subducción entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana.

El ciclo andino comienza en el Triásico tardío con un fuerte régimen extensional que se mantuvo hasta fines del Cretáceo inferior; evidenciado por la apertura y relleno de cuencas con secuencias carbonatadas silicoclásticas (Grupo Yura) y niveles volcánico – clásticos de edad Caloviana – Titoniana (Formación Guaneros). En los estadios finales de este periodo (Hauteriviano – Albiano medio), se genera el graben Huarmey – Cañete con vulcanismo tholeítico a calcoalcalino (volcánicos del Cretácico superior).

En los estadios tardíos del Albiano Medio – Cenomaniano, se produce una fase tectónica compresional, definida como la Orogenia Mochica (Cobbing, y otros, 1981); (Mégard F. , 1984). Esta fase genera ejes de pliegues en dos direcciones, uno principal ligeramente oblicuo al rumbo Andino (NE - SO), y el otro más joven, normal al rumbo Andino (ENE - OSO). Asimismo, durante esta fase se desarrollaron sistemas de fallas en



echelón y fallas con movimientos dextrales y que aparentemente permitieron el emplazamiento de gabros y diques tholeíticos sinplutónicos del Batolito de la Costa, relacionados a la Super unidad de Patas (100 Ma – 107 Ma) (Cobbing, Pitcher, & Taylor, 1977)

Se define que a partir del Campaniano temprano, se produjeron una serie de fases tectónicas compresivas; como es el caso de la fase peruana (84 Ma – 79 Ma), Incaica I (59 Ma – 55 Ma), Incaica II (13 Ma – 42 Ma), Incaica III (30 Ma – 27 Ma), Incaica IV (22 Ma), Quechua I (17 Ma), Quechua II (8 Ma – 7 Ma), y Quechua III (5 Ma – 4 Ma), (Benavides-Cáceres, 1999).

La Orogenia Peruana (Campaniano temprano - Medio), origino ejes de pliegues NO – SE en el Grupo Yura y unidades más antiguas, fallas longitudinales NO – SE y el emplazamiento de plutones graníticos de las super unidades de Incahuasi y Tiabaya, del Batolito de la Costa (Benavides-Cáceres, 1999).

Entre los pulsos finales de la fase peruana y el inicio de la fase Incaica I (Campaniano tardío - Paleoceno), se produce un régimen extensional manifestado por la presencia de cuencas intermontanas, rellenas por capas rojas como es el caso de la Formación Casapalca (Benavides-Cáceres, 1999).

Durante el Paleoceno tardío y Eoceno temprano se desarrolló la fase compresiva Incaica I (Noble, 1985). Este evento generó ejes de pliegues NO – SE en las capas rojas de la Formación Casapalca, seguido de levantamiento y erosión.

En los estadíos tardíos del Eoceno medio, se da lugar a una nueva fase compresiva NE – SO, Incaica II que genera pliegues y fajas corridas, en las secuencias sedimentarias (Steinmann, 1929); (Noble, 1985) En el Oligoceno, se produce la fase compresiva Incaica III, caracterizada por un brusco acortamiento NNE – SSO; paralelo a la dirección de



convergencia en el Oligoceno (Sebrier, 1988). De igual manera, destaca la presencia de superficies de erosión.

Entre los 27 Ma y 26 Ma, se registra una fase extensional en la dirección NO – SE, que generó fallas normales, como las identificadas al Este de la localidad de Laramate y zonas de tensión NE – SO para el emplazamiento de la mineralización de 26.34 Ma en la mina Antapite. (Benavides-Cáceres, 1999), en estadíos tempranos del Mioceno (22 Ma) registra la fase compresiva Incaica IV (Noble, 1985). Este evento generó ejes de pliegues NO - SE en los volcánicos del Oligoceno y superficies de erosión en los niveles más expuestos del Batolito de la Costa; que sirvieron para la deposición de secuencias volcánicas del Grupo Nazca de 20 Ma (Noble, 1985); (Bellon, 1977)

Alrededor de los 17.0 Ma (Mioceno medio), se evidencia una fuerte fase compresiva definida como Quechua I (Steinmann, 1929); (Mckee, 1982); (Mégard F. , 1984) Relacionada a esta fase se tiene la presencia de extensas superficies de erosión denominada como Superficie Puna (Benavides-Cáceres, 1999) que afectó a las secuencias volcánicas Oligocenas – Miocenas y al Batolito de la Costa (Macharé, 1986) (Zevallos, 2010).

## **2.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL.**

“La geología estructural es una parte de la geotectónica, es decir, estudia las particularidades de la estructura y desarrollo de la corteza terrestre relacionados a los procesos mecánicos, movimientos y deformaciones que en ella tienen lugar”. (Belousov, 1979).

### **2.4.1. Falla Palomino.**



Tiene un rumbo que varía de N 15° O a E-O y es de tipo normal. Está ubicada a 13 km. aproximadamente al SO de la zona de estudio, forma parte de las fallas escalonadas donde el bloque NE ha ascendido con respecto al bloque SO.

La traza de la falla se pierde hacia el NO, en la quebrada Tocota y hacia el Sur está cubierta por el volcánico Sencca. Su longitud es de aproximadamente 40 km y pone en contacto a las rocas plutónicas del Batolito y del Complejo Bella Unión, con las formaciones Jurásicas. (Olchauski , 1980).

#### 2.4.2. Falla Los Medanos.

Es una falla normal vertical, tiene una dirección NO-SE, en superficie la traza de falla es bien marcada. Forma parte de las fallas escalonadas donde el bloque NE ha ascendido con respecto al bloque SW. Su longitud conocida es aproximadamente 40 km.

#### 2.4.3. Falla Pan de Azucar.

Sigue una dirección E – O y se ubica al SE de la zona de estudio, tiene un ancho promedio de 7 Km y una longitud de 30 km. Las fallas que lo delimitan son verticales y subparalelas.

Esta estructura afecta a diferentes unidades, tales como el complejo Bella Unión y rocas de la formación Millo. Este graben se desarrolló durante la “Fase Quichuana” y afecta a la superficie de erosión del Mioceno superior, pero no ha causado ningún efecto en las formaciones pliocénicas. (Olchauski , 1980).

### **2.5. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL.**

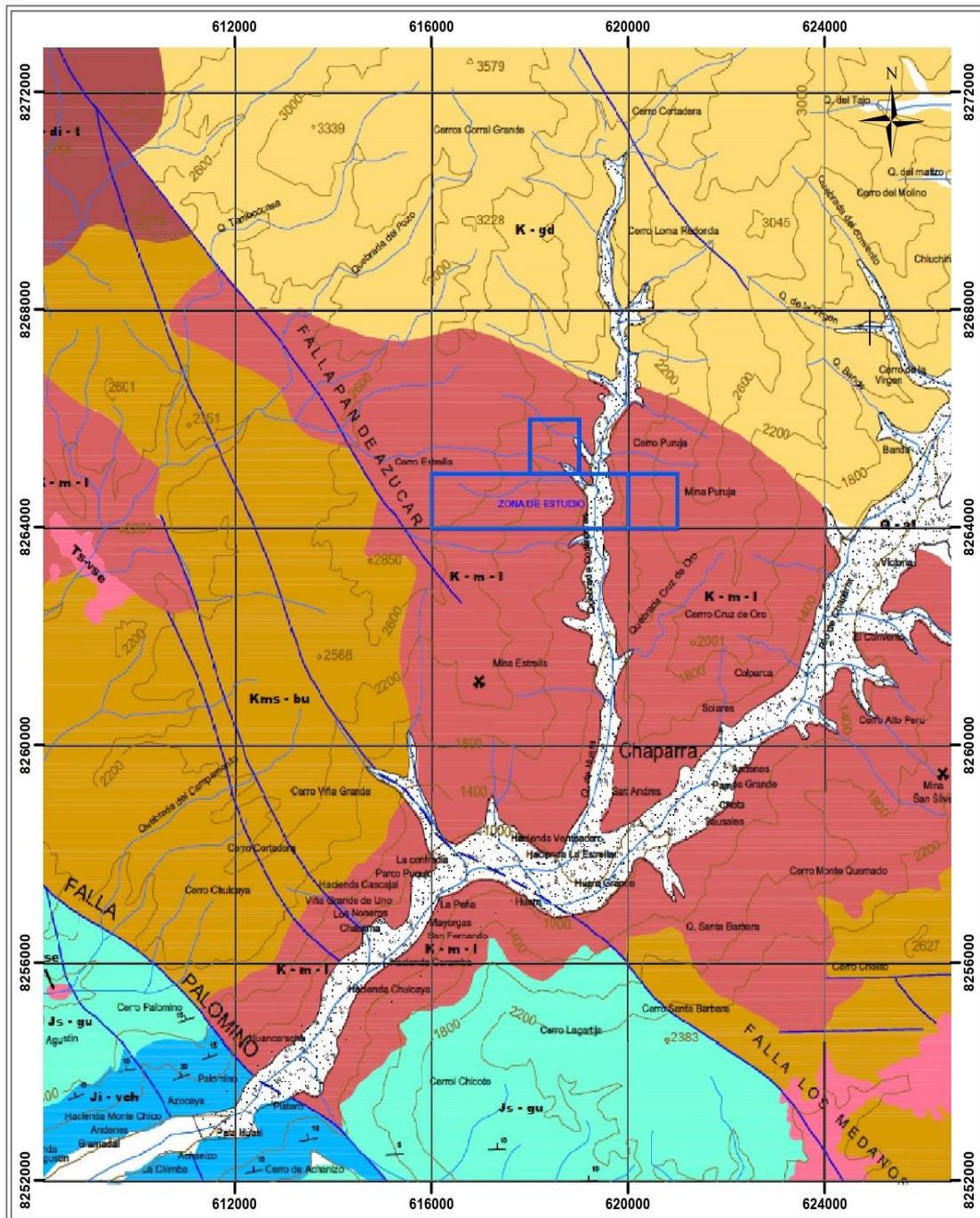
Regionalmente ocurren rocas metamórficas, intrusivas, sedimentarias y volcánicas, cuyas edades abarcan desde el Paleozoico Inferior hasta el Cuaternario reciente.



Las rocas más antiguas de la región la constituyen los metasedimentos y la secuencias anfibolita-gnéisica del Precámbrico. Sobre estas, en discordancia angular se emplazan las rocas sedimentarias del Mesozoico y las secuencias marino-continetales del Terciario. Instruyendo a las anteriores están las rocas ígneas intrusivas del Batolito de la Costa. Cubriendo toda la secuencia estratigráfica están las unidades de rocas volcánicas lávicas y tufáceas del Terciario y Cuaternario.

Las rocas intrusivas del Batolito de la Costa están constituidas principalmente por granodioritas, cuarzo monzonitas, tonalitas y dioritas. Las rocas están constituidas por plagioclasa, cuarzo y feldespato potásico, los minerales accesorios que predominan son la hornblenda y biotita, en menor cantidad se tiene epidota, magnetita y pirita. Son de textura equigranular, de formas euhedrales, con matriz microcristalina de cuarzo-plagioclasa-feldespatos. (Murillo & Marin, 2015).

De acuerdo al contenido fosilífero como son los lamenibranceos, braquiopodos y clinoideos se menciona una edad Liásica. en Pachia y Palca (Wilson & Garcia, 1962).



**Figura 1** Mapa geológico regional delimitando la zona de estudio.

### 2.5.1. Volcánico Chocolate J-Vch.

Jenks describió una secuencia de rocas volcánicas intercaladas con sedimentos que afloran en la cantera de chocolate, situada a 20 km. Al NW de la ciudad de Arequipa.



En los cuadrángulos de Cháparra y Chala el Volcánico Chocolate descansa discordantemente sobre el grupo Tarma o las del Complejo Basal, por intemperismo adoptan un color marrón rojizo.

El promedio de dirección de las capas es NE y su buzamiento no es mayor de  $30^{\circ}$  NW presenta pliegues afectados por fallamientos cuya dirección predominante es NW, el grosor aproximado es de 2800 m. Se han considerado dos miembros, el miembro Chala y el miembro Lucmilla el primero está constituido por areniscas, conglomerados y brechas andesíticas, este miembro infrayace concordantemente a los volcánicos del miembro Lucmilla el cual aflora en el puerto de Chala constituido por andesita porfirítica de color marrón, su espesor llega a 2000 m. su rumbo varía E-W y  $N 60^{\circ}$  E y el buzamiento es de  $10^{\circ}$  a  $20^{\circ}$  al NW. (Olchanski , 1980)

De acuerdo al contenido fosilífero como son los lamenibranceos, braquiopodos y clinoideos se menciona una edad Liásica.

Su Correlación es equivalente en edad con el grupo Oytún del norte del Perú, el grupo Pucara del Perú Central y con las formaciones de Junerata y pelado descritas en Pachia y Palca (Wilson & Garcia, 1962)

### 2.5.2. Formación Guaneros Js-Gu

Este nombre le dio (Bellido E. G., 1963) para designar para designar a unas rocas volcánicas que afloran en la quebrada de guaneros, tributaria por la margen derecha del río Moquegua, 15 Km antes de su desembocadura.

En forma general descansa con discordancia erosional sobre el volcánico, a excepción del cerro Yuncachaca en él se presenta directamente sobre la formación homónima; infrayace con discordancia erosional al Grupo Yura.



En la quebrada María se ha estimado un espesor de 200m a partir de una falla que buza hacia el norte. Su litología es muy variable, encontrándose intercalaciones de andesita porfirítica verde y gris oscuro con limonitas verdes, caliza en estratos de 10 a 50cm de espesor, chert, y meta- andesita instruidos por pequeños diques y sills de andesita. En Sondor, Tambo y Tonco, la litología de la formación Guaneros está constituida por intercalaciones de areniscas de colores, gris amarillo y rojizo de grano medio, cuarcitas grises, lutitas gris verdosas, andesitas porfiríticas grises verdes y marrones, brechas volcánicas y metavolcánicas. (Olchauski , 1980)

Por el contenido fosilífero (trigonia eximia y lucian magna) se ha dado una edad caloviano a kimmeridigiano.

Se correlaciona cronológicamente con la formación del mismo nombre en los Cuadrángulos de Clemesi, con la formación Ataspaca de los Cuadrángulos de Pachia y Palca, y con la parte inferior del grupo Yura.

### 2.5.3. Volcánico Sencca. Ts-vse

(Mendívil, 1965) describió con este nombre a una secuencia piroclástica que aflora en la quebrada sencca, situada al sur – este de la hoja de Maure, esta formación generalmente está constituida por secuencias de tobas dacítico-riolíticas ampliamente distribuidas, encontrándose expuesta en los cuadrángulos de, Jaqui, Coracora, Chala y Cháparra.

El volcánico Sencca se presenta en capas horizontales y sub horizontales con una potencia de 10 a 200 metros. Superficialmente las rocas son de color rojizo a naranja, mientras que en muestra fresca varía entre el gris claro, blanco amarillento y rosado habiendo sido clasificado como riodacíticas, dacíticas y andesísticas.



Debido a que no se ha encontrado evidencias paleontológicas y teniendo en cuenta solamente que descansa sobre la formación Millo del Mio-Plioceno y sobre la formación Maure probablemente del Plioceno inferior, a estas rocas se le considera como depositadas en el Plioceno medio (Olchanski , 1980).

#### 2.5.4. Super-Unidad Tiabaya.

En el Área de estudio corresponde a la secuencia final de la intrusión del batolito de la costa y tiene la particularidad de haberse emplazado a lo largo de la faja central y longitudinal, limitada al SW por la super-unidad Linga y al NE por la super-unidad Incahuasi corresponde a la secuencia de mayor volumen en esta parte del segmento de Arequipa.

Litológicamente se encuentra compuesta por tres grupos de rocas, producto de una cristalización fraccionada de Máfico a félsico: una primera melanócrata-mesócrata consistente en gabrodiorita-diorita cuarcífera, una segunda mesócrata - leucócrata con tonalita dominante que varía a granodiorita y una tercera más clara y consistente en monzogranito.

Todas las rocas de esta super unidad se caracterizan por su grano fanerítico y textura granítica a hipidiomórfica con cuarzo intersticial. Contiene plagioclasas zonadas, grandes cristales prismáticos de hornblenda, biotita euhedral de grandes plaquetas.

La super-unidad Tiabaya está conformada por los plutones más jóvenes del segmento de Arequipa y las dataciones radiométricas indican una edad de Intrusión de 80 MA (Cobbing, Pitcher, & Taylor, 1977), estas dataciones también han puesto en evidencia que aunque los segmentos Lima y Arequipa iniciaron su desarrollo contemporáneamente la duración del plutonismo no fue igual, pues mientras que para el



primero fue de cerca de 70 MA, para el segundo fue solo de 20 MA. (Cobbing, Pitcher, & Taylor, 1977)

#### 2.5.5 Complejo Bella Unión

La denominación corresponde a (Caldas, 1978), al describir un enorme volumen de rocas sub-volcánicas, que en la localidad de Bella Unión (cuadrángulo de Acarí), manifiestamente intruyen a formaciones del Cretáceo inferior.

En el área de estudio, el Complejo Bella Unión ocupa una faja continua e intermedia del cuadrángulo de Cháparra, con un rumbo que varía de EO a NO-SE, cubriendo los sectores de Mina Calpa, curso inferior de los ríos Atico y Cháparra, de donde se prolonga en solución de continuidad a los cuadrángulos de Chala y Jaquí pero limitado marginalmente por grandes lineamientos estructurales, que probablemente controlaron su emplazamiento; intruye a formaciones del Jurásico y Cretáceo inferior.

Litológicamente, el Complejo Bella Unión es muy variado, pero la roca predominante es una brecha de intrusión de naturaleza andesítica o dacítica, en grandes bloques angulosos y sub-angulosos, desarrollados mecánicamente durante su emplazamiento y que por erosión diferencial exhiben una morfología cavernosa, principalmente en los terrenos de fuerte pendiente. Este tipo de rocas están intruídas a su vez por innumerables puntones y diques de andesitas porfiríticas con grandes fenoblastos de feldespatos en matrices afaníticas intensamente piritizadas tales como los que se exponen en la Mina Calpa y el curso inferior del río Atico, finalmente, el conjunto de estas rocas se encuentra cruzada por diques andesíticos o dacíticos, en muchos casos formando verdaderos enjambres.



La composición predominante de los intrusivos es andesítica o dacítica, pero intervienen otros cuerpos más básicos, tales como diabasas porfíricas gris-verdosas, constituídas por fenos de labradorita, olivino y piroxeno. El Complejo Bella Unión, regionalmente intruye a rocas mesozoicas volcánico-sedimentarias desde jurásicas hasta albianas y es a su vez intruído por el Batolito de la Costa (Segmento Arequipa), con un rango de emplazamiento entre 102 MA., hasta 80 MA (Cobbing, Pitcher, & Taylor, 1977); por esta razón se asume una edad de intrusión entre fines del Albiano y comienzos del Cenomaniano. Por su parte, la Dacita Molles intruye a las Super-unidades Tiabaya e Incahuasi del Batolito de la Costa, por lo que debió emplazarse después del Coniaciano y probablemente en el Terciario inferior, como una última manifestación del plutonismo batolítico.

#### 2.5.6. Depósitos aluviales y eólicos. Qal/qel

Tenemos depósitos aluviales localizados en las grandes quebradas como las de Yauca, Chala, Cháparra, Lampalla y Atíco están constituidas por conglomerados alternados con capas de arcilla y arena.

Los depósitos fluviales constituyen el lecho de los actuales ríos y están formados por cantos rodados, gravas y arenas.

Dentro de los depósitos de escombros tenemos los coluviales acumulados en las laderas de los cerros y que se han originado por la acción de la gravedad, así como también aquellos que han tenido lugar por efectos de los huaycos y por ende las lluvias. Depósitos eólicos se encuentran conformados por arena localizados en los cerros de arena, pampa de Huaranguillo, Alalo, Medanal, cerros los Medanos, y el cerro Andenes, estas acumulaciones se encuentran desarrolladas desde el nivel del mar hasta los 1400 m.s.n.m. en el cerro Andenes y 2000 m.s.n.m. en la pampa Medanal (Olchanski , 1980)



## 2.6. ALTERACIÓN HIDROTHERMAL.

La alteración hidrotermal es un término general que incluye la respuesta mineralógica, textural y química de las rocas a un cambio ambiental, en la presencia de agua caliente, vapor o gas. La alteración hidrotermal ocurre a través de la transformación de fases minerales, crecimiento de nuevos minerales, disolución de minerales y/o precipitación, y reacciones de intercambio iónico entre los minerales constituyentes de una roca y el fluido caliente que circuló por la misma. Aunque la composición litológica inicial tiene una influencia en la mineralogía secundaria (hidrotermal), su efecto es menor que el debido a la permeabilidad, temperatura y composición del fluido. En efecto, la temperatura del fluido y el pH del mismo son los factores más relevantes en la asociación mineralógica resultante de los procesos de alteración hidrotermal, más que la litología. La característica esencial de la alteración hidrotermal es la conversión de un conjunto mineral inicial en una nueva asociación de minerales más estable bajo las condiciones hidrotermales de temperatura, presión y sobre todo de composición de fluidos. La textura original de la roca puede ser modificada ligeramente o completamente obliterada por la alteración hidrotermal. (Glosario Técnico Minero, 2003).

### 2.6.1. Factores de la alteración hidrotermal

En base al estudio de la mineralogía de alteración encontrada en una serie de campos geotermales, (Browne, 1984) establece que la alteración hidrotermal está controlada por una serie de factores, entre los que se destacan: el tipo de roca, la temperatura del fluido, presión confinante, permeabilidad de la roca, duración y edad de la actividad hidrotermal, y la composición del fluido hidrotermal. A continuación, nos referiremos a este último factor y su relación con la alteración hidrotermal.



En efecto, se definen de una forma muy general por haberse formado a partir de disoluciones acuosas diluidas, a temperaturas moderadas ( $\sim 400 - 100^{\circ}\text{C}$ ). Numerosos metales de interés económico (Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Mn, Fe...) pueden encontrarse todavía disueltos en estas condiciones, concentrándose luego por diversos procesos (Bolívar, 2007).

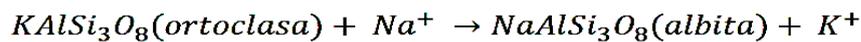
#### 2.6.2. Procesos de alteración hidrotermal

Respecto a los cambios mineralógicos ocurridos, al interior de los campos geotermales, producto de la interacción fluido-roca, éstos pueden ser generados por distintos procesos, entre los que destacan:

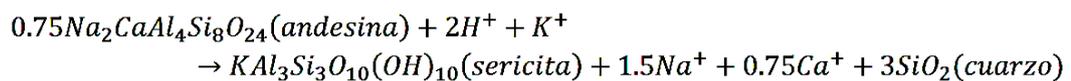
- Precipitación directa: Este proceso consiste en que los minerales precipitan directamente a partir de los fluidos hidrotermales. Este fenómeno está controlado por la permeabilidad de las rocas y la solubilidad de los minerales en el fluido hidrotermal. Es común que este proceso ocurra en niveles permeables (e.g. rocas del reservorio).
- Lixiviación: Esto ocurre cuando fluidos hidrotermales ácidos atacan químicamente la roca generando como resultado la disolución de aquellos minerales que no son estables bajo las condiciones físico-químicas de los fluidos. Debido a este proceso ocurre un incremento de la permeabilidad de las rocas alteradas.
- Reemplazo: Cuando aquellos minerales primarios no son estables bajo las nuevas condiciones físico-químicas, entonces puede ocurrir un proceso de reemplazo de éstos por nuevos minerales los cuales serán estables bajo las nuevas condiciones. La ocurrencia de este proceso está controlada en parte por la permeabilidad de las rocas (Browne, 1984)



- Intercambio iónico: Corresponde a reacciones que involucran un intercambio iónico entre los fluidos hidrotermales y el mineral. Un ejemplo de este intercambio iónico consiste en el intercambio de cationes que se produce en la reacción de conversión de ortoclasa a albita:



Otro ejemplo corresponde a dichas reacciones que involucran el consumo de H<sub>2</sub>O durante la interacción de los fluidos hidrotermales con minerales silicatados (Hidrólisis). Estas reacciones están involucradas en la alteración de feldespatos (plagioclasas) a mica potásica:



La ocurrencia de éste y el resto de los procesos anteriormente mencionados generan cambios en la composición química de las rocas y fluidos hidrotermales. En el caso de éstos últimos, dichos cambios afectan al pH y la actividad de solutos disueltos en la solución (Pirajno, 2009). (Perez, 2013).

### 2.6.3. Alteraciones hipógenas.

Las soluciones hidrotermales, al contacto con las paredes rocosas de las aberturas, producen cambios físicos tales como color, recristalización y cambios físicos como la formación de halos o anillos alrededor de la estructura mineral.

En el yacimiento cuatro de enero la alteración hipógena está representada por:

#### 2.6.3.1. Propilitización.

Es igualmente una alteración hipógena común en yacimientos hidrotermales del Perú. Se observa clorita, epídota, calcita por alteración hidrotermal de los minerales



ferromagnesianos de la roca encajonante. Este tipo de alteración hipógena se produce en el rango de 180 °C a 220 °C. La propilitización se observa en las estructuras filonianas, en los pórfidos de cobre se emplaza en la parte externa de la alteración como fílica o sericítica, como otra franja concéntrica cuyo ancho es de varios cientos de metros.

En las estructuras filonianas, se observa propilitización en las vetas de oro de Ocoña, en el Batolito de la Costa. (Tumialán, 2003).

Alteración débil, es observada en 2 grados bien definido, la primera fase presenta ligera tonalidad verdusca, las plagioclasas aún son observadas con incipiente alteración, la segunda es más fuerte, el color verde es intenso, los minerales primarios están totalmente alterados notándose una textura suave blanquecina (calcita) alternada con la clorita, Presenta un estilo de alteración perbásica y perbásica selectiva, su ensamble mineralógico Cuarzo- Clorita-Carbonato, su forma es concéntrica alrededor de las Vetas, las dimensiones de los halos de alteración van desde algunos centímetros Hasta Varios metros, los cuales están en los márgenes de las estructuras (vetas) y en las zonas de brechamiento. Esta alteración es observada en forma moderada. (Flores, 2010).

#### 2.6.3.2. Argilización – Sericitización.

Es una alteración hipógena común en yacimientos hidrotermales del Perú. Se caracteriza por la presencia de diferentes tipos de arcillas, las cuales se forman por la alteración de los feldspatos de las rocas encajonantes a temperaturas entre 200°C y 250°C.

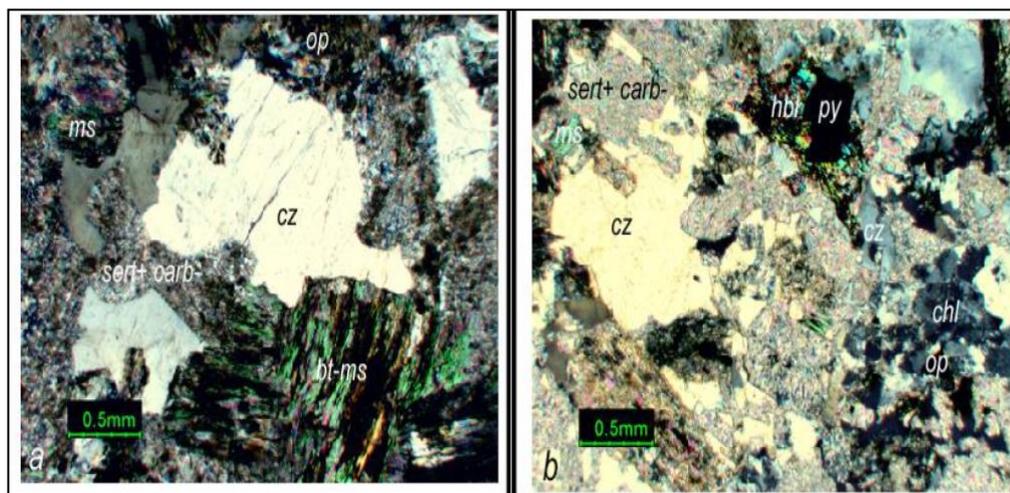
La argilización está presente en las vetas de los yacimientos de oro en el Batolito de la Costa entre Nasca y Ocoña. (Tumialán, 2003).

Esta alteración forma parte de la veta cuatro horas por su relación directa con la mineralización económica, se presenta en forma zonada constituyendo una guía en la explotación subterránea.

Son grados intermedios a avanzados del proceso de alteración hidrotermal se caracteriza por la formación de arcillas y sericita, que destruyen los rasgos primarios de la roca (feldespatos y plagioclasas)

Presenta un estilo de alteración perbásica y perbasica selectiva, su ensamble mineralógico es Cuarzo – Caolín y en algunas partes es visible el ensamble Cuarzo-Sericita, presenta una forma concéntrica alrededor de la veta con dimensiones de los centímetros a varios metros con contactos gradacionales abarcando casi toda la estructura siendo mayor su desarrollo en las caras laterales.

En el nivel 1933 de la veta cuatro horas se presenta arcillas del grupo del caolín, que se han formado por alteración de los feldespatos de la granodiorita, junta a la arcilla presenta cierto predominio de la sericita con algo de cuarzo y piritita, la mineralización económica está asociada a este tipo de alteración. (Flores, 2010).



**Figura 2 Sericitización de rocas ácidas (Oré, 2006).**



#### 2.6.3.3. Silicificación.

Es producto de la introducción de sílice en las rocas, lo que produce el endurecimiento y la impermeabilidad de la roca. en la roca caja de la veta cuatro horas la silicificación es notoria, pues a ello se relacionan áreas de interés económico.

Netamente la silicificación viene a formar el Cuarzo secundario, con forma concéntrica suave, sus dimensiones son de unos centímetros a varios metros, y están a una temperatura de 100°C a 600°C.

La textura de la roca es suave, blanquecina alternada con alteraciones producidas anteriormente, junto a este tipo de alteración viene asociado la limonita y la Hematina. (Flores, 2010).

#### 2.6.4. Alteraciones supérgenas.

Cuando un yacimiento mineral es expuesto a la erosión, las aguas superficiales meteóricas oxidan muchos minerales metálicos como es el caso de la pirita, produciendo disolventes que disuelven a su vez a otros minerales originando la Hematita y Limonita.

En el yacimiento, la alteración alrededor de las vetas es la argilización, existiendo una anomalía de color rojo - naranja, debido a la alteración supergena de la pirita hipógena. La argilización ocurre predominantemente en el afloramiento de las estructuras notándose una coloración blanquecina producto de la alteración de los feldespatos y plagioclasas, la presencia de las hematitas es producto de la oxidación de la pirita supérgena por acción de las aguas meteóricas, la limonita se forma cuando la hematita reacciona con las aguas meteóricas. (Flores, 2010).



## 2.7. PARAGÉNESIS Y ZONEAMIENTO.

La paragénesis de un depósito está dada por la secuencia deposicional en cuanto al tiempo. Este orden cronológico es reconocido por el estudio de las relaciones que se observan en los minerales, a través de sus características estructurales y texturales.

En el yacimiento no se han realizado estudios específicos sobre este tema, por lo que tomaremos como referencia el estudio minerográfico realizado por el Dr. Roger Cobos Y., de muestras mineralógicas representativas de la zona aurífera de Cháparra, y que nosotros recogemos por correlación, se tiene lo siguiente:

El oro nativo se presenta como electrum dentro de cuarzo en formas alargadas, subredondeadas, redondeadas y aún anhedrales, de tamaños máximos de 50 micras. También existe el oro retrabajado dispuesto dentro de las bandas de goethita y limonita de formas muy irregulares. (Zevallos, 2010).

- La zonación: se define como un patrón regular en la distribución de minerales o elementos en el espacio en yacimientos minerales, Estos patrones corresponden a cambios mineralógicos tanto en la vertical como en la horizontal en áreas mineralizadas, y pueden ser definidas por diferencias en los elementos metálicos y contenido de elementos traza entre otros.

Dentro de las vetas que se viene trabajando en el yacimiento se podría definir un zonamiento vertical de óxidos, mixtos y sulfuros, actualmente se viene trabajando en la zona de mixtos donde el oro está asociado con los óxidos y piratas presentando valores promedio a altos, conforme va profundizando va disminuyendo los óxidos incrementándose los sulfuros piratas, calcopiratas y arsenopiratas, descendiendo de igual forma los valores en oro. (Zevallos, 2010).



En la veta Milagrosa en los niveles 2050 y 2005, nos encontramos aun en la zona de mixtos con valores promedio de oro, esperando que esta zona continúe por debajo de esta labor.

En forma horizontal se observa el mismo emplazamiento de veta en forma de rosario con bolsonadas que van desde 0.50 mts. a 10 mts. de longitud, estas bolsonadas tienen una separación de 1 m. a varios mts. llegando hasta 25 mts. de separación, en cuanto a las leyes son bastantes erraticas puesto que varía de 0.20 Onz/TM hasta 2 Onz/TM en la misma continuidad de veta.

Producto de la acción de las aguas meteóricas es que se origina el proceso de lixiviación oxidando a la pirita, para formar la Hematita y Limonita, y a la vez crear cavidades donde el oro se depositara esta estructura es conocida como criadero (Boxwork). (Flores, 2010).

Las zonaciones mineralógicas reflejan las distintas condiciones físico-químicas existentes en distintos sectores de un sistema hidrotermal, pero puede darse el caso de traslapes de zonas con asociaciones minerales que reflejan por ejemplo distintas condiciones de presión y temperatura. En estos casos se dice que el depósito es telescópico.

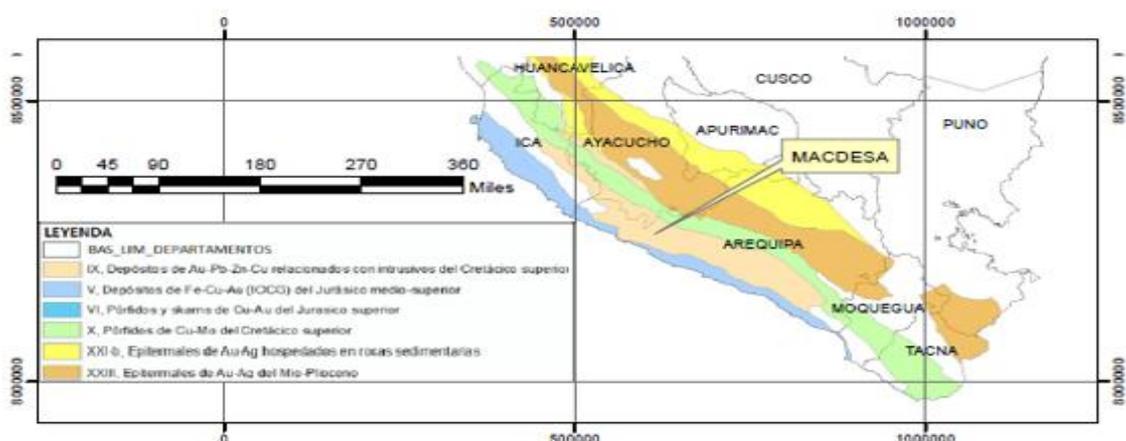
## **2.8. METALOGENIA.**

“Las franjas metalogenéticas representan épocas de mineralización que se extienden a lo largo de sistemas de fallas regionales y litologías que han favorecido la mineralización de depósitos minerales. De esta manera, Quispe et al. (2008) definió 23 franjas metalogenéticas” (Acosta, y otros, 2015).

### 2.8.1. Franja de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusiones de Cretácico Superior.

Se extiende discontinuamente en cuatro áreas: Huarmey ( $9^{\circ}30'$ - $10^{\circ}$ ), Canta ( $11^{\circ}$ - $11^{\circ}30'$ ), sector de Huancavelica - Ayacucho ( $14^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ) y Samarca-Nazca-Ocoña ( $14^{\circ}30'$ - $17^{\circ}$ ). Las estructuras mineralizadas llevan cuarzo-oro-sulfuros y se encuentran hospedadas en granitoides del Cretácico superior del Batolito de la Costa.

En las áreas de Huarmey y Canta los controles estructurales son las fallas secundarias NO-SE, N-S y NE-SO de los sistemas de fallas regionales NO-SE Conchao-Cocachacra y Tapacocha. El depósito que destaca en Huarmey es Cerro Ballena y en Canta los depósitos Lomada, Caracol y Lajas. En el sector Huancavelica - Ayacucho las vetas están controladas por el sistema de fallas Cincha-Lluta y se encuentran los depósitos El Encanto, Zorro Plateado, Jatun Pata, Melchorita, entre otros. Más al sur, en Samarca-Nazca-Ocoña, las estructuras mineralizadas están controladas por fallas con orientaciones NO-SE, N-S y E-O, que constituyen el corredor Nazca-Ocoña (Acosta et al. 2008). Entre los principales depósitos de esta zona sur se pueden mencionar a Orión, Caravelí, Ishihuinca, Calpa, Arirahua y San Juan de Chorunga. (Acosta, y otros, 2015).



**Figura 3 Mapa de las franjas Metalogénicas del Perú se indica ubicación de la mina MACDESA. (Acosta, y otros, 2015)**



## 2.9. GÉNESIS DEL YACIMIENTO.

El tectonismo por efecto de la convergencia de las placas referidas en la orogenia del Cretáceo Superior - Cenozoico Inferior dio lugar a la emersión de la Cordillera Occidental de los Andes con un magmatismo intenso en su borde Oeste de la Cordillera Occidental, provocando el emplazamiento del Batolito de la Costa principalmente, cuyas soluciones residuales fueron ricos en Cu, Au-Cu originando la Provincia Metalogénica de Cu del Batolito de la Costa y planicie Costera y la Subprovincia Metalogénica de Au-Cu del Batolito de la Costa de Nazca Ocoña al cual pertenece el yacimiento minero Cuatro de enero.

La diferenciación magmática da como resultado un producto final de fluidos mineralizantes, que originalmente estaban dispersos en el magma. Estos fluidos, al desprenderse del mismo, circularon en las fracturas preexistentes, hasta encontrar las condiciones físico químicas favorables para su precipitación.

Estas soluciones mineralizantes están relacionadas con el emplazamiento de los diques de cuarzo que constituyen la última etapa de la ocurrencia de las soluciones magmáticas que dieron lugar al Batolito Costanero, siendo más favorable para albergar la mineralización, las granodioritas. (Zevallos, 2010).

Localmente la mineralización del yacimiento se presenta en forma tabular (vetas) con relleno de mineral Hipógeno, principalmente de cuarzo, pirita y oro.

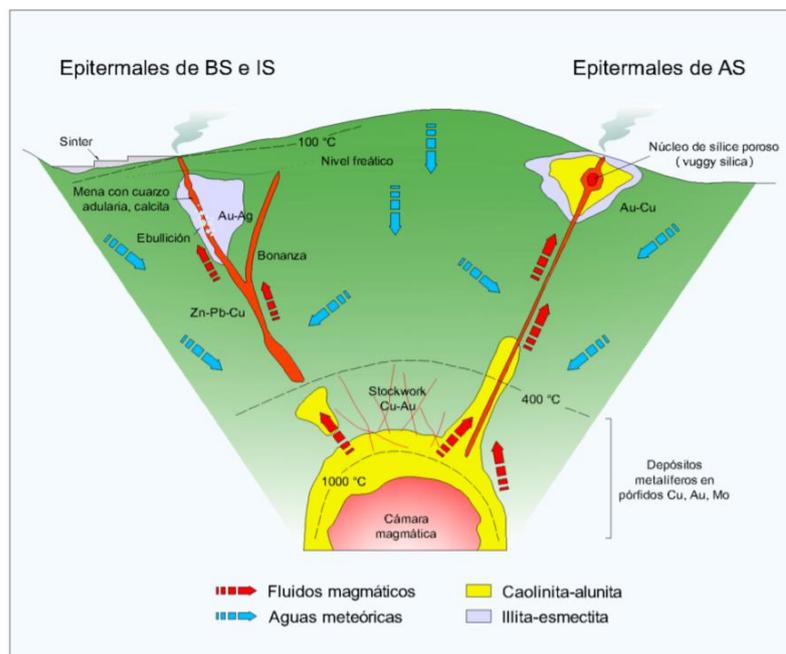
Estas estructuras son de tipo rosario, se encuentran fuertemente oxidadas en superficie hasta profundidades aproximadas de 80 m., en profundidad se observa una mayor presencia de sulfuros, este modelo se asemeja a la ocurrencia de otros yacimientos mineros cercanos a la zona de estudio.

El oro se encuentra dentro de los óxidos de hierro, junto con el cuarzo semiporoso a poroso, de color blanco hialino. Asimismo, en las vetas, el oro visible se observa en forma de puntos y granos en el cuarzo blanco.

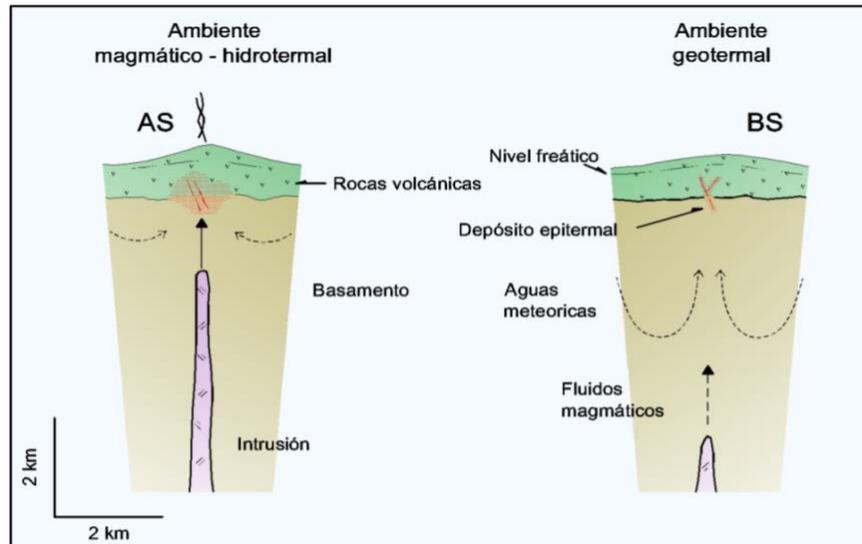
## 2.10. GÉNESIS DE LA VETA MILAGROSA.

La génesis de la veta Milagrosa al igual que las otras vetas del yacimiento de la minera aurífera cuatro de enero (MACDESA) es aplicable a los siguientes modelos.

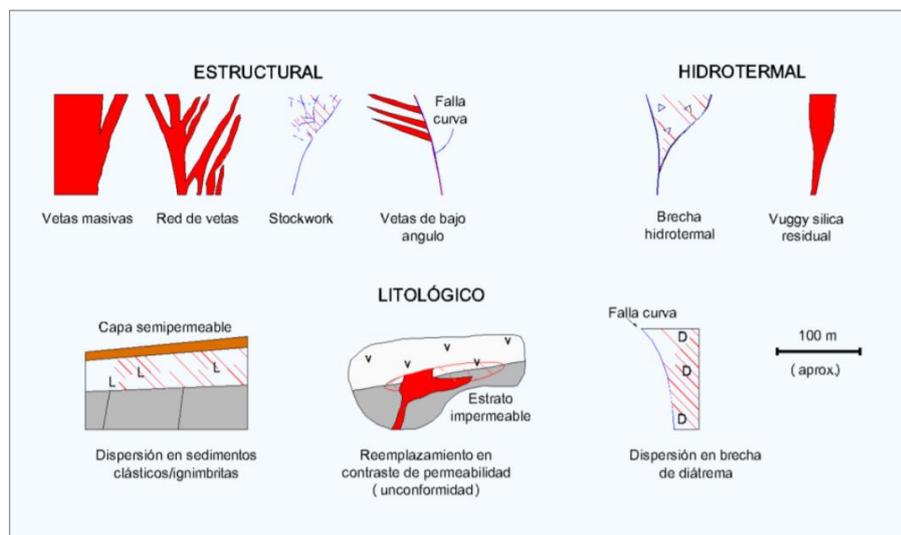
- Precipitación y formación de cuarzo gris masiva en venas.
- Cuarzo blanco hialino con cemento de cuarzo grisáceo.
- Cuarzo blanco en venillas con textura oqueroza.
- Lineamiento de pirita en bandas de forma masiva.
- Precipitación de pirita y calcopirita en fracturas como relleno.



**Figura 4. Modelo conceptual simplificado de los depósitos epitermales de baja. (BS), intermedia (IS) y alta sulfuración (AS) (modificado de (Sillitoe, 1993))**



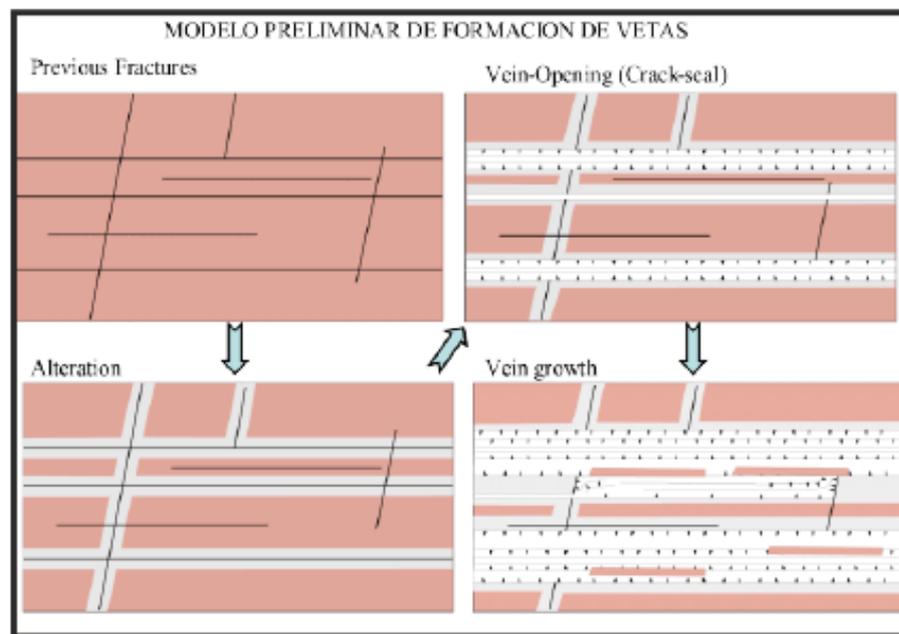
**Figura 5. Modelo conceptual simplificado de ambientes hidrotermales y la relación entre depósitos epitermales, intrusiones magmáticas, circulación de fluidos, rocas volcánicas y basamento (Simmons, White, & John, 2005)**



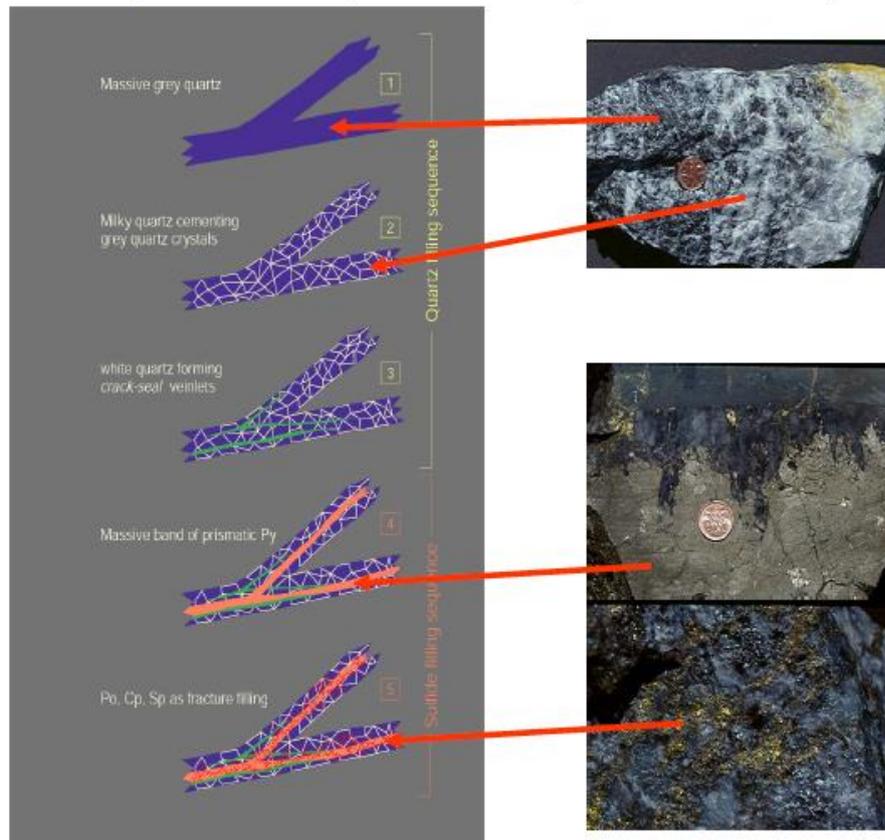
**Figura 6. Estilos y geometría de los depósitos epitermales, ilustran la influencia estructural, hidrotermal y permeabilidad litológica (modificado de (Sillitoe, 1993)).**

**Tabla 1** Minerales de diagnóstico de varios estados de pH, estados de sulfuración y oxidación, usados para distinguir ambientes epitermales *formadores de mineral* (Einaudi, 2003)

<b>PH ácido</b>	<b>Sulfuración intermedia</b>  Tennantita, tetrahedrite,  hematite-pirita-magnetita,  pirita, calcopirita,  esfalerita-pirita pobre en  Fe	<b>PH neutro</b>
Alunita, caolinita (dickite), pirofilita, sílice residual, cuarzo vuggy		Cuarzo-adularia, illita, calcita
<b>Alta sulfuración</b>		<b>Baja sulfuración</b>
Pirita-enargita, uzonite, covelina-digenita, famatinita, oropimente	Arsenipirita-loellingita- pirrotita, pirrotita, esfalerita-pirita rica en Fe	
<b>Oxidado</b>		<b>Reducido</b>
Alunita, hematite- magnetita		Magnetita-piritapirrotita, clorita-pirita



**Figura 7.** Modelo de formación de vetas.



**Figura 8. Modelo de formación de vetas.**

## 2.11. LABORES MINERAS.

Se entiende como laboreo de minas, a los ahuecamientos de distinta forma que deben ejecutarse para llegar al yacimiento, enlazarlo con la superficie, dividirlo en secciones de forma y tamaño normalizado para arrancar el material de manera ordenada, segura y económica.

La zona de la labor en que se trabaja para su excavación se denomina frente, corte o testero. Las labores que sólo tienen una entrada (por ejemplo, una galería que se está avanzando) se denominan labores en fondo de saco. Al no tener salida es necesario forzar la ventilación mediante una tubería hasta el frente de la labor.



Se llama levantamiento topográfico, al conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica o plano.

La actividad minera, comprende varios procesos desde la búsqueda del mineral hasta la obtención del metal en su forma industrial.

Uno de estos procesos es la extracción del mineral, desde el interior de la mina hasta superficie, para cumplir con este objetivo, se realizan una serie de trabajos que se pueden resumir en las siguientes fases:

- Exploración; En esta etapa se realizarán labores horizontales y verticales (cortadas, estocadas, chimeneas) cuyos objetivos son: llegar a las proyecciones de las vetas para su posterior desarrollo, así mismo de ejecutar cámaras diamantinas de donde se realizarán taladros diamantinos que confirmarán o descartarán la presencia de vetas en las proyecciones dadas las labores de exploración. (Murillo & Marin, 2015).
- Desarrollo; Luego que las cortadas llegan a su objetivo (vetas) se realizan labores horizontales o verticales (galerías, chimeneas) siguiendo la estructura de la veta y que permiten su reconocimiento y la confirmación de leyes y potencias a lo largo de su recorrido, estas labores permiten la cubicación de reservas minerales. (Murillo & Marin, 2015).
- Preparación; En esta etapa, realizada después o en forma paralela al desarrollo se realizan labores horizontales o verticales (chimeneas, subniveles) que permiten la preparación de blocks de mineral que conformarán las zonas de explotación. (Murillo & Marin, 2015).



- Operación Mina; Fase que comprende el desarrollo de labores que servirán como infraestructura para uno o más niveles de una sección o también para varias secciones. Esta es la última fase que comprende también la extracción del mineral cubicado en bocks.

#### 2.11.1. Labores de Desarrollo, Exploración y Preparación.

Todas estas labores se realizan por medio de labores de avance lineal (m), también se les llama labores lineales, en 3 dimensiones. Se caracteriza por avanzar en forma lineal, por la geometría y dimensión (sección) que se realiza este trabajo, se han diferenciado en las siguientes labores: Frentes, chimeneas verticales, chimeneas inclinadas, chimeneas pilotos, subniveles y estocadas.

a) Labores Horizontales: Dentro de este grupo podemos tener diferenciado varias labores, básicamente el trabajo es el mismo, pero diferencian por el objetivo que cumplen cada labor:

- Cortadas y galerías.

Son labores horizontales de 2.1 m x 2.4 metros de sección realizadas principalmente con fines exploratorios, para dar accesos y servicios a las zonas de trabajo. Se realizan en forma convencional con equipos como:

- Perforadoras tipo Jack leg.
- Limpieza con palas neumáticas Eimco.

Extracción con locomotoras de 4.5 TM y carros mineros U-35.

- Subniveles.



Son labores horizontales de 1.0 m x 1.8 m de sección, realizadas durante la etapa de preparación a partir de una chimenea sobre el nivel principal y sirven para delimitar el inicio del área de explotación, estas labores se trabajan en forma convencional con equipos como:

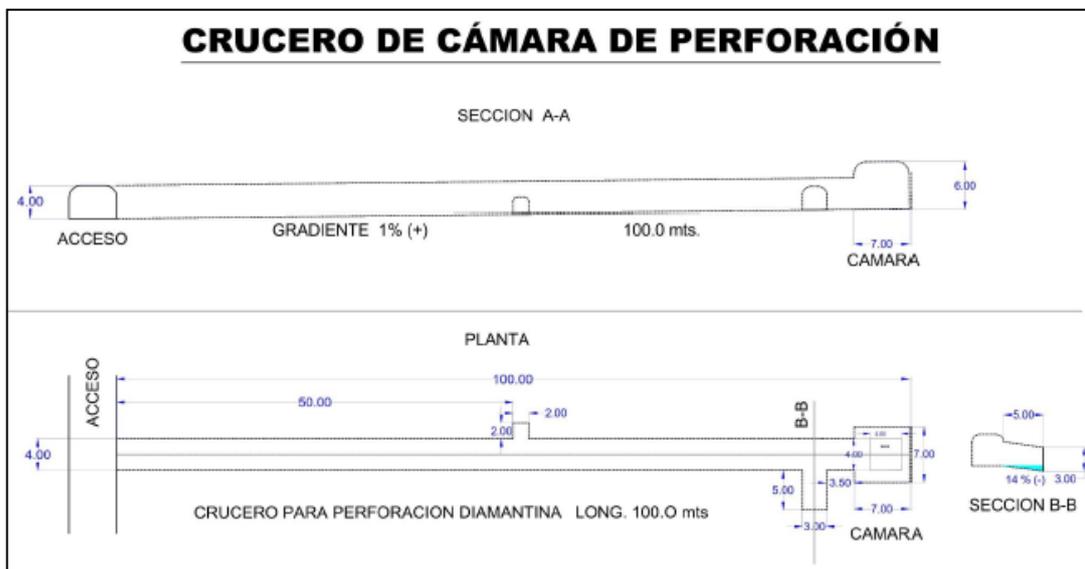
- Perforadoras tipo Jack leg.
- Carretilla tipo “Buggy”.
- Extracción con locomotoras de 4.5 TM y carros mineros U-35.

Sostenimiento: El sostenimiento se realiza de acuerdo a las características geomecánicas de la labor, los principales elementos de sostenimiento son: la madera, pernos helicoidales y pernos helicoidales con malla. (Murillo & Marin, 2015).

- Estocadas Cámara. Labor que cumple la función de avanzar hasta interceptar algún objetivo como: estructura mineralizada, comunicar a otra labor o para refugio.
- Sostenimiento: El sostenimiento se realiza de acuerdo a las características geomecánicas de la labor, los principales elementos de sostenimiento son: la madera, pernos helicoidales y pernos helicoidales con malla. (Murillo & Marin, 2015).
- By Pass. Labor que comunica dos labores, específicamente labores lineales, generalmente para dar más eficiencia al servicio.

**Tabla 2 Actividades y ciclo de trabajo en subniveles de una labor minera**

ACTIVIDADES	HRS	CICLO							
Ingreso hasta la labor	00:20	[Bar chart showing activity duration]							
Inspección de la Labor	00:20	[Bar chart showing activity duration]							
Regado	00:10	[Bar chart showing activity duration]							
Desatado de Rocas	00:20	[Bar chart showing activity duration]							
Sostenimiento	01:00	[Bar chart showing activity duration]							
Limpieza	03:30	[Bar chart showing activity duration]							
Perforación	02:30	[Bar chart showing activity duration]							
Carguío y Voladura	00:30	[Bar chart showing activity duration]							
Salida	00:20	00:20	00:20	00:10	00:20	01:00	03:30	02:30	00:30
	09:00								



**Figura 9 Crucero para la cámara de perforación.**

- By Pass. Labor que comunica dos labores, específicamente labores lineales, generalmente para dar más eficiencia al servicio.

b) Labores Verticales: Dentro de este, grupo tenemos:



- Chimeneas.

Son labores verticales y/o inclinadas de doble compartimiento de 2.4 m x 1.2 m de sección y de chimeneas simples de 1.2 m x 1.2 m. de sección, estas labores se realizan en forma convencional con equipos como:

- Perforadoras tipo Stoper.

- Extracción con locomotoras de 4.5 TM y carros mineros U-35.

- Tajos Corte y Relleno Ascendente: El método de explotación empleado es de corte y relleno ascendente el cual garantiza una adecuada recuperación, estabilidad y selectividad del mineral. Todos los trabajos se realizan convencionalmente.

Para los casos de vetas muy angostas e irregulares en potencia y mineralización se emplea el Circado como un sub-método de explotación, que tiene la particularidad de ser muy selectivo. El método consiste en disparar solamente la caja, luego se tiende este material como relleno posteriormente se dispara mineral puro.

Las labores donde se realizan la explotación de mineral están compuestas por uno o más blocks, las dimensiones del block son en promedio de 30 m (longitud) x 50 m (altura). La explotación se realiza en forma convencional y los equipos a utilizar son:

- Perforadoras tipo Jack leg y/o Stoper. (Murillo & Marin, 2015).

- Carretilla tipo “Buggy”.

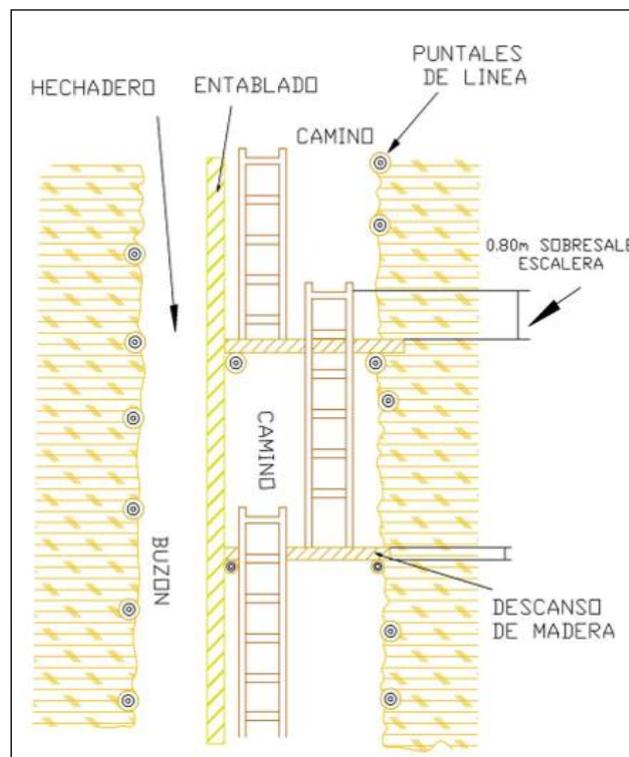
- Winches de 10 HP y rastras de 18” de ancho y capacidad de 4.5 pies<sup>3</sup>.

- Extracción con locomotoras de 4.5 TM y carros mineros U-35.

- Relleno: Luego de realizar el corte de la veta y la limpieza de mineral, se procede al descaje del tajo, con la finalidad de dar el ancho ergonómico para el perforista, se continua con acomodar el material encajonante volado sobre el piso de trabajo (“pampillado”) dejando una altura aproximada de 2.30 m del piso al techo de la labor, hasta formar un piso que permita realizar la perforación del siguiente corte. Se utiliza también como relleno el desmonte producido en las labores mineras de exploración y desarrollo en los niveles superiores.

El espacio dejado por la extracción de mineral es relleno con desmonte

Producido en las labores mineras de exploraciones y desarrollo, permitiendo reciclar el material estéril en el interior de la mina. También se utiliza como relleno la rotura de corona pobre. (Murillo & Marin, 2015).



**Figura 10. Echadero, buzón y caminos por donde se traslada el personal**



**Figura 11. Sostenimiento en Tajeos.**

#### 2.11.2. Ventilación

Tener un ambiente laboral agradable con buenos estándares en ventilación es de suma importancia para llevar a cabo trabajos en este tipo de minería, es por ello que el diseño del laboreo minero considera la ejecución de chimeneas cada 60 metros con la finalidad de tener un flujo adecuado de aire natural. El diseño del sistema de ventilación estará calculado de acuerdo a la cantidad de trabajadores que desarrollaran las actividades para permitir un flujo adecuado de aire al interior de la mina. (Murillo & Marin, 2015).

- Ventilación de galerías y cruceros.

Siendo las galerías y cruceros labores ciegas y confinadas, se debe de contar con turbinas eléctricos de 7.5 HP, que permiten insuflar aire fresco a los frentes con mangas de 24" y 18" de diámetro hasta 50 metros sin mayores problemas, que a su vez permiten ejecutar las chimeneas en un tiempo perentorio.

- Ventilación de chimeneas.



Siendo las chimeneas labores ciegas y con mayor nivel de riesgo por la acumulación de gas producto del disparo en el tope de la chimenea, MTP cumple con lo dispuesto en DS 055-2010 EM, disponiendo ventilación forzada con aire comprimido a través de una línea auxiliar de ventilación (tercera línea), con aire permanente durante las 24 horas del día que garantiza el desarrollo del ciclo completo.

- Ventilación de tajos de explotación.

El diseño de las chimeneas cada 50 metros tiene tres objetivos básicos: exploración vertical, ventilación de labores y servicios (camino, tuberías, etc.). Para mantener un buen circuito de ventilación natural en los tajos se tiene establecido la explotación de una batería de tajos en forma simultánea de modo que permita mantener la conexión entre los tajos que existen entre las chimeneas de ventilación.

## **2.12. PERFORACIONES DIAMANTINAS.**

La perforación diamantina es uno de los métodos de exploración más utilizados en la actividad minera, debido a que proporciona mayor información a los geólogos para el descubrimiento, constatación, estudio y cubicación de los yacimientos minerales. Asimismo, permite en tiempos cortos definir los trabajos de exploración y desarrollo en las vetas de un yacimiento.

La perforación diamantina puede ser usada en una etapa muy temprana para delinear cuerpos mineralizados, determinar si la mineralización profundiza, verificar las leyes y determinar recursos mineralizados dentro de un yacimiento o proyecto minero. (Zevallos, 2010).

### **2.12.1. Datos Técnicos de La Maquina Diamec U-4.**



Profundidad máxima	500 m (1650 ft)
Diámetro	78 mm (3 1/16 in)
Velocidad máxima	1800 rpm
Par de torsión máxima	660 N/m (490 lbf/ft)
Fuerza de avance/tracción	52 Kn (11700 lbf)
Longitudes de avance	850 mm (33½ in)

### **Modulos**

Bomba de lodo	Trido 80
Unidad de potencia (UP).	45 UP Serie E

### **Sistema de Control Hidraulico**

Control hidráulico directo	
APC (control automatizado de rendimiento)	
Tubería	NQ Y BQ

#### 2.12.2. Preparación de puntos de perforación

Los puntos de perforación señalados en el programa de sondajes deben preservar las condiciones propias para un buen desarrollo.

#### 2.12.3. Plataformas de perforación

Para realizar la plataforma, primeramente, se tuvo que ubicar topográficamente el punto de sondeo, verificando la accesibilidad que se tenía se tuvo que realizar una trocha carrozable hasta el punto determinado a partir de ello se procedió a realizar la plataforma horizontal de aproximadamente de un área de 5 m x 5 m para una buena distribución de la máquina, accesorios y herramientas. Adicionalmente, se realizó pozos de sedimentación, para capturar los lodos de perforación, los aditivos de perforación a usarse



deben ser bio-degradables, disminuyendo así los riesgos de contaminación ambiental. (Zevallos, 2010).

#### 2.12.4. Cámaras de perforación

Se realizan para sondajes programados desde interior mina. De igual manera se ubica topográficamente el punto de sondeo, se realiza la labor horizontal para después realizar el desquinche necesario, para darle las dimensiones requeridas de acuerdo a la inclinación de los taladros puede ser de 3x3 m o 5x5 m los sondajes puede ser horizontales o inclinados. (Zevallos, 2010).

#### 2.12.5. Manipulación de testigos

- Cajas porta testigos: Son de material plástico (polipropileno), diseñadas para poder trasladar 20 Kg de material distribuidos en cinco canales de 0.60 m. de longitud por un ancho de 50 mm (para poder recibir muestras de 48 mm de diámetro), estas deben de estar rotuladas con el nombre del proyecto, el número de sondaje, longitud del sondaje y numero de caja para poder ordenar su archivo. (Zevallos, 2010).
- Registro de corridas: Cada corrida del taladro en perforación diamantina es anotada con un taco de madera en forma de cubos de 40 mm los cuales son pintados de blanco en dos de sus caras opuestas, esto para que pueda visualizarse mejor los datos anotados.
- Almacenamiento de testigos: Las cajas portan testigos son apiladas en forma ordenada según su enumeración y código de sondaje en un área de almacén de testigos en donde se tendrá la evidencia física de cada sondaje. (Zevallos, 2010).



### 2.12.6. Logueo

El logueo es el proceso que realiza el Geólogo de pozo en tomar datos geológicos a detalle de los testigos de perforación diamantina.

El testigo almacenado en la caja porta testigos es colocado en una gran mesa en forma consecutiva, por lo general para apreciar la textura de la roca, se humedecen las muestras, los detalles deben ser tomados metro a metro, los cuales deben ser descritos en un formato a escala de 1:100, en el cual se debe anotar:

- Datos del proyecto, nombre del proyecto, de la persona que realiza el logueo, fecha, y escala de la hoja de logueo.
- La ubicación topográfica del sondaje: coordenadas, elevación, rumbo e inclinación
- Los perforistas que participan en la operación
- Características de la maquina: Tipo, diámetro de broca, diámetro de testigo, tipo de tubería de perforación
- Datos concernientes a la perforación: Longitud perforada, corridas ejecutadas, días de perforación, el promedio diario en metros, fecha de inicio y término del taladro
- Código y número de sondaje
- Número de corridas realizadas en la perforación.
- Cantidad en metros de testigo recuperado en cada una de las corridas.
- Porcentaje de testigo recuperado en cada una de las corridas.
- Descripción de estructuras, con sus correspondientes ángulos de intersección entre los planos estructurales y el eje del testigo.
- Descripción gráfica.
- Descripción litológica (tipo de roca, textura, mineralogía, alteraciones).



- Descripción de estructuras mineralizadas (masiva, veta, diseminados, mineralogía).
- Muestreo a realizarse, se deberá colocar el número de muestra, el intervalo muestreado, recuperación en metros del intervalo muestreado, así mismo su porcentaje de recuperación, una vez se tenga los valores de laboratorio deberá completarse el formato con las leyes de Au g/TC, con sus respectivas muestras. (Zevallos, 2010).

#### 2.12.7. Toma de muestras para análisis en laboratorio.

Se toman muestras para análisis por Au y Ag o Geoquímica por 30 elementos de los puntos donde se observe estructuras, alteraciones y anomalías que pudiesen ayudar a la exploración de vetas.

Durante el Logueo se detalla la zona de interés, se marca con plumón indeleble los intervalos a muestrearse, se obtiene la muestra de la siguiente manera:

- Cortar el testigo longitudinalmente de acuerdo a las indicaciones realizadas por el geólogo, los intervalos de muestreo pueden ser sistemáticos y varían entre 2 y 3 m y son separados de acuerdo a sus características litológicas, mineralógicas estructurales y de alteración.
- Marcar en las cajas de testigos con plumón indeleble el intervalo, luego colocar el número de muestra correspondiente; previa verificación de los datos proporcionados.
- Una vez determinadas las profundidades se procede a extraer una mitad del testigo los cuales se colocan en la bolsa de muestreo, para ser enviadas al laboratorio.
- La otra mitad del testigo se queda en la caja marcada para su archivo. (Zevallos, 2010).



### 2.12.8. Interpretación geológica

Los datos de los sondajes se interpretan mediante la construcción de secciones, que muestran los sondajes en un perfil vertical análogo a secciones geológicas. La construcción de la sección comienza de la misma manera como un perfil geológico, mediante la creación de un perfil topográfico. Entonces las ubicaciones de los "collares" se plotean a lo largo del perfil topográfico. Una perforación vertical negativa se trazará como una línea vertical y los sondajes inclinados en ángulo que muestra la inclinación adecuada. La longitud de la línea que ilustran los sondajes está determinada por la escala de la sección.

Si un sondaje cruza una zona mineralizada tabular o de la capa de roca en un ángulo de 90 grados, entonces el espesor de la zona o capa medido en el sondaje o registrados en el logueo del sondaje representa el espesor "verdadero". Si la perforación cruza la zona o capa en cualquier ángulo inferior a 90 grados, entonces el espesor observado es llamado "potencia aparente". Si se conocemos inclinación de la perforación, entonces el espesor real se puede calcular utilizando la trigonometría simple.

Corrección de potencia de veta

$$\text{Pot corregida} = \text{sen } \alpha \times \text{Tramo de la veta interceptada}$$

$\alpha$  = ángulo entre eje del sondaje y plano estructural de la veta. (Zevallos, 2010).

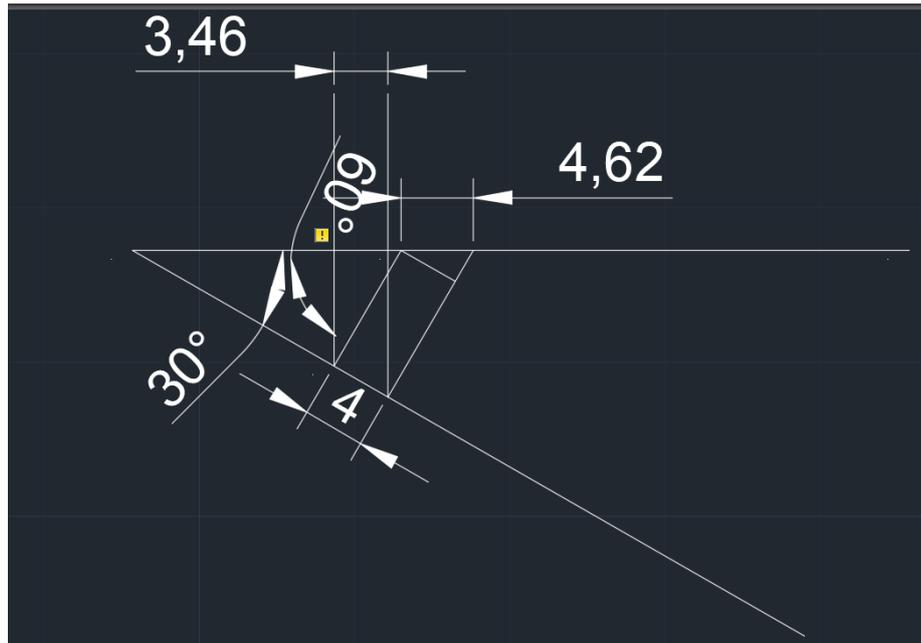


Figura 12. Corrección de potencia de veta.

$$PC = \text{Sen}(60^\circ) \cdot X = 3.46$$

Tabla 3. Corrección de ángulo según la dirección de corte del sondaje de diamantina.

		ANGULO BUZAMIENTO / SECCION															
		80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
ANGULO BUZAMIENTO	10	10	10	9	9	9	8	8	7	6	6	5	4	3	3	2	1
	15	15	14	14	14	13	12	12	10	10	9	8	6	5	4	3	1
	20	20	19	19	18	18	17	16	14	13	12	10	9	7	5	4	2
	25	25	24	24	23	22	21	20	18	17	15	13	11	9	7	5	2
	30	30	29	28	28	27	25	24	22	20	18	16	14	11	9	6	3
	35	35	34	33	32	31	30	28	26	24	22	19	16	13	10	7	4
	40	40	39	38	37	36	35	33	31	28	26	23	20	16	12	8	4
	45	45	44	43	42	41	39	37	35	33	30	27	23	19	15	10	5
	50	50	49	48	47	46	44	42	40	37	34	31	27	22	17	12	6
	55	55	54	53	52	51	49	48	45	43	39	36	31	26	20	14	7
	60	60	59	58	58	56	55	53	51	48	45	41	36	30	24	17	9
	65	65	64	64	63	62	60	59	57	54	51	46	42	36	29	20	11
	70	70	69	69	69	68	67	65	63	60	58	54	49	40	35	25	13
	75	75	74	74	74	73	72	71	69	67	65	62	58	52	44	33	18
	80	80	80	79	79	78	78	77	76	75	73	71	67	63	56	45	26
85	85	85	85	84	84	84	83	83	82	81	80	76	73	71	63	45	

2.12.9. Partes de un equipo de perforación diamantina.



La máquina de perforación diamantina comprende dos partes principales:

- Unidad motriz: Es un motor, enfriado por agua y por aire. Las tres principales bombas que impulsan el sistema hidráulico está directamente acoplado al volante. Un generador de 12 voltios es usado para potenciar las partes eléctricas de la máquina. (Jesus, 2017).
- La columna de perforación: La columna de perforación está formando por un conjunto de partes, las cuales al instalarse interactúan entre sí, para llevar a cabo el proceso de perforación diamantina. Este conjunto esta constituid por:
  - Mástil de operación: Sirve para dar inclinación al sondaje, soporte a la unidad de rotación, a la canastilla, a la tubería de perforación, etc. Debe estar diseñada para resistir las flexiones debidas al peso, el esfuerzo de empuje y las tensiones originadas por la rotación.
  - Tambor de winche: Dispositivo hidráulico o eléctrico, es un cilindro giratorio, en donde se enrolla un cable, el cual pasa por la parte superior del mástil y sirve para subir y bajar las barras de perforación
  - Bomba de lodos: Tiene la misión de inyectar el lodo de perforación, por el interior de las tuberías y la corona diamantada, para lubricar, refrigerar, extraer los detritus y acondicionar el pozo, manteniendo el flujo constante del lodo en el pozo.
  - Wire line (Línea de cable): Es una línea de cable delgado cuyo extremo inicial va conectado al pescador. Una vez accionado el motor, el pescador con la ayuda del wire line sube y baja el tubo interior que contiene la muestra, (testigo).
  - Triconos: Al inicio de la perforación, si no es de interés económico recuperar el tipo de suelo se recomienda triconear, que involucra realizar la perforación



sin recuperación de muestra hasta llegar a la roca. Después de terminada la operación de triconeo se debe bajar el casing en el tramo triconeado.

Están formados por tres conos que giran en torno a un eje y que por desprendimiento de roca va penetrando, removiendo los fragmentos del material perforado (cutting) con un fluido o lodo que circula continuamente. (Jesus, 2017).

-Corona de diamante: Conocida también como broca o cabezal diamantado, en cuya cara posee diamantes naturales y sintéticos, así como una aleación de diversos polvos metálicos de alta calidad, según sea el tipo de roca a perforar. La corona rota en el extremo de las barras de perforación lo que le permite cortar un testigo sólido de roca. Los detritus producto del corte son removidos por un fluido que circula continuamente.

## **2.13. ESTUDIO GEOQUÍMICO.**

### **2.13.1. Muestreo de labores mineras.**

La toma de muestras se realiza en pequeñas porciones representativas y homogéneas de mineral, el volumen obtenido nos permitirá determinar el contenido metálico de oro y plata en dicho volumen.

#### **2.13.1.1 Tipo de muestreo.**

El tipo de muestreo que se aplica aquí en MACDESA es el sistemático por canales ya que es el más apropiado para la determinación de las leyes por considerarse de vetas definidas y muy favorable para el mineral que se trabaja que es el oro, con este tipo de muestreo se consiguen mejores resultados y en nuestra empresa aún no cuenta con muestreo mecanizado, siendo el convencional el utilizado. (Ticona, 2016).



### 2.13.1.2. Muestreo sistemático.

Para realizar este muestreo se debe de conocer la zona; es decir se debe tener la ubicación exacta en la que se va a empezar el muestreo, para lo cual se debe contar con un plano topográfico para partir de la ceja de una labor conocida como; una chimenea, galería, crucero, tajos, etc. según sea el caso.

Este tipo de muestreo se realiza con la utilización de herramientas como el combo, picota, manta de costal, ocre, bolsas, engrapador y cincel; el procedimiento a seguir es ya determinado por los PETs del área de geología. (Ticona, 2016).

Procedimiento previo:

- Verificar que el ambiente este ventilado
- Realizar el desatado de rocas.
- Regado previo de la labor
- Si se trata de una labor peligrosa como en tajo se debe verificar la presencia y buen estado de la línea de vida y engancharse a ella.

Procedimiento:

- Primero debemos de ubicarnos en la labor como ya mencionamos antes para que desde este se pueda iniciar el marcado de los canales con pintura cada 2 m. (estos deben ser perpendiculares a la veta).
- Se coloca una manta de recolección pretendiendo que todo lo que se pique caiga en la manta y no se pierda.
- Se empieza a picar con la picota tratando de conseguir un canal homogéneo en profundidad (2 cm. aprox.) y anchura (10 cm aprox.), cruzando perpendicularmente toda la veta.



- Cuando ya completamos el canal, se chanca los fragmentos grandes, pero solo la mitad y la otra mitad se desecha; de esta manera homogenizamos la muestra y como en el caso anterior se cuartea si es necesario.
- Con la muestra ya obtenida se hecha en una bolsa de muestreo, se llena el talonario y se coloca la contraparte de este en la bolsa, cerrándola de tal manera que se vea el número de código y el número de muestra.
- Pintar los bordes de los canales con la pintura roja (ocre) para su posterior reconocimiento.
- Finalmente se cierra la muestra con la engrapadora. (Ticona, 2016).

#### 2.13.1.3. Muestreo de cargas, carros mineros; dumper.

La toma de muestras se realiza haciendo un canal de 0.50 m. de profundidad y luego se saca una muestra homogénea y proporcional.

#### 2.13.1.4. Marcado de coronas.

Límites piso y techo de la veta, códigos de muestras, promedio de leyes sin diluir del muestreo anterior. En galerías, Chimeneas (ambos hastíales), subniveles y tajos el marcado de coronas se hace por tramos según el promedio del registro de leyes obtenido por el Geólogo de Mina.

Preparación del lote de muestras y su envío a Laboratorio Químico. Se llenará la hoja de reporte para laboratorio con los siguientes datos: Fecha, zona, veta, lote, códigos, número de muestras, y nombre del muestrero remitente. Se contará y colocará las muestras dentro de la bolsa de lona, en presencia del vigilante de Garita, se le incluirá la hoja de reporte para laboratorio. (Erquinigo, 2017).

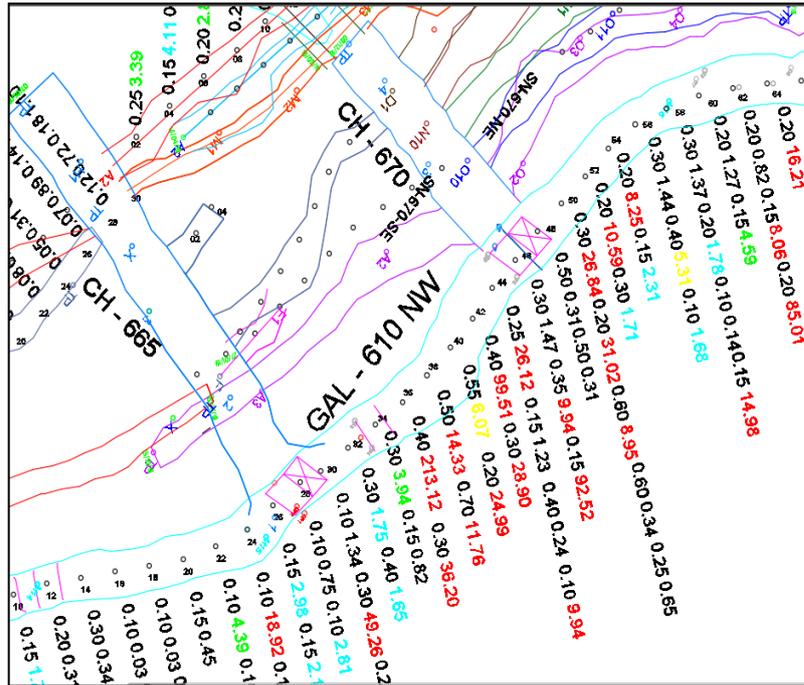


Figura 13. Muestreo de Galería.

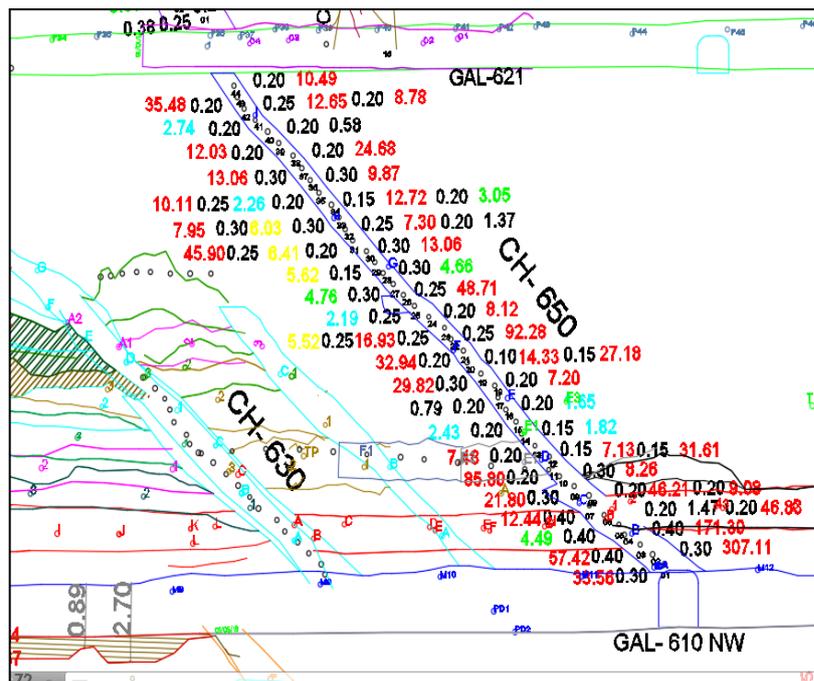


Figura 14. Muestreo en Chimeneas.

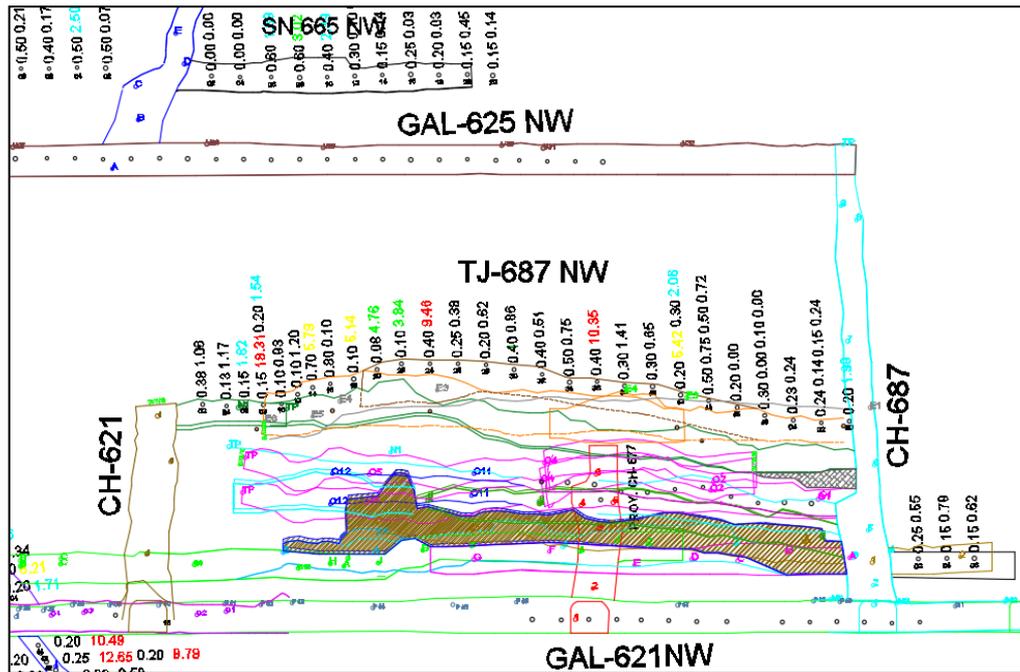


Figura 15. Muestreo en tajos.

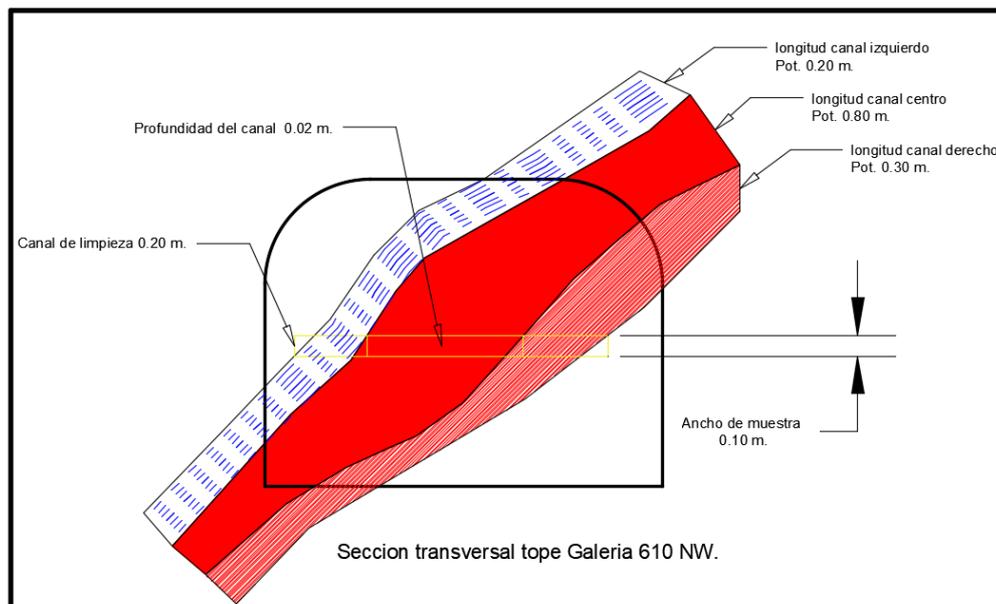
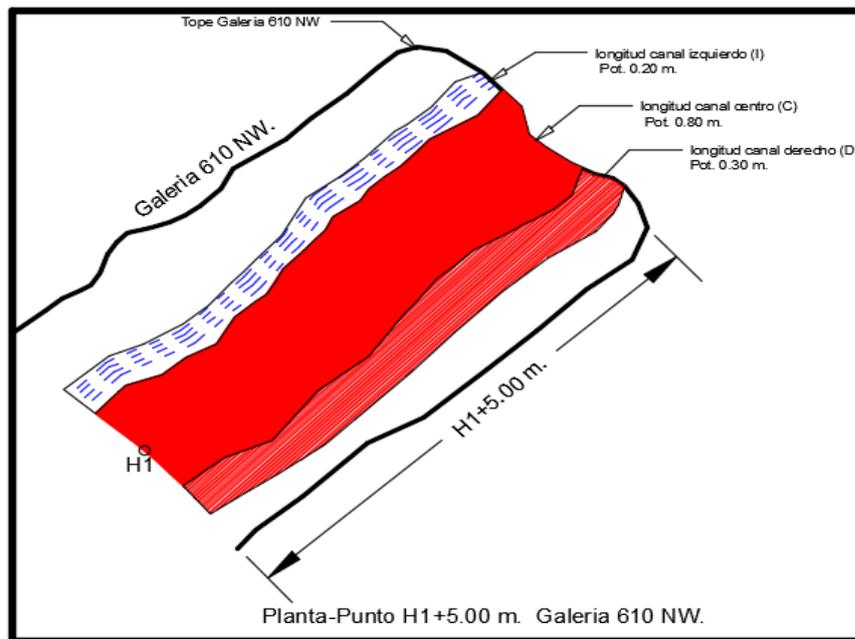


Figura 16. Vista de la veta en sección frontal.



**Figura 17. Geometría de la veta.**

#### **2.14. ESTUDIOS MINERAGRÁFICOS PETROGRÁFICOS.**

En los estudios mineragráficos se realiza la identificación de los minerales metálicos presentes en la muestra, mediante la técnica de microscopía óptica de luz polarizada (esencialmente con luz reflejada). Estos estudios ofrecen una valiosa información relativa a la naturaleza de sus componentes (esencialmente minerales metálicos), rasgos morfológicos, tamaños, texturas, porcentajes, modos de ocurrencia, asociaciones entre ellos y relaciones espaciales, estableciendo de esta forma una secuencia de formación (o secuencia paragenética) probable de los mismos, con lo cual se genera la información necesaria para una mejor interpretación de la zona de estudio.

En los estudios petrográficos se aborda la descripción de las rocas (minerales no metálicos), mediante la técnica de microscopía óptica de luz polarizada (esencialmente con luz transmitida). Estos estudios ofrecen una valiosa información relativa a la naturaleza de sus componentes (esencialmente rocas), además de definir sus formas, tamaños, porcentajes y relaciones espaciales, lo cual finalmente permite clasificar la roca

y establecer ciertas condiciones de formación, entre ellos alteraciones, texturas, reemplazamientos y posibles procesos evolutivos. Asimismo, se describen sus componentes tales como fragmentos de rocas (relacionados o no, genéticamente con la roca), componentes de la matriz y cemento, material amorfo o criptocristalino, cavidades, fracturas, entre otros.

#### 2.14.1. Simbología.

**Tabla 4. Principales minerales encontrado en estudios petrominerograficos y su abreviatura**

NOMBRE	ABREVIATURA	FÓRMULA
Adularia	ad	$KAlSi_3O_8$
Arcillas	ARCs	Composición variada
Arsenopirita	apy	$FeAsS$
Biotita	bt	$K(Mg,Fe)_3Al_2Fe(Si_3O)_{10}$
Bornita	bn	$Cu_5FeS_4$
Calcopirita	cp	$CuFeS_2$
Carbonatos	CBs	Composición variada
Cloritas	CLOs	Composición variada
Cobres grises	CGRs	Composición variada
Cuarzo	cz	$SiO_2$
Electrum	el	(Au,Ag)
Epidota	ep	$Ca_2(Al,Fe)_3Si_3O_{12}(OH)$
Esfalerita	ef	(Zn,Fe)S
Feldespatos	FPs	Composición variada
Feldespatos potásicos	FPKs	Composición variada



Flogopita	flg	$\text{KMg}_3\text{Al}(\text{OH})\text{Si}_4\text{O}_{10}$
Galena	gn	PbS
Hessita	hs	$\text{Ag}_2\text{Te}$
Leucoxeno	LCX	Composición variada
Marcasita	mc	$\text{FeS}_2$ (aprox.)
Minerales opacos	OPs	Composición variada
Muscovita	mus	$\text{KA}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$
Oro nativo	Au	Au
Óxidos de hierro	OXS_Fe	Composición variada
Pirita	py	$\text{FeS}_2$
Pirrotita	po	$\text{Fe}_{1-x}\text{S}_x$
Rutilo	rt	$\text{TiO}_2$
Sericita	ser	$\text{KA}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$
Sílice	si	$\text{SiO}_2$
Sulfosales de plata	SFSs_Ag	Composición variada
Sulfosales de plomo	SFSs_Pb	Composición variada
Tungstenita	tsm	BiTe
Tsumoita	tgn	$\text{WS}_2$
Zircón	zir	$\text{ZrSiO}_4$

**Tabla 5. Intensidad de alteración en escala cuantitativa cualitativa**

<b>INTENSIDAD DE ALTERACIONES</b>	
Incipiente	Menor a 0,5
Muy Débil	< 0,5 -1]
Débil	< 1 -10]
Moderada	< 10 - 40]
Intensa	Mayor a 40

### **2.15. INCLUSIONES FLUIDAS.**

En los estudios de inclusiones fluidas se determinaron los tipos de fluidos que se presentan en el yacimiento y, si existieran dos o más, se determinaron sus relaciones con la mineralización. Los datos registrados de las IF incluyeron: 1) Temperaturas de homogenización (Th), 2) Temperatura de fusión del hielo (Tf), 3) El porcentaje en peso de la salinidad (expresada en cloruro sódico equivalente, NaCl eq.), 4) Proporción líquido-vapor (-sólidos) (L:V:S) o Fill (F) y 5) La composición, forma y tamaño de las inclusiones de fluidos. La técnica analítica empleada incluye la petrografía de inclusiones fluidas mediante microscopía de luz transmitida mientras que el comportamiento microtermométrico se observó y midió utilizando una platina calentamiento-enfriamiento Linkam TMS 94 adaptada a un microscopio óptico.

Los estudios mencionados corresponden a lo observado en LTDP de las muestras, además se presentan las imágenes estudiadas.



### 2.15.1 Definiciones previas.

Es una vacuola o cavidad, habitualmente microscópica y del orden de dimensiones de micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), que contiene una muestra del fluido presente en el momento de la precipitación del mineral (inclusiones primarias, P) o que circulaba posteriormente, por ejemplo, a lo largo de microfisuras (inclusiones secundarias, S).

### 2.15.2. Contenidos de las inclusiones fluidas.

De acuerdo a la naturaleza los contenidos de las inclusiones, estarían compuestas por gases, líquidos y sólidos en diferentes proporciones. Desde este punto de vista podemos clasificarlas en:

a) Monofásicas. Existen las formadas completamente por líquido (L), gas (V) o sólidos

(S o inclusiones minerales). Entre los fluidos más frecuentes son los rellenos de líquidos acuosos, en general formadas a muy baja temperatura. Las que se encuentran completamente rellenos de gas son mucho más raros (e.g., aparecen en ambientes en los que se ha producido la ebullición de las soluciones acuosas).

b) Bifásicas. Presentan sólo dos fases, siendo más frecuentes las que tienen vapor (V) y líquido (L). No obstante, tendríamos que considerar varios subtipos:

- Ricas en líquido (L + V). En estas podemos encontrar volúmenes variables de gas según la temperatura de formación. En ocasiones las diminutas esferas de gas, al ser activadas por el paso de la luz se mueven en el interior del líquido de la inclusión, chocando con las paredes y rebotando en una agitación "browniana".



- Ricas en gases (V + L). Presentan un volumen de vapor superior al del líquido que queda restringido a menos de la mitad del volumen. Son frecuentes en ambientes de ebullición.

c) Trifásicas. Cuando aparecen más de dos fases el esquema de clasificación se complica, ya que unas veces son predominantemente líquidos, otros gases con líquidos inmiscibles (L + L' + V) o con baja proporción de sólidos (L + V + S), mientras que en otros son muy abundantes los sólidos (S + L ± V). Los más típicos son las carbónicas con dos fases: líquidos (L=LH<sub>2</sub>O y L'=LCO<sub>2</sub>) y vapor (V CO<sub>2</sub>).

d) Polifásicas o multifásicas. Las inclusiones más complejas las tenemos cuando aparecen varios tipos de sólidos ("daughter minerals") junto con el líquido o líquidos inmiscibles y con la burbuja de gas. Entre los sólidos más frecuentes tenemos halita, silvita, anhidrita, hematites, cuarzo, sulfuros de hierro, dawsonita (NaAlCO<sub>3</sub> (OH)<sub>2</sub>), etc.; mientras que los líquidos inmiscibles que aparecen con mayor frecuencia son: fase acuosa junto con líquido CO<sub>2</sub> con presencia de ± CH<sub>4</sub>, ± N<sub>2</sub> y/o ± H<sub>2</sub>S. (Velasco, 2004).

Según estos criterios, que se relacionan con la composición, se han propuesto varios tipos de clasificaciones. De todas estas la más conocida es la de Nash (1976) que distingue cuatro tipos de inclusiones (L=líquido; V=vapor; S=sólido; C=carbónicas):

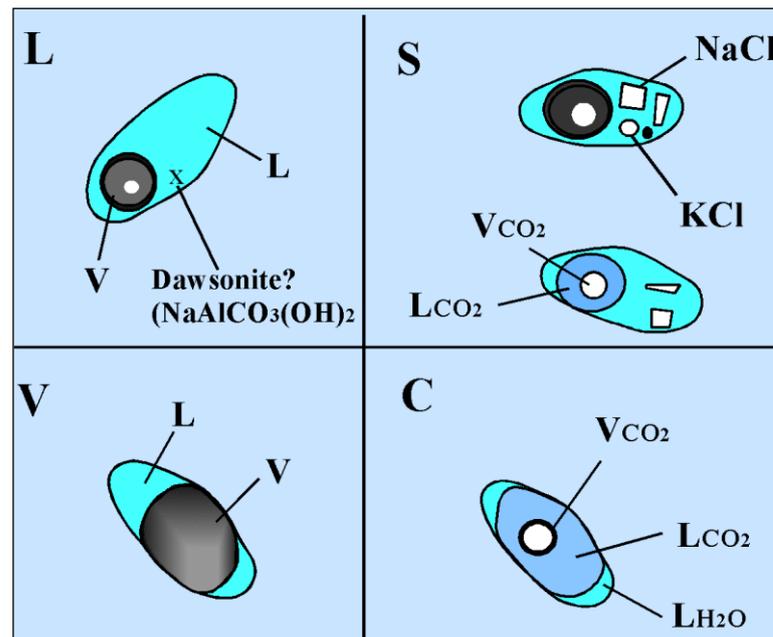
Tipo L: de moderada salinidad, con dos fases: una líquida (agua) y otra gaseosa (Vapor de agua) con diferente volumen, según la temperatura de atrape.

Tipo V: ricas en gas (normalmente vapor de agua representando más del 60% de la inclusión); como se ha comentado anteriormente este tipo es un buen indicador de la existencia de ebullición, especialmente cuando se encuentran coexistiendo con las de tipo

L y homogenizan a la fase vapor. Aunque sean predominantemente acuosas, pueden contener algo de CO<sub>2</sub>.

Tipo S: muy salinas, conteniendo pequeños cristales de halita de hábito cúbico y en ocasiones de silvita, anhidrita, hematita, etc.

Tipo C: ricas en CO<sub>2</sub>, con una relación CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O variable pero casi siempre comprendida entre 3 y 30% del volumen, según se acerquen a los tipos anteriores.



**Figura 18. Clasificación de Nash (1976) mostrando los cuatro tipos más importantes de inclusiones fluidas. (L=líquido; V=vapor; S=sólido; C=carbónicas).**

A continuación, se describe la simbología utilizada en las tablas de análisis microtermométricos de cada estudio IF:

- N° = Número de Inclusiones Fluidas (IF)
- CLAF. = Clasificación de las IF si son primarias (P) o secundarias(S). Además, Lw-NaCl (fluido con cloruro de sodio) y Lw-H<sub>2</sub>O (fluido con agua).
- MIN = Mineral donde está contenido la IF, para este caso son CZ (cuarzo) y BAR (barita).
- TIPO = Tipo de inclusión Fluida: BIF (IF Bifásica) y POL (IF polifásicas).



- $\varnothing\mu$  = diámetro de la IF en micrómetros.
- FILL = Grado de relleno IF.
- $-T_f$  = Temperatura de fusión ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- $T_h$  = Temperatura de homogenización ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- NaCl = Grado de salinidad (%).

## **2.16. GUÍA FISIAGRÁFICA.**

Los rasgos fisiográficos pueden servir de evidencias directa e indirecta de la presencia de vetas. En la mina, se observan afloramientos conspicuos contrastando con la topografía, dichos afloramientos están señalados por crestones alineados de minerales de difícil solubilidad, como el cuarzo, oro nativo y minerales producto de la oxidación de los sulfuros primarios.

Las expresiones observadas en el terreno, se deben a la erosión diferenciada que se da en las rocas y en la estructura mineral, constituyendo de esta manera guías durante la exploración geológica. (Zevallos, 2010).

## **2.17. GUÍA MINERALÓGICA.**

Los cambios mineralógicos tan comunes en las rocas que rodean vetas epigenéticas envuelven habitualmente la introducción de ciertos elementos químicos y sustracción de otros. Así tenemos que, por el reemplazamiento de los minerales por acción de las distintas etapas de la mineralización, que trajeron consigo mineral estéril y económico, se formaron nuevos minerales (sericita, arcillas, clorita, calcita, piritita y sílice) que, agrupados en determinadas asociaciones, formaron distintas fases de alteración hidrotermal, siendo la argilización-sericitización y la silicificación las que acompañaron a la mineralización económica, relegándose la propilitización a fases estériles o menores de mineralización.



Superficialmente los minerales de mena o la evidencia de su presencia anterior, son las guías más directas que pueden ofrecer los afloramientos; así que, producto de la meteorización de aguas meteóricas, se observa oxidación de sulfuros primarios, quedando en el lugar hematita y limonita. El cuarzo y el oro permanecen sin variación en su composición por su difícil solubilidad.

En interior mina los minerales presentes y su abundancia relativa sirve de guías muy prácticas en la búsqueda de mena, es así que en el yacimiento el control mineralógico está constituido principalmente por cuarzo blanco-hialino poroso y pirita. El oro nativo ocurre a menudo diseminado en el cuarzo. (Zevallos, 2010).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. EQUIPOS.

- Computadora o laptop e internet.
- Estación total.
- Brújula.
- Servicios de impresión.
- Cámara fotográfica.
- Equipos de laboratorio.
- Software.

#### 3.2. MATERIALES.

- Útiles de escritorio.
- Picota de geólogo.
- Libreta de campo.
- Protactor.
- Lápiz de dureza.
- Lápices de color.
- Ácido clorhídrico.
- Bolsas esterilizadas.
- Talonario con código de muestra.
- Cajas de cores.
- Materiales para muestras.



### **3.3. METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN.**

En este trabajo se utiliza la investigación de tipo descriptivo, este tipo de indagación consiste en basarse de una información ya hecha y obtener respuesta a nuestras preguntas, puesta que será aplicada y ejecutada sobre una realidad concreta, este tipo de investigación es mayormente realizada por estudiantes universitarios (Tafur & Izaguirre, 2014).

#### 3.3.1. Etapa de pre-campo.

##### 3.3.1.1. Recopilación bibliográfica.

Se realiza una búsqueda de información bibliográfica de trabajos geológicos que se realizaron en la zona, la búsqueda de información consistió en recurrir a diversas fuentes (bibliográficas, hemerotecas, planotecas, informes públicos y privados), INGEMMET geología del cuadrángulo de Cháparra 32-o a escala 1/100 000. Así como la búsqueda de temas relacionados a las disciplinas geológicas a través de internet.

##### 3.3.1.2. Sistematización de la información.

Se dispone la información de acuerdo a la confiable base de datos existentes.

##### 3.3.1.3. Elaboración de planos base.

Se elabora plano base de la zona de estudio a escala 1:50 000 para el levantamiento del mapa geológico, planos de las labores mineras por niveles y a escala 1:250 en interior mina.

#### 3.3.2. Etapa de campo.

- Mapeo geológico a escala 1:250, 1:1000 (mineralógico, litológico, estructural, alteraciones, etc.).



- Evaluación geológica (geología estructural, tipos de alteración, mineralogía, petrografía, etc.).
- Desarrollo y ejecución de labores de avance en roca estéril y en veta.
- Muestreo sistemático de labores de exploración, en labores de avance (chimeneas, galerías y subniveles) cada un metro con el método de muestreo chip sampling.
- Sondeos diamantinos, ejecución de un programa de perforaciones diamantina, realizando labores de posicionamiento para realizar la perforación.

### 3.3.3. Etapa de gabinete.

Análisis e interpretación de planos geológicos, pruebas de laboratorios y resultados trabajo en campo, empleando software como; AutoCAD 2015 y Arc-Gis 10.5. Se generan diferentes secciones geológicas con sus respectivas interpretaciones de la veta Milagrosa con los taladros diamantinos.

## CAPÍTULO IV

### CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 4.1. UBICACIÓN.

La Minera Aurífera Cuatro de Enero S.A. MACDESA, está situada en el Departamento de Arequipa, Provincia de Caravelí, Distrito de Cháparra en el Centro Poblado de Cuatro Horas. (Ver figura 20).

La zona de estudio corresponde a la zona catastral 18-S, hoja 32-O, banda L, dentro de las siguientes coordenadas U.T.M. y coordenadas geográficas.

**Tabla 6. Ubicación coordenadas UTM WGS84**

Unidad/Proyecto	COORDENADAS UTM-WGS84-Zona 18 S		ALTITUD (m.s.n.m.)
	NORTE	ESTE	
Mina MACDESA	8 263 000	618 500	1 970
			1600

#### 4.2. ACCESIBILIDAD.

A la zona minera se puede llegar de la siguiente forma:

**Tabla 7. Rutas de acceso a la zona de estudio**

Tramo	Distancia (Km.)	Tipo de vía	Tiempo
Lima – Chala	621.0	Asfaltado	9 horas
Chala – Cháparra	53.0	Asfaltado/afirmado	1 hora
Cháparra – Mina 4 Horas	6.0	Carretera afirmada	0.5 hora





del desierto costero y la serranía esteparia, plantas gramíneas de aspecto ralo al igual que los matorrales.

En esta zona prevalece un clima semicálido muy seco (desértico o árido subtropical). Las condiciones climáticas son una de las trabas que dificultan el desarrollo de la agricultura.

#### 4.3.3. Fauna.

La fauna, desde el punto de vista animales ganaderos, es casi nula debido a que no se desarrollan alimentos de tipo vegetativo y arbustivo para animales; a este hecho se incrementa la clara escasez de agua y las características climáticas.

Sin embargo, la fauna natural, presenta algunas especies de animales menores (roedores, reptiles, insectos, etc.), en número muy escaso; mejor dicho, la zona no favorece el desarrollo de una mayor diversidad de especies.

No es frecuente la presencia de aves a excepción del Gallinazo el cual logra aclimatarse a las condiciones de la zona; no existe de igual modo animales en peligro de extinción o especies amenazadas que habiten en el área donde se desarrollará el proyecto.

#### **4.4. ESTRATIGRAFÍA**

En el área de la mina MACDESA ocurren diversos tipos de rocas. Las más comunes son las granodioritas que son las que albergan la mineralización aurífera vetiforme. En las inmediaciones de la mina Santa Rosa, San Martín y Esperanza. Estas rocas intrusivas se encuentran parcialmente cubiertas por rocas aluviales y residuales del Cuaternario.

Cortando a los intrusivos hay diques de rocas volcánicas y aplitas (rocas ácidas). Los diques de rocas volcánicas predominantemente tienen una orientación NW-SE, estando algunas vetas relacionadas a estos diques como la veta Santa Rosa y veta Milagrosa.



Esta formación rocosa ocurre como bloques de falla dentro de la granodiorita y se encuentra metamorfizada y alterada. Contiene además algunos diques de granodiorita los que se desprenden de la masa ígnea intrusiva.

Dada la similitud con rocas similares en la región y considerando que ellas son anteriores a la granodiorita nos inclinamos a pensar que ellas forman parte del Complejo litológico Bella Unión del Cretácico Medio.

En las zonas Consa, San Antonio y zonas de San Francisco ocurren mayormente rocas granodioríticas.

#### 4.4.1 Rocas intrusivas.

Afloran en gran extensión, representada por la granodiorita, perteneciente a la súper unidad Tiabaya en el batolito de la Costa del Cretáceo Superior a Terciario Inferior. El batolito de la costa se encuentra emplazado paralelamente a las márgenes activas entre la placa de Nazca y Sudamericana, y en forma alargada, siguiendo una gran zona de falla de rumbo NW – SE, que es el rumbo de la estructura regional.

El Batolito de la costa está dividido en tres segmentos, segmento Norte, segmento Lima, y Segmento Arequipa, cada segmento constituye un gran complejo tanto por su estructura como por su composición mineralógica.

Estas rocas instruyen rocas del complejo basal y están cubiertas por formaciones terciarias, a la vez el batolito de la Costa está intruido por rocas hipabisales de naturaleza volcánica, en forma de diques.

La súper unidad Tiabaya se distingue por su composición mineralógica, estructura y textura, ya que no presenta cambios notables dentro de una súper unidad, los máficos (biotita, hornblenda y piroxenos).



#### 4.4.1.1. Granodiorita.

Esta roca intrusiva pertenece a la súper unidad Tiabaya, integrante del batolito costanero, ampliamente distribuido en la zona, sus afloramientos se encuentran bien expuestos, esta roca se encuentra cortada por una gran cantidad de diques andesíticos de color gris oscuros a gris verdosos, con potencias variables de 0.10 m. a 1.5 m. y dirección variable E-W a N 80° W.

La granodiorita macroscópicamente presenta una textura granular fanerítica, holocristalina, de color gris claro en roca fresca y con presencia de xenolitos de microdiorita de 2 cm. a 50 cm de diámetro.

Por el alto contenido de feldespatos calcosódicos y bajo porcentaje de ortosa se la clasifica como una granodiorita.

Este cuerpo intrusivo granodiorítico es cortado por diques de composición ácida como primera manifestación, compuesto esencialmente de Cuarzo, feldespato y plagioclasas, emplazado después de haberse formado el cuerpo intrusivo, las potencias variables de 0.50 m. a 2 m. y rumbos de N 25 W, N 30 W.

**Tabla 8 . Descripción mineralógica de M1 veta Milagrosa**

Información:	CONTROL DE MINERAL
Nº MUESTRA	M1-VETA MILAGROSA
MINA	SAN ANTONIO
VETA	MILAGROSA
NIVEL	2100
LABOR	GL 066 NW
SECTOR	Galería



UBICACIÓN	N	8263930
	E	618061
	COTA	2100
CÓDIGO DE MUESTRA	M1-VETA MILAGROSA	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA	Plagioclasa.	50%
	Ortosa.	10%
	Cuarzo.	15%
	Ferromagnesianos.	20%
	Otros.	5%
DESCRIPCIÓN	Roca granodiorita, presenta piritas cristalizadas puntuales, patinas de clorita.	
TEXTURA	fanerítico	
ESTRUCTURA	Equigranular	
TENACIDAD	Alta	
	Media	x
	Alta	
TIPO DE CONTACTO	definido	
GRADO DE FRACTURAMIENTO	Alta	
	Media	x
	Alta	
ALTERACION	propilítica +	
OBSERVACIONES	Muestra de mano	



**Figura 20. Muestra de mano de roca granodiorita extraída de la zona de estudio.**

#### 4.4.1.2. Granodiorita de biotita.

Este tipo de roca intrusiva, aflora en la parte E – SE de la zona de estudio, y se encuentra albergando a la veta Yaky.

Es una roca leucócrata, de color verde claro en fractura fresca y pardo oscuro en superficie intemperizada; se encuentra cortando a la granodiorita con un contacto interno difuso; además existe marcada transición en el color, hay gradación de gris verdoso leucócrata a gris negruzco melanócrata de Este a Oeste. En la primera, los minerales máficos son escasos con predominio de clorita y en la segunda, los máficos predominan dándole así un color oscuro.

La granodiorita de biotita presenta una textura holocristalina, granitoide media e hipidiomórfica y está compuesta esencialmente de plagioclasa y feldespatos alcalinos; el



cuarzo es anhedral y ocurre en un 20% aproximadamente; entre los ferromagnesianos se puede observar predominancia de biotitas sobre las hornblendas y como accesorio clorita.

**Tabla 9. Descripción mineralógica de M2 veta Milagrosa**

Información	CONTROL DE MINERAL	
Nº MUESTRA	M2-VETA MILAGROSA	
MINA	SAN ANTONIO	
VETA	MILAGROSA	
NIVEL	2120	
LABOR	GL 045 NW	
SECTOR	Galería	
UBICACIÓN	N	8263915
	E	618026
	COTA	2120
CÓDIGO DE MUESTRA	M2-VETA MILAGROSA	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA	Plagioclasa.	43%
	Ortosa.	11%
	Cuarzo.	20%
	Biotita.	9%
	Hornblenda.	7%
	Otros (clorita).	10%
DESCRIPCIÓN	Roca granodiorita con presencia de biotita.	
TEXTURA	Fanerítico.	
ESTRUCTURA	Porfirítica.	

TENACIDAD	Alta	
	Media	x
	Alta	
TIPO DE CONTACTO	definido	
FRACTURAMIENTO	Media	
ALTERACION	propilítica +	
OBSERVACIONES	Muestra de mano	



**Figura 21. Muestra de mano de roca granodiorita con biotita extraída de la zona de estudio**

#### 4.4.1.3. Diques aplíticos.

Estas estructuras se encuentran aflorando en el área de estudio que por intemperismo adquieren un color rosáceo y en fractura fresca son blanquecinos, presentan textura equigranular media a fina, microcristalina, sacaroide y su tendencia es seguir



fracturas. Tienen una orientación predominante N-W y potencias que van de 0.10 a 0.40 m.

#### 4.4.1.3. Diques andesíticos.

En la zona de estudio proliferan gran cantidad de diques de naturaleza volcánica y de edad más reciente, estos diques se presentan en formas individuales (potencia de 0.50 m.), y en forma de enjambres concentrados en ciertas áreas como es el caso del cerro Cruz de Oro en dirección SE del área de estudio (potencia variable de 0.10 m. a 0.50 m. La mayoría de estos diques presentan rumbos generales E – W y N 75° W. Muchos de estos diques tienen relación con la mineralización de oro debido a que sirven como conductos de las soluciones hidrotermales, y esto es corroborado en el paralelismo entre los diques y las menas.

La actividad hidrotermal que se presenta está relacionada con la argilización específicamente con la caolinita, cloritización, y la silicificación.

Los diques presentan colores gris verdosos a gris oscuros con textura afanítica, fuerte fracturamiento y presencia de alteración cloritica en diferentes grados.



**Figura 22. Dique andesítico en la zona de estudio**

#### 4.4.1.4. Diques de cuarzo:

Estos están presentes en todas las rocas intrusivas, van de cuarzo hialino a blanco lechoso, con potencias variables de pocos cm a 1 metro, y longitudes de más de 200 m. En algunos casos se hallan mineralizados y son de rendimiento económico, se encuentran mayormente cortando a las granodioritas.



**Figura 23. Dique de cuarzo de la zona de estudio**

#### 4.4.1.5. Stock dacita porfirítica.

En la zona de estudio afloran cuerpos producto de la alta presión y temperatura como son la dacita porfirítica, que probablemente se correlacione con la dacita de Molles un cuerpo hipabisal que aflora en dirección NW con respecto a la zona de estudio, con el cual se cree que se emplazó la mineralización, esta brecha de intrusión en el área de estudio se puede observar de grandes a pequeñas dimensiones, presenta una matriz afanítica de color verde grisáceo, su textura es porfirítica, con fenocristales de plagioclasas y hornblendas bien desarrollados, sus afloramientos son generalmente en la cumbres de los cerros y sus dimensiones son variables van desde 50 metros de largo por 40 metros de ancho a grandes dimensiones de 400 metros de largo por 250 metros de ancho, como es el caso del afloramiento de un gran cuerpo dacítico que es cortado por un cuerpo mineralizado de 2 a 3 m. de potencia compuesta de cuarzo, óxidos de Fe, patinas de cobre, también presenta diseminación de pirita gris, presenta una relación con el rumbo general de la veta cuatro horas N 80° W y N 85° W.



## 4.5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.

Las estructuras están netamente relacionadas a la tectónica andina, producto de la subducción de la placa de Nazca y la placa Sudamericana.

Estas estructuras mineralizadas de oro están netamente ligadas a la provincia aurífera que se da desde Ocoña a Palpa, generalmente relacionadas a un ambiente de deposición de sistemas de fallas y fracturamientos producto de la deformación regional.

### 4.5.1. Fallas

#### 4.5.1.1.-Falla Santa Rosa.

La falla santa rosa se aprecia en la zona cortada Santa Rosa en el nivel 1880 con azimut promedio  $N88^{\circ}W$  con  $75^{\circ}$  de buzamiento hacia el NE en donde forma una sola estructura, el movimiento de esta falla es dextral. En el nivel 1925 veta Karina se aprecia un sistema de fallamiento ramaleado, se encuentra en contacto con la granodiorita con presencia de alteración clorítica leve con diseminación de pirita, alteración propilítica leve, cortados por microvenillas de carbonatos. En el área de estudio la falla Santa Rosa delimita la mineralización de la Veta Milagrosa hacia el Norte.

#### 4.5.1.2.-Falla Paloma.

La falla paloma tiene una orientación promedio  $N55^{\circ}W$  y buzamiento de  $82^{\circ}$  con dirección de buzamiento al NE pertenece al mismo sistema de falla Santa Rosa, es una falla con cajas bien definidas relleno con panizo roca molida y fragmentos subangulosos de cuarzo, diseminado fino de pirita, alteración fílica leve. En el nivel 1956 Cortada Copacabana, probablemente sea una falla dextral.

#### 4.5.1.3.-Falla Nv. 620.

La falla 620 es un sistema distinto a las dos fallas anteriores, es de tipo dextral, posee una orientación  $S29^{\circ}W$  con buzamiento de  $35^{\circ}$  al NW, presenta panizo y roca



molida como relleno, alteración fílica y propilítica leve, en el nivel 1670 GL 610 NW se aprecia el movimiento y el desplazamiento de 40 metros hacia el techo hacia la veta milagrosa.

#### 4.5.2. Estructuras mineralizadas.

##### 4.5.2.1. Veta Milagrosa.

La veta Milagrosa constituye una de las estructuras mineralizadas más importantes del yacimiento minero, en atapa de exploración.

Ésta veta aflora con gran extensión. Aproximadamente, tiene un rumbo promedio de N 43° W, buzamientos que van de 33° a 44° NE, potencia de veta entre 0.20 a 1.20 m. y presenta valores con una ley promedio de 0.31 oz/TM

En superficie, esta estructura mineralizada se caracteriza por la presencia de óxidos de fierro, y carbonatos tales como siderita y calcita, producto de la alteración supérgena de la pirita que le da tonalidades rojo naranja gris Amarillento. El ensamble mineralógico está conformado principalmente de cuarzo blanco-hialino, siderita, calcita y pirita (pirita aurífera) así como oro libre en zonas oxidadas.

En profundidad se le ha reconocido en Cuatro niveles: Gal 066 Nv. 2100, Gal 165 Nv. 2050, Gal 026 Nv. 2005, Cortada principal Nv. 1915 y Zona de Victoria Nv. 1855, en los que la estructura mineralizada está controlada al techo y piso por fallas longitudinales normales al rumbo de ésta, la Veta Milagrosa está controlada por diques andesíticos. Caracterizándose por presentar un halo de alteración argílica-sericítica. La roca encajonante es granodiorita y dique que muestra una leve alteración propilítica.

##### 4.5.2.2. Veta Santa Rosa.



La veta Santa Rosa constituye una de las estructuras mineralizadas importantes del yacimiento.

Ésta veta aflora con una longitud de 100 m. aproximadamente, tiene un rumbo promedio de N 45° W, buzamientos que van de 33° a 45° NE, potencia de veta entre 0.30 a 1.50 m. y presenta valores con una ley promedio de 0.40 oz/TM

En superficie, esta estructura mineralizada se caracteriza por la presencia de óxidos, producto de la alteración supérgena de la pirita que le da tonalidades rojo a naranja. El relleno mineralógico está conformado principalmente de cuarzo blanco-hialino, masivo, cavernoso, y pirita (pirita aurífera) así como oro libre en zonas oxidadas.

En profundidad se le ha reconocido en tres niveles: el nivel 1970 San Martín, nivel 1880 Santa Rosa y el nivel 1780 Esperanza, en los que la estructura mineralizada está controlada al techo y piso por fallas longitudinales normales al rumbo de ésta, caracterizándose por presentar un halo de alteración argílica-sericítica. La roca encajonante es granodiorita que muestra una leve alteración propilítica.

#### 4.5.2.3 Veta Cuatro Horas.

Esta tiene un afloramiento corto ya que gran parte se encuentra cubierto por material aluvial, presenta un rumbo promedio N 50° W y buzamientos de 40° a 55° NE, el ancho de la veta varía entre 0.10 a 0.30 metros y una ley promedio de 0.26 oz/TM.

Esta veta ha sido trabajada intensamente, anteriormente por la empresa en la actualidad se tiene poca reserva y los trabajos están abocados a la explotación de bloques restantes, asimismo se está explorando en niveles inferiores.



La veta se encuentra emplazada en roca intrusiva granodiorita, y su relleno mineralógico está conformado por cuarzo y limonitas donde el oro se encuentra en estado libre.

#### 4.5.2.4. Veta Piedra Grande.

Esta veta tiene un afloramiento de aproximadamente 120 m., con un rumbo promedio de N 54° E y buzamiento de 35° a 45° NO; el ancho de esta estructura mineralizada varía de 0.10 a 0.40 m.

Mineralógicamente el relleno de veta está conformado por cuarzo blanco – hialino y limonitas, en algunos sectores cuarzo poroso con limonitas, y oro libre.

#### 4.5.2.5. Veta Yaky.

Es una veta típica de relleno de fisuras, en superficie presenta un farallón de cuarzo con oxidaciones de Fe y Mn, aflora al E de la Veta Santa Rosa (Figura 03), con una longitud de afloramiento de 170 m aproximadamente en forma discontinua ya que gran parte se encuentra encapado por material aluvial, su rumbo varía entre N 87° E a E-O, buzamientos de 18° a 25° N. La potencia oscila entre 0.30 a 0.50 m. el relleno mineralógico está constituido por cuarzo blanco hialino, masivo cavernoso y oxidado, en algunos sectores poroso con limonitas y oro libre. A lo largo de su afloramiento se realizaron algunos cateos y pequeño laboreo del tipo artesanal, en la labor subterránea se observa que la estructura mineralizada está controlada hacia el techo y piso por fallas longitudinales normales al rumbo de esta, asimismo presenta cabalgamientos en la estructura.

La veta Yaky está en actual desarrollo, la misma que fue reconocida inicialmente en el nivel 1864 en forma artesanal, luego se realizó perforación diamantina en esta



estructura ejecutando 05 taladros con el taladro MAC 13 - 03 se intercepto veta con valores económicos altos, a partir de estos datos obtenidos se dio inicio a trabajos en el nivel 1847, y proyectar la cortada Morococha en el nivel 1816 ; esta estructura toma una vital importancia dentro del yacimiento minero ya en el desarrollo de la misma nos permitirá incrementar las reservas probadas por ende la vida misma de la mina, esta estructura es objeto de la presente tesis.

#### 4.5.2.6. Veta San Martin.

En el nivel 2005 del tope de la galería 505 SE y NW se está ejecutando las galerías en ambas direcciones dando más prioridad hacia el NW ya que es el único nivel de donde se puede acceder de manera inmediato. Por otro lado, se va a iniciar con la exploración en el nivel 2055 con otro Cx orientado hacia los clavos que se están trabajando actualmente en el nivel 2005 de ello el fin de querer dar cabeza a las chimeneas que ya fueron ejecutados en el nivel mencionado, para ello se requiere ya ejecutar la carretera que se está realizando y los equipos requeridos y personal para este proyecto que debe de ser de prioridad.

#### 4.5.3. Diaclasamiento.

Son fracturas a lo largo de las cuales no se han producido desplazamientos de un bloque con respecto al otro, se presentan en las rocas intrusivas granodioritas del Batolito de la Costa; se les aprecia en los flancos de las quebradas y en los afloramientos rocosos de la zona de estudio.

Este tipo de fracturamiento es producto del enfriamiento lento del macizo ígneo o del relajamiento de la presión durante los esfuerzos tectónicos.



En la zona se observa dos sistemas de fracturamiento cuyas orientaciones son: uno de rumbo N° 50° W con buzamiento de 55°NE a 60°NE; y el otro de rumbo N 70° E, con buzamiento de 40°SE a 50°SE.

Las mejores leyes están netamente ligadas a la zona de intersección de falla y veta encontrándose oro nativo hasta de 2 cm de diámetro.

#### **4.6. MINERALOGÍA.**

En la mina Cuatro de enero se tiene como mineral de Mena el oro libre (macroscópico) que se halla principalmente dentro de las oquedades del cuarzo (boxword), paralela a ella el oro fino asociado en mayor proporción a los óxidos de hierro Limonita ( $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ).

La zona de operación de la mina contiene gran proporción de oro en algunos casos dentro de los análisis de laboratorio que se hizo por Newmonth en malla +150 contenía el 70% del oro total esto nos da una idea del comportamiento del yacimiento.

Los minerales que se describen se encuentran presentes en la veta Cuatro Horas y se pueden clasificar en dos grupos de acuerdo a su importancia económica.

##### **4.6.1. Minerales de mena.**

Tenemos el oro principalmente, que se presenta en forma macroscópica oro nativo (charpas) que se da en las oquedades del cuarzo y también en la hematita, el oro microscópico o fino se manifiesta mayormente en la limonita.

El cuarzo está netamente asociado al oro puesto que la pirita por acción meteórica del agua ha originado cavidades donde el oro se depositó en forma nativa es decir formo una estructura Boxwork o más conocido como criadero, en donde el oro se deposita, tal es así que se ha encontrado mayores leyes en oro nativo en este tipo de cuarzo oqueroso.



El oro visible es observable en las vetas en forma de puntos y escamas, llegando a tener dimensiones de 0,5 mm a 2.5 mm. Se caracteriza por su color amarillento y brillo metálico intenso, Pe 19,3 y dureza 2.5.

#### 4.6.2. Minerales de ganga.

Se distinguen minerales característicos de la zona de óxidos. Zona de óxido. Principalmente cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) lechoso y blanco, hematina ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), limonita ( $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) gris oscura y pirita.

- Cuarzo ( $\text{Si O}_2$ ).

Este mineral es el que más abunda en la corteza terrestre, y constituye el relleno de las vetas. Se presenta en forma masiva como cuarzo blanco-hialino, fracturado cavernoso (poroso), brechado y oxidado; ocasionalmente en forma cristalina.

Por su persistencia en la estructura mineralizada, sirve de guía en la exploración.

Se caracteriza por su dureza 7, Pe 2,65, brillo vítreo incoloro, fractura concoidea se presenta en yacimientos hidrotermales.

- Hematita ( $\text{Fe}_2 \text{O}_3$ ).

Resultado de la lixiviación de la pirita, se forma en condiciones de oxidación en los más distintos tipos genéticos de yacimientos y rocas; composición química Fe 70%, cristaliza en el sistema trigonal, el color es negro de hierro al gris de acero, la raya es roja-guinda, brillo semimetálico, dureza 5-5.6, es frágil, peso específico 5.0-5.2, su ocurrencia es más restringida, su relación con el oro es menos directa, aunque se han observado regulares valores junto a ella.

- Limonita ( $\text{Fe}_2 \text{O}_3 \text{H}_2\text{O}$ ).

Es de origen secundario, formado por alteración de las piritas y otros sulfuros de hierro, se presenta mayormente en variedades terrosas, de color pardo amarillento. Se relaciona



con valores altos de Au y su ocurrencia es abundante, por lo que da un tinte amarillento al cuarzo.

- Calcita ( $\text{CaCO}_3$ ).

Pertenece al grupo de los carbonatos, su fórmula química es  $\text{CaCO}_3$  (carbonato de calcio), su origen está relacionado con alteraciones hidrotermales propilítica (en pórfidos) y argílicas (en epitermales). “(...) Efervece fácilmente con HCl, tiene dureza 3 y peso específico 2.7 La variedad límpida y perfectamente cristalina recibe el nombre de Espato de Islandia y sirve para medir el índice de refracción de los minerales” (Burga, 2011).

- Pirita ( $\text{S}_2\text{Fe}$ ).

Sulfuro de hierro, composición química Fe 46.6%; S 53.4%; cristaliza en el sistema cúbico, el color es amarillento de latón, la raya es negra pardusca o negro verdusca, brillo metálico intenso, dureza 6-6.5 pesado relativamente frágil, peso específico 4.9-5.2, este sulfuro es el más común en los yacimientos hidrotermales, también se asocia al Au.

#### **4.7. CONTROLES Y GUÍAS DE LA MINERALIZACIÓN.**

En función a lo observado en las ocurrencias de Au y Cu en las estructuras mineralizadas en el área de estudio, se han determinado una serie de controles de mineralización de importancia para el desarrollo y exploración futura del yacimiento aurífero.

##### **4.7.1. Control estructural.**

Está dado por las fallas y fracturas pre-existentes en la granodiorita Tiabaya que controlan las estructuras de rosario (veta), originada por movimientos tectónicos, estas fallas y fracturas son de buzamiento sub-vertical, lo cual favoreció la deposición del mineral, estas fallas son del tipo normal de acuerdo a las evidencias encontradas en la misma veta.



La principal falla presenta rumbo NW-SE la cual tiene las mejores leyes de Au que las vetas con rumbo NE-SW.

Las intersecciones e inflexiones en el rumbo de la veta, producto del fallamiento origina el enriquecimiento de las bolsonadas teniendo altos valores de Au.

#### 4.7.2. Control estratigráfico.

La litología predominante está constituida por rocas granodioríticas del Batolito de la Costa, representada por la Super-Unidad Tiabaya.

La mejor exposición de la mineralización y el desarrollo de estructuras mineralizadas está en el intrusivo granodiorita – granodiorita biotítica, los fluidos mineralizantes a su paso por estas estructuras, encontraron condiciones favorables, influenciada por la permeabilidad que permitió el paso de las soluciones y la reactividad química para inducir la precipitación de los minerales de mena, causando por este motivo un efecto mayor en el relleno de la cavidad, mas no así en el de sustitución.

### **4.8. ALTERACIÓN HIDROTHERMAL.**

En la zona de estudio la acidez del sistema ha provocado moderada a fuerte alteración argílica (cuarzo-sericita) de las estructuras mineralizadas, cuya característica es la coloración blanquecina, tanto en interior mina como en superficie. La alteración argílica alcanza anchos que van de unos pocos centímetros hasta 2 m.

Como envolvente externa de las estructuras mineralizadas ocurre una moderada alteración propilítica que en algunas zonas va acompañada de muy débil piritización y finas venillas de carbonatos. El halo de alteración propilítica va desde 0.20 m hasta unos 5 m en superficie.

#### 4.8.1. Alteración fílica.



En la alteración fílica el cuarzo es el único mineral primario no alterado, el resto de minerales es reemplazado por la sericita, clorita, piritita y a veces la clorita como producto de la alteración temprana, la roca alterada presenta un color gris-verdoso.

En la zona de estudio la alteración afecta la roca granodiorítica con halos de alteración de 0.07 metros hasta 2.1 metros en las cajas con respecto a las estructuras mineralizadas el mayor halo lo encontramos a las fallas de 3.0 metros (Nv. 2005 GL 026 NW-CH 086).

#### 4.8.2. Alteración propílica.

Esta alteración temprana afecta halos ferromagnesianos de la roca granodiorítica como halos externos y adyacentes a la alteración sericitica. La zona de estudio presenta mayor porcentaje de propilitización debido al tipo de roca (granodiorita) la clorita reemplaza a la biotita.

#### 4.8.3. Epidotización.

Es el proceso de alteración en el que los feldespatos de plagioclasa se convierten en minerales del grupo epidota. Son de color verde claro y no existe relación directa en el proceso de mineralización, en gran parte se encuentran en fallas reactivadas que contienen gouge, también se presentan en fracturas para formar venillas que se asocian a venillas de carbonatos.

#### 4.8.4. Hematización.

En el nivel 2100 se aprecian hematización en fallas y contactos, así como en venillas que muestran colores rojizos. La forma característica de presentarse es en venillas y patinas, se distinguen en forma de lixiviación supergena de sulfuros.



**Figura 24. OxFe, Hematita, Limonita, Jarosita y patinas de Clorita, (Nv. 2100 SN 099 SE).**

#### **4.9. DESCRIPCIÓN DE LA VETA MILAGRÓSA.**

- Nivel 2100 rumbo de la veta  $N73^{\circ}W$  con Buzamiento  $33^{\circ}NE$  distancia explorada en galería 344.00 metros horizontales y 30 metros verticales con dirección norte. Generalmente en este nivel encontramos la veta de cuarzo oqueroso con tramos de cuarzo gris masivo con una potencia de veta que varía 0.10 m hasta 0.80 m. con una ley de oro promedio sin diluir 0.29 ozAu/TM, presenta presencia de sulfuros (py 10%, Cpy 3%) en forma de parches, puntos y microvenillas. En este nivel existe fuerte presencia de óxidos de Fe en forma de patinas. Presenta alteración fílica moderada, roca encajonante granodiorita.
- Nivel 2050 rumbo de la veta  $N68^{\circ}W$  con buzamiento  $25^{\circ}NE$  distancia explorada en galería 424.70. metros en horizontal al N. las chimeneas se comunican al Nv. 2100 en plano de veta. Generalmente como veta de cuarzo oqueroso con tramos de cuarzo gris blanquecino masivo con una potencia de veta que varía de 0.20 m. hasta 1.35 m. con una ley de oro sin diluir promedio 0.31 ozAu/TM. Presenta sulfuros (py 18%, Cpy 5%) en forma de parches, puntos diseminados y ligero alineamiento a la veta. También presenta óxidos de Fe a manera de patinas. Presenta alteración fílica moderado a fuerte, roca encajonante granodiorita.



- Nivel 2005 rumbo de la veta N63°W con buzamiento 22°NE a 30°NE distancia explorada en galería 887.07 metros en horizontal, chimeneas que comunican al Nv. 2050 en plano de veta. En este nivel se presenta el cuarzo gris-blanquecino masivo con una potencia de veta que varía desde 0.10 metros hasta 1.55 metros, presenta sulfuros (py 15%, Cpy 7%) en forma de parches y puntos diseminados dentro de la veta, también presenta óxidos en forma de patinas. Afectado por fallas longitudinales y sistema de fallas normales e inversas que lo desplazan ligeramente al techo. Presenta alteración fílica moderada, roca caja granodiorítica alterada (phyl+).
- Nivel 1920 rumbo de la veta N52°W con buzamiento 30°NE a 35°NE distancia explorada en galería 551.37 metros en horizontal, chimeneas que comunican al Nv. 2005 en plano de veta y crucero de 157.78 metros para ubicar la cámara diamantina. Presenta veta de cuarzo blanco grisáceo masivo con una potencia de veta que varía desde 0.10 metros hasta 1.10 metros, presenta sulfuros (py 12% Cpy 6%) en forma de parches y microvenillas. Afectado por sistema de fallas inversas S85W-N85°E y normales S55°W- N55°E que buzán al NW y que lo desplazan a la veta. Presenta alteración fílica leve a moderada, roca caja granodiorita alterada (phyl+ prop+)
- Nivel victoria 1850 metros rumbo de la veta N61°W con buzamiento 35°NE a 43°NE distancia explorada en galerías 372.48 metros al NW y 348.38 metros al SE a partir del filo galería principal victoria en horizontal, chimeneas que comunican al Nv. 1920 en plano de veta de cuarzo gris blanquecino craquelado y masivo con una potencia de veta que varía desde 0.10 metros hasta 2.40 metros puntualmente por efectos de fallas con una ley de oro promedio sin dilución 0.33ozAu/TM, presenta sulfuros (py 20%, Cpy 7%) en forma de parches, puntos



diseminados, microvenillas y bandas. Afectado por sistema de fallas longitudinales normales que desplazan de 1 metro hasta 15 metros. Que buzanan al NW, falla con dirección de falla Santa Rosa que se comportan como sinistral y dextral generando movimientos de desplazamiento 0.60 m. hasta 20 m. un reacomodamiento estructural tardío con sistema de fallas normales de bajo ángulo  $25^{\circ}$  -  $40^{\circ}$  con dirección NE-SW. Presenta fuerte alteración filica con halos de alteración propilítica débil a moderado, roca caja granodiorítica alterada (phyl+ prop++).

- Nivel 1760 rumbo de la veta  $N60^{\circ}W$  con buzamiento  $35^{\circ}NE$  a  $47^{\circ}NE$  distancia explorada en la galería 520 NW. 229.40 metros y galería 520 SE. 138.95 en horizontal, chimeneas que comunican al Nv. Victoria generalmente veta de cuarzo gris-blanquecino con una potencia de veta que varía desde 0.10 metros hasta 1.10 metros con una ley de oro sin diluir promedio 0.35ozAu/TM, presencia de sulfuros (py 18%, Cpy 7%) en forma de parches y disseminación, ligera presencia de óxidos de Fe en forma de patinas. Presenta alteración filica débil a moderada, roca caja granodiorita.
- Nivel 620 rumbo de la veta  $N72^{\circ}W$  con buzamiento  $32^{\circ}NE$  a  $40^{\circ}NE$  distancia explorada en la galería 620 NW. 367.29 metros a partir del pique 570. En este nivel la mineralización es delimitada por una falla dextral con rumbo  $S70^{\circ}W$  con buzamiento  $35^{\circ}NW$ , pegado a esta falla se aprecia dos lazos importantes de veta, lo cual uno de ellos es económicamente rentable para la explotación, sin embargo, el otro laso techo tiene leyes bajas 0.01 ozAu/TM con potencia de veta (0.10m.) no lo hace rentable. Entre estos lazos se evidencia reactivaciones de veta – venillas de cuarzo con parches y puntos de py 12%, Cpy 5% y galena argentífera Tz, presenta alteración filica en los halos los cuales son leves.



- Nivel 610 rumbo de la veta  $N78^{\circ}W$  con buzamiento  $35^{\circ}NE$  a  $38^{\circ}NE$  distancia explorada en galería 610 NW. 223.06 metros y 610 SE. 139.82 metros en horizontal, chimeneas se comunican al Nv. 620 en plano de veta. Generalmente la veta es de color blanco grisáceo masivo con potencia de veta que varía desde 0.20 metros hasta 1.80 metros afectados por sistemas de fallas longitudinales normales dextral con rumbo  $S68^{\circ}W$  con buzamiento  $41^{\circ}NW$  que se desplazan de 1 m. hasta 40 m. Estas fallas presentan una relación aparente a la falla santa rosa. Presenta leve alteración fílica con halos de alteración propilítica moderado, roca caja granodiorítica alterada (phyl+ prop+).

#### 4.10. PARAGÉNESIS

La paragénesis u orden cronológico de deposición mineral, es macroscópicamente conocido por el estudio de las relaciones entre los minerales que se observan en las características texturales.

- En una primera etapa se depositó gran cantidad de cuarzo lechoso, pirita aurífera de color gris oscuro.
- Segunda etapa otro evento de cuarzo, calcopirita y oro grueso y fino.
- Tercera etapa las venillas transversales de calcita y cuarzo post-mineral en micro fracturamientos.
- Cuarta etapa oxidación y reubicación del oro lixiviado.



**Tabla 10. Cuadro Paragenético MACDESA.**

<b>CUADRO PARAGENÉTICO MACDESA</b>				
	<b>1 CICLO</b>	<b>2 CICLO</b>	<b>3 CICLO</b>	<b>4 CICLO</b>
CUARZO	-----	----		
PIRITA	-----	----		
CALCOPIRITA	-----			
ORO	-----	-----		
HEMATITA		-----	-----	-----
LIMONITA		-----	-----	-----
CALSITA		-----	-----	-----
YESO		-----	-----	-----



## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **5.1. CONTINUIDAD DE LA VETA MILAGROSA MEDIANTE LAS PERFORACIONES DIAMANTINAS.**

La campaña contempla una longitud total de (2022.60m) de perforación diamantina con una malla de 50 m. Tiene como objetivos el reconocimiento en profundidad y lateralmente de la veta Milagrosa y sus ramales. Dichos trabajos serán ejecutados con la máquina perforadora con que cuenta la empresa, estos taladros podrían ser modificados de acuerdo a los resultados que se obtengan en el proceso de ejecución de los mismos.

La primera etapa se desarrolla en el mes de enero del 2018 realizándose 04 taladros diamantinos a partir del nivel 1920 cortada principal con el objetivo de cortar la veta Milagrosa y otros, obteniéndose resultados no favorables. La segunda etapa se realiza en el mes de abril del 2018 desde el nivel 1760 Esperanza sur, realizando 06 taladros diamantinos con objetivos de cortar la veta Milagrosa y otros obteniendo resultados favorables.

En el siguiente cuadro se describe los taladros diamantinos realizados hacia la veta Milagrosa en los diferentes niveles.

**Tabla 11. Resultados de DDH**

N° DDH	COORDENADAS			Az	Inc. (°)	Dist.DHH (m.)	CORTE DE VETA			
	E	N	cota				Pot. (m.)	Ley Au gr/TM	cota	OBS
DDH07	618176.40	8264123.43	1920.49	236°	00°	260.45	0.77	0.34	1920.4588- 1920.4588	Clastos de Grd. con relleno de Qz blanco, Cal, Sid. (VETA PRINCIPAL)
DDH08	618176.23	8264122.16	1921.04	309°	25°	175.10	0.53	4.73	1883.3582- 1883.1305	Bx, clastos de Grd. Con relleno de Qz, Cal. Sid, con parches y diss de Py.
DDH08	618176.23	8264122.16	1921.04	309°	25°	175.10	0.38	0.86	1883.1305- 1882.9673	Veta, Textura bandeada, ensamble de Sid. Qz, Py, con puntos esporadicos de Py.
DDH09	618175.48	8264119.21	1919.57	329°	00°	300.80	0.33	0.03	1919.5754- 1919.5754	Bx, tonalita cloritizada con cemento de Qz y carbonatos + OxFe . (Veta).
DDH09	618175.48	8264119.21	1919.57	329°	00°	300.80	0.27	0.17	1919.5754- 1919.5754	Falla Pnz con carbonatos.
DDH10	618176.87	8264123.16	1922.00	331°	35°	112.70	0.35	0.27	1953.1806- 1953.3847	Bx, cloritizada con clastos de roca Grd. Y



											cemento de Qz, OxFe.
DDH10	618176.87	8264123.16	1922.00	331°	35°	112.70	0.80	0.79	1953.3847- 1953.8512	Bx, de roca Grd. Alt. Por OxFe con cemento de Qz y carbonatos.	
DDH10	618176.87	8264123.16	1922.00	331°	35°	112.70	0.20	0.14	1964.1147- 1964.231	Bx, And. Con relleno en fracturas de OxFe + Qz. (VETA PRINCIPAL)	
DDH10	618176.87	8264123.16	1922.00	331°	35°	112.70	0.10	0.03	1965.4268- 1965.4851	Bx, And. Con relleno en fracturas de OxFe. (VETA PRINCIPAL)	
DDH11	618278.42	8264623.49	1762.60	185°	- 60°	175.40	0.20	2.64	1720.185- 1720.0155	Est. Bx, Grd, Qz, blanco, Cal. con Diss de Py. (VETA PRINCIPAL)	
DDH11	618278.42	8264623.49	1762.60	185°	- 60°	175.40	0.10	2.19	1653.0196- 1652.9348	Estr. De Qz. Blanco con diss de Py (Vetilla)	
DDH12	618278.28	8264622.71	1762.87	189°	- 35°	140.20	0.47	1.20	1687.6799- 1687.4104	Bx	
DDH12	618278.28	8264622.71	1762.87	189°	- 35°	140.20	0.55	2.19	1687.4104- 1687.095	Bx	
DDH12	618278.28	8264622.71	1762.87	189°	- 35°	140.20	0.20	0.34	1687.095- 1686.9803	Bx	



DDH12	618278.28	8264622.71	1762.87	189°	- 35°	140.20	0.20	1.13	1686.9803- 1686.8656	Bx
DDH13	618279.23	8264628.49	1762.77	10°	- 35°	284.35	0.04	1.75	1644.2162- 1644.1821	Venilla de Qz (VETA PRINCIPAL)
DDH13	618279.23	8264628.49	1762.77	10°	- 35°	284.35	0.25	2.81	1644.1821- 1643.9696	Bx (VETA PRINCIPAL)
DDH13	618279.23	8264628.49	1762.77	10°	- 35°	284.35	0.35	1.51	1643.7571- 1643.4596	And con Vlls (Venilla) (VETA PRINCIPAL)
DDH13	618279.23	8264628.49	1762.77	10°	- 35°	284.35	0.25	7.13	1643.4596- 1643.247	Veta (VETA PRINCIPAL)
DDH13	618279.23	8264628.49	1762.77	10°	- 35°	284.35	0.16	7.61	1642.907- 1642.771	Brecha (Veta) (VETA PRINCIPAL)
DDH13	618279.23	8264628.49	1762.77	10°	- 35°	284.35	0.17	10.28	1637.1262- 1636.9817	Brecha (Veta)
DDH13	618279.23	8264628.49	1762.77	10°	- 35°	284.35	0.05	0.82	1633.3007- 1633.2582	Falla
DDH13	618279.23	8264628.49	1762.77	10°	- 35°	284.35	1.24	3.70	1633.2582-	Veta
DDH13	618279.23	8264628.49	1762.77	10°	- 35°	284.35	0.18	3.91	1631.6175- 1631.4645	Bx
DDH13	618279.23	8264628.49	1762.77	10°	- 35°	284.35	0.34	3.12	1630.7504- 1630.4613	Bx
DDH13	618279.23	8264628.49	1762.77	10°	- 35°	284.35	0.16	2.47	1630.4613- 1630.3253	Bx
DDH13	618279.23	8264628.49	1762.77	10°	- 35°	284.35	0.70	8.02	1619.9539- 1618.5937	Veta
DDH14	618280.83	8264627.60	1762.61	69°	- 63°	196.50	0.30	0.10	1693.6275- 1693.3599	Bx (OTRA VETA PRINCIPAL)



DDH14	618280.83	8264627.60	1762.61	69°	- 63°	196.50	0.64	0.34	1693.3599- 1692.7889	Bx (OTRA VETA PRINCIPAL)
DDH14	618280.83	8264627.60	1762.61	69°	- 63°	196.50	0.58	1.78	1692.7889- 1692.441	Bx (OTRA VETA PRINCIPAL)
DDH14	618280.83	8264627.60	1762.61	69°	- 63°	196.50	0.20	0.07	1673.3674- 1672.8678	Falla (VETA PRINCIPAL)
DDH14	618280.83	8264627.60	1762.61	69°	- 63°	196.50	0.30	0.34	1672.8678- 1672.6002	Alteración (VETA PRINCIPAL)
DDH15	618277.13	8264628.15	1762.73	321°	- 60°	199.00	0.67	3.74	1675.3292- 1674.755	Alteración (VETA PRINCIPAL)
DDH15	618277.13	8264628.15	1762.73	321°	- 60°	199.00	0.43	1.51	1674.755- 1674.3865	Falla (VETA PRINCIPAL)
DDH15	618277.13	8264628.15	1762.73	321°	- 60°	199.00	0.85	0.03	1674.3865- 1673.6581	Falla (VETA PRINCIPAL)
DDH15	618277.13	8264628.15	1762.73	321°	- 60°	199.00	0.15	0.41	1673.6581- 1673.5296	Falla (VETA PRINCIPAL)
DDH15	618277.13	8264628.15	1762.73	321°	- 60°	199.00	0.13	1.13	1668.2594- 1668.148	Vetilla (Bx)
DDH15	618277.13	8264628.15	1762.73	321°	- 60°	199.00	0.11	2.43	1660.804- 1660.7097	Vetilla (Bx)
DDH16	618275.95	8264626.05	1764.89	267°	- 53°	178.10	0.18	0.21	1764.8943- 1764.8943	Veta

## 5.2. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS, MINERALÓGICAS, ESTRUCTURALES E INCLUSIONES FLUIDAS

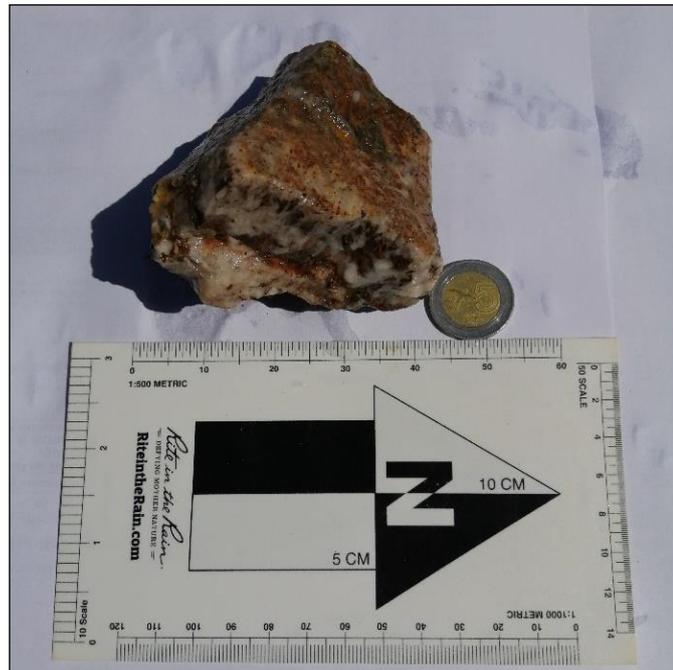
### 5.2.1 Resultados de descripción macroscopía de las estructuras.



**Tabla 12. Descripción mineralógica de M1 veta Milagrosa.**

Información proporcionada por	CONTROL DE MINERAL	
N° MUESTRA	M1-VETA MILAGROSA	
MINA	VIUDA	
VETA	MILAGROSA	
NIVEL	2100	
LABOR	GL 165-NW	
SECTOR	Galería	
UBICACIÓN	N	8264052.14
	E	617991.795
	COTA	2055.402
CÓDIGO DE MUESTRA	M1-VETA MILAGROSA	
POTENCIA DE VETA (m)	0.45	
LEY SD (Au/TM)	12.87	
ANALIZADO POR	CONTROL DE MINERAL	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA	Cuarzo	65%
	Plagioclasa Na	8%
	OxFe	15%
	Ocre	3%
	Otros	9%
DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA	Veta de cuarzo blanco hialino y cuarzo grisáceo, OxFe, ocre y puntos de pirita en zonas puntuales.	
TEXTURA	bandeda	
ESTRUCTURA	Veta de cuarzo	
	Alta	

TENACIDAD	Media	
	Baja	x
ROCA CAJA	Granodiorita	
TIPO DE CONTACTO	definido	
GRADO DE FRACTURAMIENTO	Alta	
	Media	
	Baja	x
ALTERACION	Clorítica + y propilitica ++	
PRESENCIA DE PANIZO %	0%	
OBSERVACIONES	Muestra de veta	



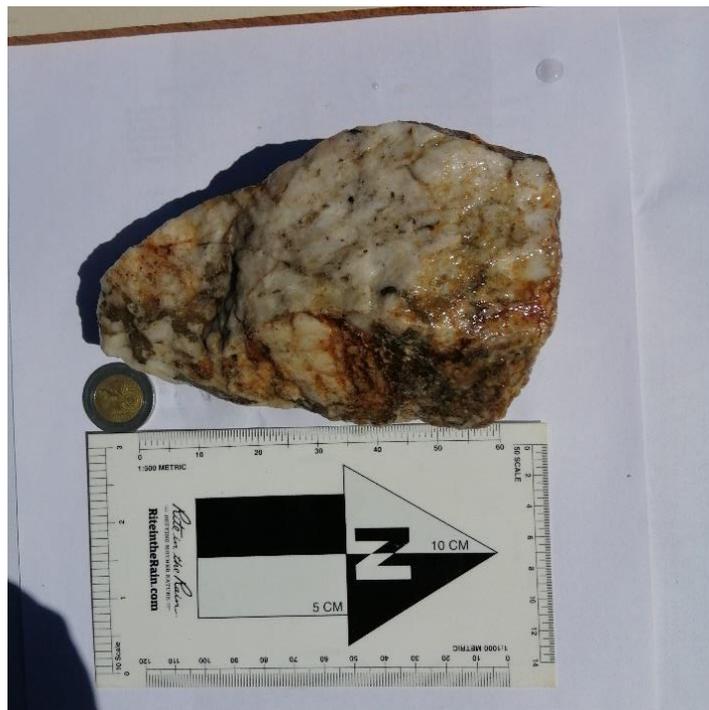
**Figura 25. Veta de Cuarzo hialino y cuarzo grisáceo de textura bandeada.**



**Tabla 13. Descripción mineralógica de M2 veta Milagrosa.**

Información proporcionada por	CONTROL DE MINERAL	
Nº MUESTRA	M2-VETA MILAGROSA	
MINA	CORTADA PRINCIPAL	
VETA	MILAGROSA	
NIVEL	1920	
LABOR	GL 655-NW	
SECTOR	Galería	
UBICACIÓN	N	8264175.651
	E	618364.844
	COTA	1917.865
CÓDIGO DE MUESTRA	M2-VETA MILAGROSA	
POTENCIA DE VETA (m)	0.60	
LEY SD (Au/TM)	18.97	
ANALIZADO POR	CONTROL DE MINERAL	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA	Cuarzo	70%
	Plagioclasa Na	5%
	OxFe	10%
	Pirolusita	2%
	Otros	13%
DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA	Veta de cuarzo blanco, OxFe como relleno en fracturas y patinas, puntos de pirita y pirolusita.	
TEXTURA	masiva	
ESTRUCTURA	Veta de cuarzo	
	Alta	

TENACIDAD	Media	
	Baja	x
ROCA CAJA	Granodiorita	
TIPO DE CONTACTO	definido	
GRADO DE FRACTURAMIENTO	Alta	
	Media	
	Baja	x
ALTERACION	Oxidos +	
PRESENCIA DE PANIZO %	0%	
OBSERVACIONES	Muestra de veta	



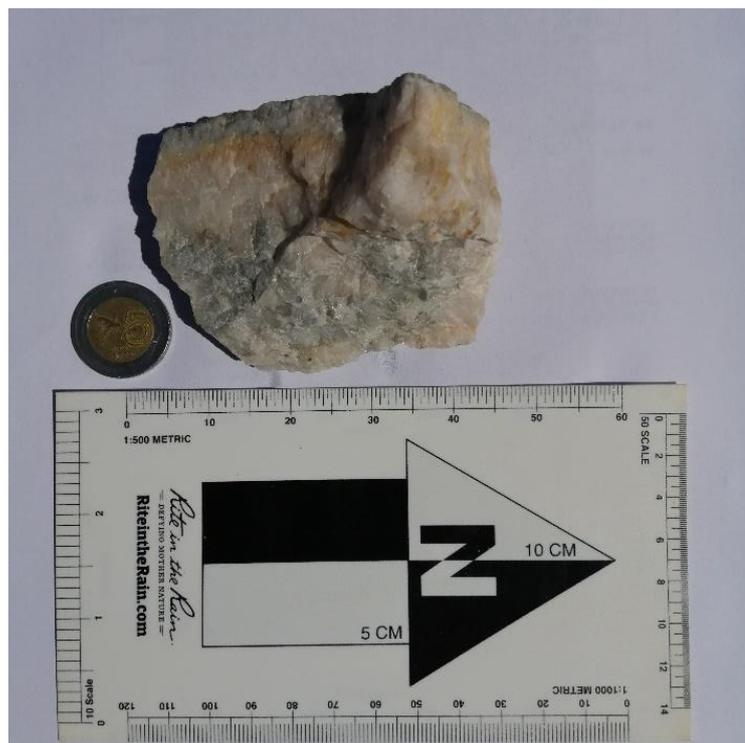
**Figura 26. Veta de Cuarzo blanco a rojizo de textura masiva**



**Tabla 14. Descripción mineralógica de M3 veta Milagrosa.**

Información proporcionada por	CONTROL DE MINERAL	
N° MUESTRA	M3-VETA MILAGROSA	
MINA	VICTORIA	
VETA	MILAGROSA	
NIVEL	1860	
LABOR	GL 355-NW	
SECTOR	Galería	
UBICACIÓN	N	8264389.686
	E	618238.03
	COTA	1860.197
CÓDIGO DE MUESTRA	M3-VETA MILAGROSA	
POTENCIA DE VETA (m)	0.40	
LEY SD (Au/TM)	27.92	
ANALIZADO POR	CONTROL DE MINERAL	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA	Cuarzo	80%
	Plagioclasa Na	2%
	OxFe	1%
	Pirita	5%
	Otros	12%
DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA	Veta de cuarzo blanco rosáceo, OxFe como relleno en fracturas, parches y puntos de pirita.	
TEXTURA	bandeada	
ESTRUCTURA	Veta de cuarzo	
	Alta	

TENACIDAD	Media	
	Baja	x
ROCA CAJA	Granodiorita	
TIPO DE CONTACTO	definido	
GRADO DE FRACTURAMIENTO	Alta	
	Media	
	Baja	x
ALTERACION	Clorítica + y propilítica +	
PRESENCIA DE PANIZO %	0%	
OBSERVACIONES	Muestra de veta	

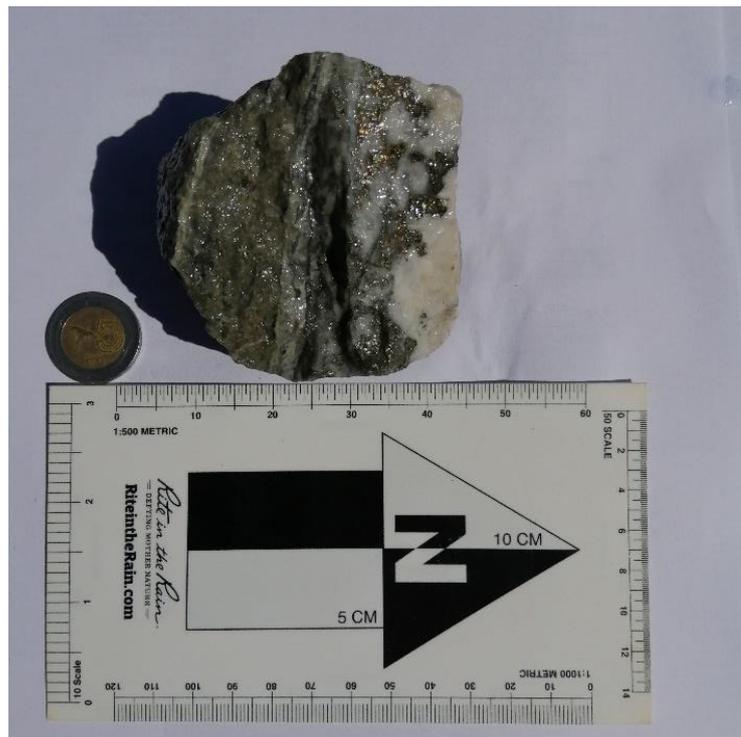


**Figura 27. Veta de Cuarzo rosáceo de textura bandeada**

**Tabla 15. Descripción mineralógica de M4 veta Milagrosa.**

Información proporcionada por	CONTROL DE MINERAL	
Nº MUESTRA	M4-VETA MILAGROSA	
MINA	ESPERANZA SUR	
VETA	MILAGROSA	
NIVEL	1670	
LABOR	GL 610-NW	
SECTOR	Galería	
UBICACIÓN	N	8264589.979
	E	618406.385
	COTA	1670.646
CÓDIGO DE MUESTRA	M4-VETA MILAGROSA	
POTENCIA DE VETA (m)	0.48	
LEY SD (Au/TM)	78.92	
ANALIZADO POR	CONTROL DE MINERAL	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA	Cuarzo	65%
	Plagioclasa Na	5%
	Pirita	15%
	OxFe	2%
	Otros	13%
DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA	Veta de cuarzo blanco verdoso, pirita, pirrotita, OxFe, otros ferromagnesianos y carbonatos como relleno en fracturas.	
TEXTURA	bandeda	
ESTRUCTURA	Veta de cuarzo	
	Alta	

TENACIDAD	Media	
	Baja	x
ROCA CAJA	Granodiorita	
TIPO DE CONTACTO	definido	
GRADO DE FRACTURAMIENTO	Alta	
	Media	
	Baja	x
ALTERACION	Clorítica ++	
PRESENCIA DE PANIZO %	0%	
OBSERVACIONES	Muestra de veta	



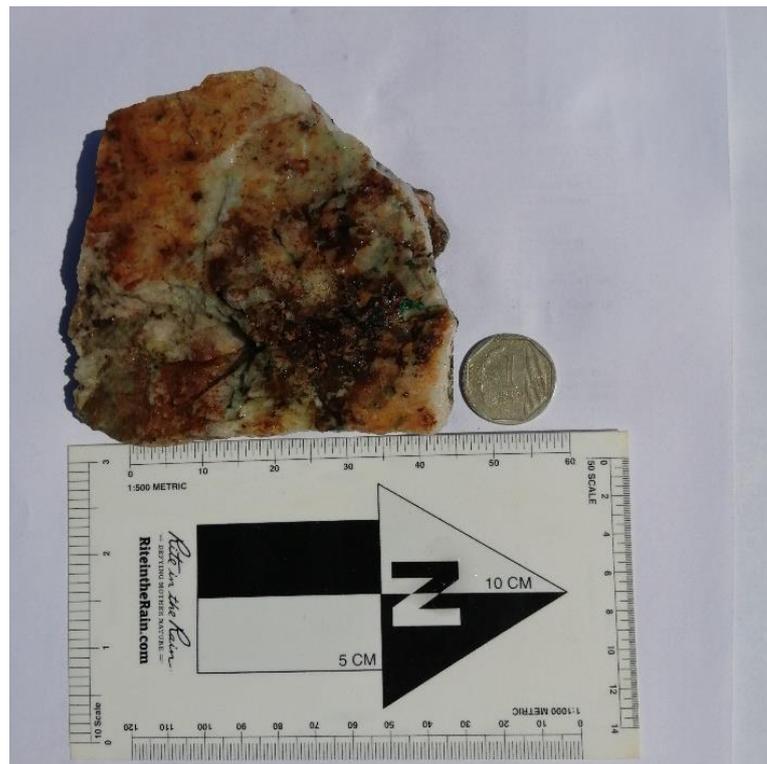
**Figura 28. Veta de Cuarzo blanco verdoso de textura bandeada**



**Tabla 16. Descripción mineralógica de M5 veta Morococha.**

Información proporcionada por	CONTROL DE MINERAL	
Nº MUESTRA	M1-VETA MOROCOCHA	
MINA	MOROCOCHA	
VETA	VETA MOROCOCHA	
NIVEL	1800	
LABOR	GL 963-NW	
SECTOR	Galería	
UBICACIÓN	N	8264975.158
	E	619087.543
	COTA	1799.872
CÓDIGO DE MUESTRA	M1-VETA MILAGROSA	
POTENCIA DE VETA (m)	0.78	
LEY SD (Au/TM)	15.79	
ANALIZADO POR	CONTROL DE MINERAL	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA	Cuarzo	80%
	Plagioclasa Na	2%
	OxFe	8%
	Ocre	2%
	Otros	8%
DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA	Veta de cuarzo blanco hialino, OxFe, con posibles granates de color marrón a pardo, crisocola y trazas de pirita.	
TEXTURA	bandeada	
ESTRUCTURA	Veta de cuarzo	
	Alta	

TENACIDAD	Media	
	Baja	x
ROCA CAJA	Granodiorita	
TIPO DE CONTACTO	definido	
GRADO DE FRACTURAMIENTO	Alta	
	Media	
	Baja	x
ALTERACION	Oxidación +++	
PRESENCIA DE PANIZO %	0%	
OBSERVACIONES	Muestra de veta	



**Figura 29. Veta de Cuarzo blanco hialino de textura bandeada.**



## 5.2.2. Resultados de los estudios por microscopía óptica.

Del estudio de las cuatro briquetas y láminas delgadas, corresponde a muestras de relleno hidrotermal, que fueron brechadas, con textura fragmental. Presenta fragmentos de cristales de cuarzo I (50% en promedio), cortados por agregados de cuarzo II (20% en promedio) y carbonatos (20% en promedio). La mineralización (10% en promedio) está referida en dos eventos, la primera asociada al cuarzo I, la cual genero pirita de grano grueso, luego ocurre un proceso causado por procesos orógenos que genero el fracturamiento, en cual ingreso el cuarzo II y carbonatos Asociados a minerales de arsenopirita, calcopirita y electrum. Finalmente se evidencia en la zona de la Viuda, la oxidación del sistema posiblemente originados por el ingreso de las aguas meteóricas.

### 5.2.2.1. Muestra: Zona Viuda.

Nivel: 2100 – Gal: 165 NW

**Tabla 17. Ubicación en coordenadas UTM WGS84 de la zona Viuda**

<b>UBICACIÓN</b>	N	8264052.14
	E	617991.795
	COTA	2055.402

5.2.2.1.1. Estudio mineragráfico.

**Tabla 18. Estudio mineragráfico de la muestra Zona la Viuda Gal: 165 NW**

<b>MINERALOGÍA</b>			
MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	μm
Rutilo	Microcristales con formas irregulares que se encuentran dispersos entre los intersticios de las gangas.	Traza	≤ 24
Pirita I	Ocurren a modo de moldes de cristales con hábitos cúbicos a formas anhedrales y microfracturados. Se encuentran diseminados y reemplazados por hematita y goethita. Algunos presentan inclusiones de electrum gangas, han sido reemplazados por marcasita desde centros y bordes.	-	≤ 1800
Hematita	Agregado de microcristales con formas anhedrales que se encuentran reemplazando los moldes de pirita I. Se encuentran asociados a goethita	6	≤ 1600
Goethita	Agregados de cristales con formas irregulares que ocurren como reemplazamiento de moldes de pirita I. Se encuentran asociados hematita.	3	≤ 1200
Pirita II	Microristales con formas subhedrales de habito prismático. Ocurren diseminados de cristales de gangas.	1	≤ 200
Electrum	Microcristales de formas anhedrales, ocurren como inclusiones en moldes de pirita I, y diseminados junto a pirita II, rellenando intersticios de gangas.	Traza	≤ 120
Calcopirita	Microcristales de formas anhedrales, se encuentra diseminado en la muestra, y están reemplazados por goethita.	Traza	≤ 100

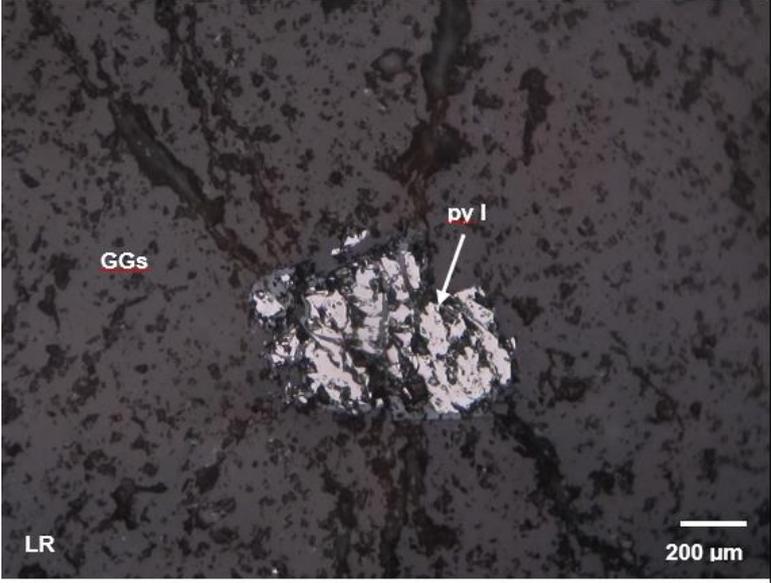
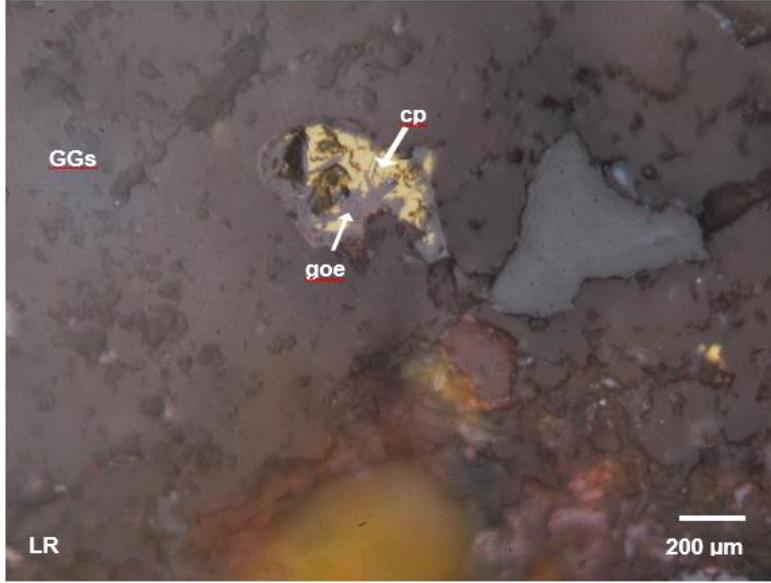


Gangas	Se presentan agregados de cristales de dos granulometrías, los primeros de formas subangulosos y microfracturados, se muestra a modo de clastos, con textura brechoide, dispuestos sobre microcristales, a modo de matriz, en esta última se muestra el electrum y la pirita II.	90	$\leq 100$
<b>TEXTURA</b>	De relleno, diseminada y de reemplazamiento.		
<b>SECUENCIA PARAGENÉTICA</b>			
1° Rutilo			
2° Pirita I			
3° Calcopirita			
4° Electrum			
5° Hematita			
6° Goethita			
7° Pirita II			

**Tabla 19. Fotomicrografías de las muestras zona la viuda N°01**

<b>FOTOMICROGRAFÍAS</b>	
<p>GGs</p> <p>Molde: py</p> <p>el</p> <p>LR</p> <p>200 <math>\mu</math>m</p>	<p>Moldes de cristales de pirita I (py I), que presenta inclusiones de electrum (el)</p>
<p>GGs</p> <p>hm</p> <p>goe</p> <p>LR</p> <p>400 <math>\mu</math>m</p>	<p>Moldes de cristales de pirita I (Molde: py I), reemplazados por hematita (hm) y goethita (goe)</p>

**Tabla 20. Fotomicrografías de las muestras zona la viuda N°02**

<b>FOTOMICROGRAFÍAS</b>	
	<p>Cristal de pirita I (py I) que se muestra microfracturado, diseminado en gangas (GGs).</p>
	<p>Cristales de calcopirita (cp), se muestra diseminado en gangas (GGs). Se encuentra reemplazado por goethita (goe).</p>

5.2.2.2. Muestra Zona Cortada Principal.

Nivel: 1920 – Gal: 655 NW.

**Tabla 21. Ubicación en coordenadas UTM WGS84 de la zona Cortada principal**

<b>UBICACIÓN</b>	N	8264175.651
	E	618364.844
	COTA	1917.865

5.2.2.2.1 Estudio petrográfico.

**Tabla 22. Estudio petrográfico de muestra de la zona Cortada principal Gal:655**

<b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>	
<b>CODIGO MUESTRA</b>	Nivel: 1920 – Gal: 655 NW
<b>CLASIFICACIÓN DE LA ROCA</b>	MUESTRA DE RELLENO HIDROTERMAL
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>	
<p>Muestra de relleno hidrotermal, de color gris pardusca, se encuentra constituida por cristales de cuarzo los cuales se muestran cortados por carbonatos y presenta óxidos de hierro a modo de parches.</p>	

**Tabla 23. Descripción microscópica de muestra de la zona Cortada principal**

<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>	
	<p>Muestra de relleno hidrotermal, presenta fracturamiento, dándole un aspecto brechoide, donde el cuarzo I producto del relleno hidrotermal de granulometría gruesa, se encuentra cortado por cuarzo II, material fino, junto a los carbonatos, estos últimos a modo de matriz. La mineralización ocurre en dos etapas, la primera ligada al primer evento de relleno, cuarzo I, y la segunda relacionada los carbonatos y cuarzo II.</p>

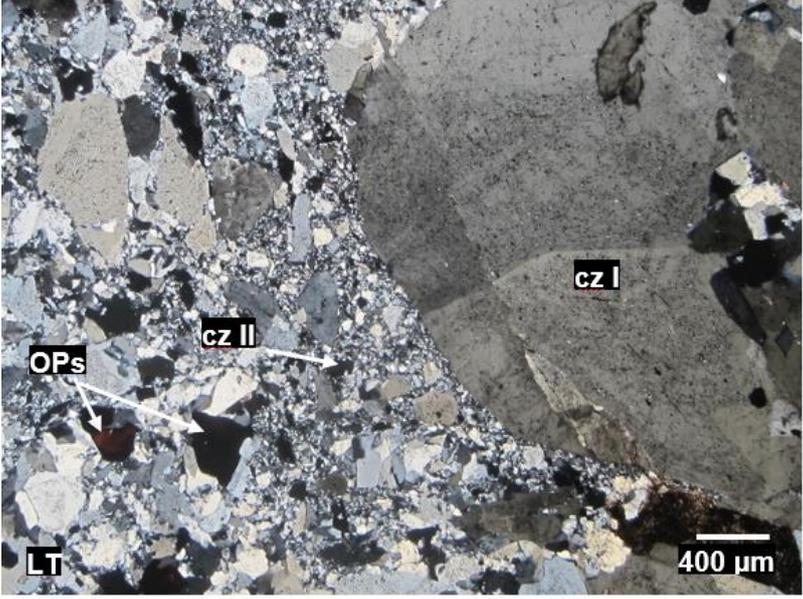
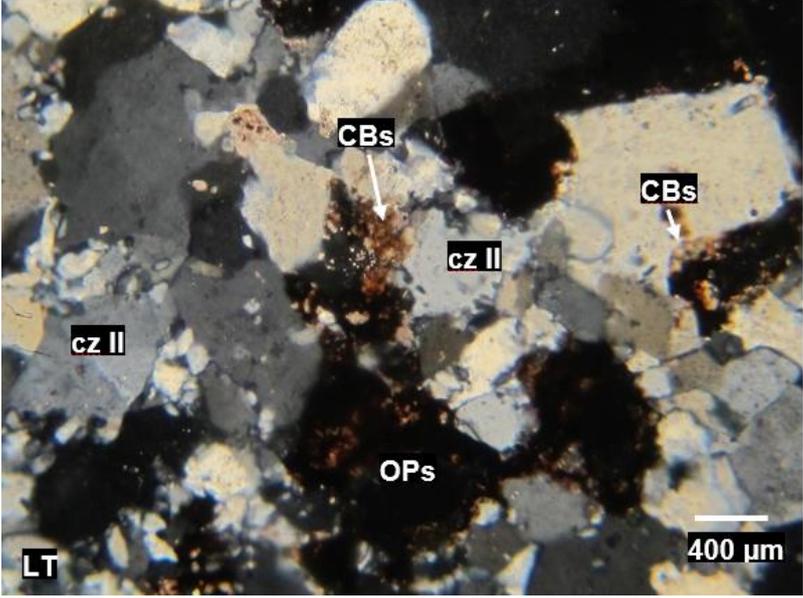
**Tabla 24. Estudio minerográfico de la muestra Zona la Viuda Gal: 655 NW**

<b>MINERALES PRIMARIOS</b>			
<b>MINERAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>%</b>	<b>µm</b>
Cuarzo I	Cristales de formas subhedrales, se muestran como relleno hidrotermal, que fueron fracturados dejando una textura fragmental, brechoide, se muestran cortados por microcristales cuarzo II, a modo de matriz.	68	≤ 3800
Opacos I	Cristales de formas subhedrales, se presentan diseminados en la muestra, asociados a cuarzo I, y se encuentra cortada por cuarzo II.	1	≤ 1000
Cuarzo II	Agregados de microcristales, se muestra como relleno de intersticios de cuarzo I, a modo de matriz, se encuentra asociado a minerales opacos II y carbonatos.	15	≤ 200
Carbonatos	Agregados de cristales de formas irregulares, se presentan como relleno de la matriz, asociado a cuarzo II y minerales opacos II.	5	≤ 1200
Opacos II	Microcristales de formas subhedrales y anhedrales, se encuentran diseminados en la matriz, asociado cuarzo II y carbonatos.	1	≤ 600
TEXTURA	De relleno y fragmental.		
<b>ALTERACIONES</b>			
Tipo	Intensidad	Ensamble de minerales	
Carbonatación	Débil	Carbonatos.	
Silicificación	Débil	Cuarzo II.	

**Tabla 25. Fotomicrografías de las muestras zona Cortada principal N°01**

<b>FOTOMICROGRAFÍAS</b>	
	<p>Muestra de relleno hidrotermal, con aspecto brechoide, compuesta principalmente por cuarzo I (cz I), el cual se encuentra cortada por carbonatos (CBs) y cuarzo II (cz II). Asimismo, se observa minerales opacos (OPs) diseminado.</p>
	<p>Muestra de relleno hidrotermal constituida principalmente por cuarzo I (cz I); Posteriormente, han sido invadidos por cuarzo II (cz II), junto a minerales opacos (OPs).</p>

**Tabla 26. Fotomicrografías de las muestras zona la Cortada principal N°02**

<b>FOTOMICROGRAFÍAS</b>	
	<p>Muestra de relleno hidrotermal constituida principalmente por cuarzo I (cz I); Posteriormente, han sido tapizados por cuarzo II (cz II), junto a minerales opacos (OPs).</p>
	<p>Agregados de carbonatos (CBs) y cuarzo II (cz II), intercrecidos con minerales opacos (OPs). Detalle de la matriz de muestra</p>

5.2.2.3. Muestra: Zona Victoria.

Nivel: 1860 – Gal: 355 NW.

**Tabla 27. Ubicación en coordenadas UTM WGS84 de la zona Victoria**

<b>UBICACIÓN</b>	N	8264389.686
	E	618238.03
	COTA	1860.197

5.2.2.3.1. Estudio minerográfico.

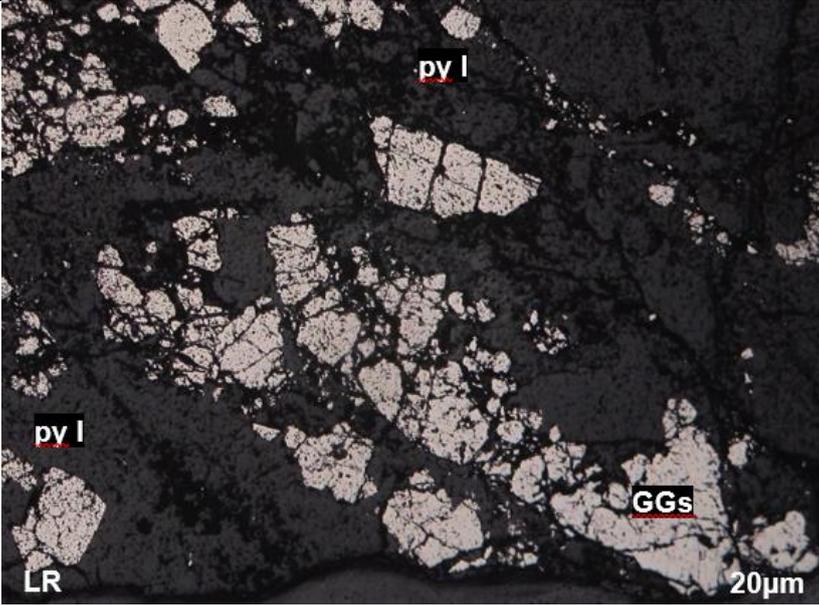
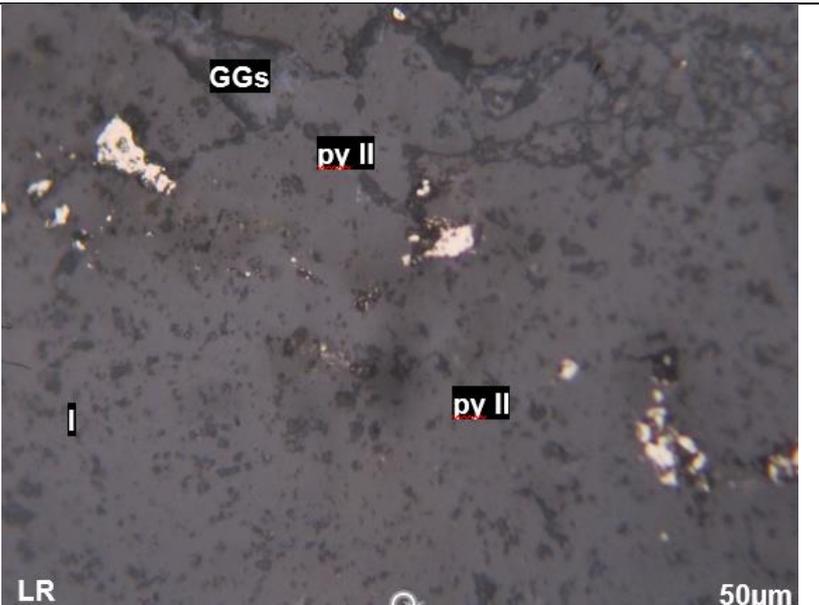
**Tabla 28. Estudio minerografico de la muestra Zona Victoria Gal 355 NW**

<b>MINERALOGÍA</b>			
MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	µm
Pirita I	Agregados de cristales que muestran formas subhedrales y habito cubico, se encuentran como relleno a modo de playas, se muestran reemplazados por calcopirita a través de microfracturas.	15	≤ 3200
Calcopirita	Agregados de cristales anhedrales, se muestra como relleno de vetillas junto a pirita II, asimismo ocurren como relleno de microfracturas de pirita I.	Traza	≤ 100
Pirita II	Microcristales de formas subhedrales con habito cubico y anhedrales, ocurren como relleno de vetillas asociado con la calcopirita.	1	≤ 210
Gangas	Agregado de cristales formando textura fragmental, mostrando dos granulometrías marcadas, típico de una brecha, los de mayor tamaño asociado a la pirita I y la de menor asociado a pirita II y calcopirita.	84	≤ 00
<b>TEXTURA</b>	De relleno, diseminada y de reemplazamiento.		
<b>SECUENCIA PARAGENÉTICA</b>			
1° Pirita I			
2° Calcopirita			
3° Pirita II			

**Tabla 29. Fotomicrografías de las muestras zona Victoria N°01**

<b>FOTOMICROGRAFÍAS</b>	
	<p>Cristales de pirita II (py II) y calcopirita (cp). Se encuentran diseminado y rellenando microfracturas de minerales de gangas (GGs).</p>
	<p>Cristales de pirita I (py I) microfracturados, algunas de dichas microfracturas se encuentran rellenas por cristales anhedrales de calcopirita (cp).</p>

**Tabla 30. Fotomicrografías de las muestras zona Victoria N°02**

<b>FOTOMICROGRAFÍAS</b>	
	<p>Cristales de pirita I (py I) que han ingresado por los intersticios entre las gangas (GGs). Presenta n pequeños cristales e pirrotita (po) y galena (gn) en sus oquedades.</p>
	<p>Cristales de pirita II (py II). Presentes en intersticios de gangas (GGs).</p>

5.2.2.4. Muestra: Zona Esperanza Sur.

Nivel: 1760 – Gal: 520 NW.

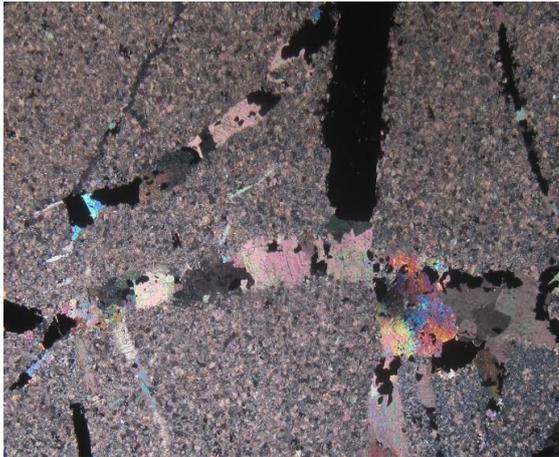
**Tabla 31. Ubicación en coordenadas UTM WGS84 de la zona Esperanza sur**

<b>UBICACIÓN</b>	N	8264589.979
	E	618406.385
	COTA	1670.646

5.2.2.4.1. Estudio minerográfico.

**Tabla 32. Estudio petrográfico de muestra de la zona Esperanza sur**

<b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>	
<b>CODIGO MUESTRA</b>	Nivel: 1760 – Gal: 520 NW
<b>CLASIFICACIÓN DE LA ROCA</b>	CALIZA RECRISTALIZADA
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>	
<p>Roca sedimentaria de textura microesparítica, compacta y de color gris oscuro. Compuesta por agregados microesparíticos de carbonatos invadidos por sericita. Se observan venillas rellenas por carbonatos y cuarzo posteriores, asociados con sulfuros como esfalerita y galena.</p>	
<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>	



Roca sedimentaria con una textura microesparítica. Se aprecian escasos granos de cuarzo I diseminados. Principalmente, se observan agregados micríticos de carbonatos I que han sido invadidos por agregados microescamosos de sericita. Esta invasión produce un calentamiento que ha originado una recristalización de los agregados micríticos pasando a agregados microesparíticos a esparíticos. La muestra ha sido cortada por venas rellenas por agregados de cristales de carbonatos II asociados con esfalerita, minerales opacos (algunos de ellos con hábitos prismáticos muy alargados) y por sectores con agregados de cristales de cuarzo II. Además, pequeños minerales opacos han ingresado por los intersticios de los carbonatos I y sericita.

**Tabla 33. Estudio mineragrafico de la muestra Esperanza Sue Gal 520 NW**

<b>MINERALES PRIMARIOS</b>			
MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	μm
Cuarzo I	Cristales de formas subhedrales de habito cubico, se muestran microfracturados y con bordes subredondeados. Se encuentran flotantes, sobre una matriz constituida por cuarzo II, carbonatos y minerales opacos.	35	≤ 6500
Calcita	Cristales de formas subhedrales, se muestran diseminados, flotantes sobre una matriz conformada por cuarzo II, Carbonatos y minerales opacos II.	15	≤ 4500
Minerales opacos I	Cristales de formas subhedrales de habito cúbico y anhedrales. Se presenta por sectores, asociados a los carbonatos y cuarzo II.	35	≤ 6500
<b>MINERALES DE LA MATRIZ</b>			
MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	μm
Cuarzo II	Agregados de cristales con formas subhedrales, se presenta constituyendo la matriz junto con carbonatos y minerales opacos II	15	≤ 350
Carbonatos II	Agregados de cristales anhedrales con formas irregulares que se encuentran como constituyente de la matriz intercrecido con el cuarzo II y los minerales opacos II.	18	≤ 200

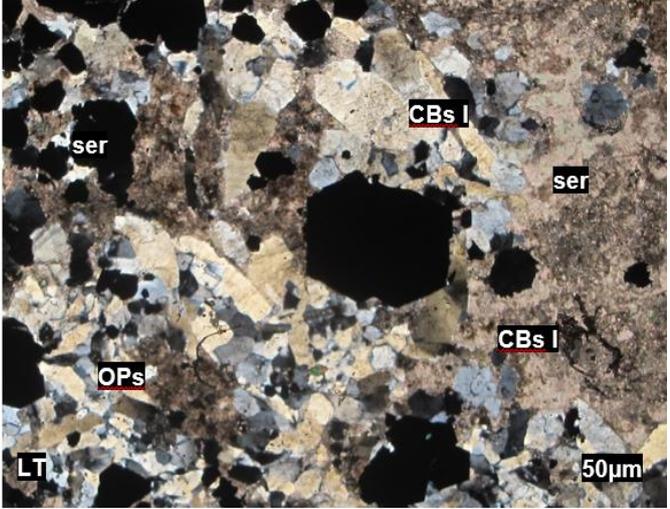
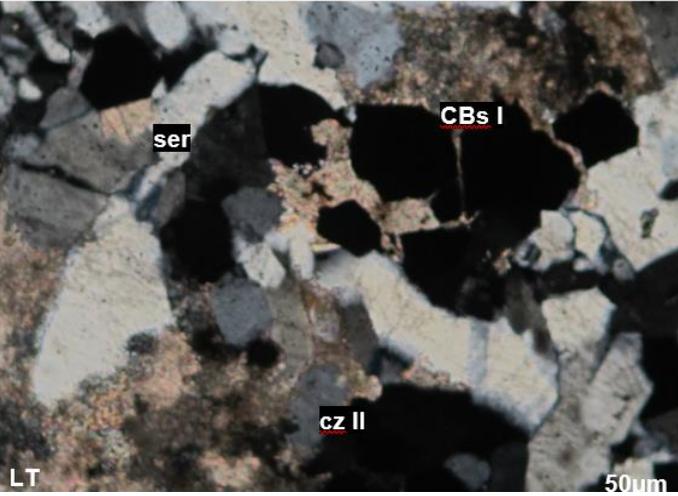


Minerales opacos II	Cristales con formas irregulares, algunos con hábitos prismáticos finos. Se encuentran como ingresado a través de los intersticios de los agregados de carbonatos y cuarzo II	2	$\leq$ 120
<b>TEXTURA</b>	Fragmental y reemplazamiento.		
<b>ALTERACIONES</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Ensamble de minerales</b>	
Carbonatación	Moderada	Carbonatos	
Solidificación	Moderada	Cuarzo II	

**Tabla 34. Fotomicrografías de las muestras zona Esperanza sur N°01**

<b>FOTOMICROGRAFÍAS</b>	
	<p>Agregados de carbonatos I que han sido invadidos por agregados microescamosos de sericita (CBsl-ser). Han sido cortados por venas rellenas por agregados de carbonatos II (CBs II) asociados con esfalerita (ef).</p>
	<p>Agregados de carbonatos I (CBs I) con granos de cuarzo I (cz I) intersticiales. Han sido invadidos débilmente a través de sus intersticios por agregados microescamosos de sericita (ser) y posteriormente por pequeños minerales opacos (OPs).</p>

**Tabla 35. Fotomicrografías de las muestras zona Esperanza sur N°02**

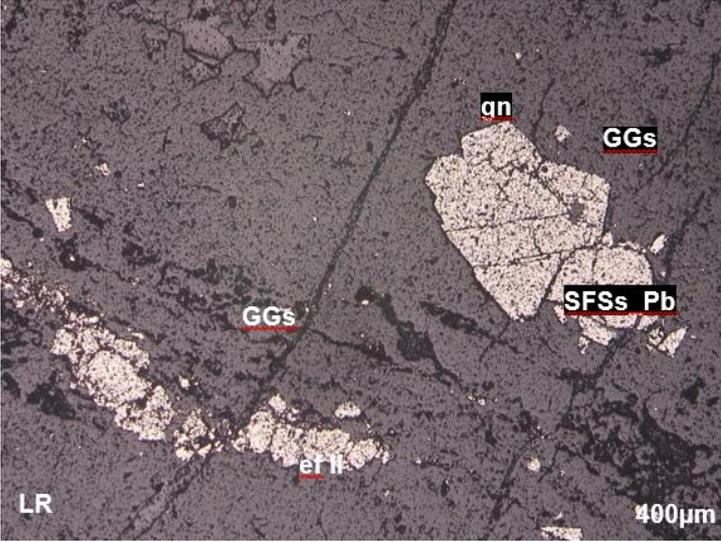
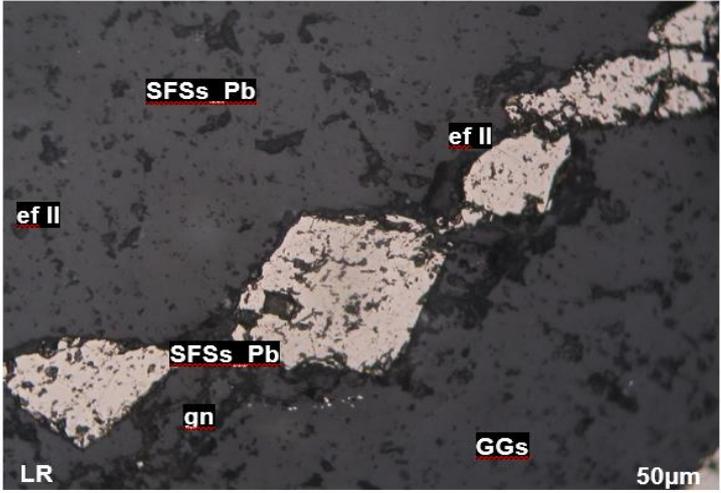
<b>FOTOMICROGRAFÍAS</b>	
	<p>Sectores de la muestra donde los agregados microescamosos de sericita (ser) han invadido moderadamente a los agregados de carbonatos I (CBs I). Posteriormente, han ingresado pequeños minerales opacos (OPs) a través de sus intersticios.</p>
	<p>Agregados de carbonatos I (CBs I) que han sido invadidos débilmente a través de sus intersticios por agregados microescamosos de sericita (ser). Han sido cortados por venas rellenas por agregados de cristales de cuarzo II (cz II).</p>



**Tabla 36. Estudio mineragráfico de muestra de la zona Esperanza sur Gal: 520 NW**

<b>MINERALOGÍA</b>			
<b>MINERAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>%</b>	<b>µm</b>
Pirita I	Agregado de cristales subhedrales, los cuales se encuentra como producto del relleno hidrotermal, se muestran microfracturados y englobados por carbonatos y cuarzo II. Asimismo, presentan oquedades rellenas por electrum.	15	≤ 6000
Arsenopirita	Cristales de formas subhedrales con habito rómbico, se presentan intercrecidos con carbonatos y cuarzo II, por sectores se muestra a modo de suturas.	1	≤ 190
Pirita II	Cristales de formas euhedrales y subhedrales, con habito cubico. Se encuentran intercrecidos con los carbonatos y el cuarzo II, por sectores asociado a cristales de arsenopirita.	2	≤ 90
Electrum	Cristales de formas anhedrales, se presenta como relleno de oquedades de la pirita I. Asimismo, a través de sus microfracturas	Traza	≤ 20
<b>TEXTURA</b>	De relleno, diseminada y de reemplazamiento.		
<b>SECUENCIA PARAGENÉTICA</b>			
1° Pirita I			
2° Arsenopirita			
3° Pirita II			
4° Electrum			

**Tabla 37. Fotomicrografías de las muestras zona Esperanza sur N°03**

<b>FOTOMICROGRAFÍAS</b>	
	<p>Venilla rellena por gangas (GGs) (carbonatos, vistos en la sección delgada) junto con agregados de cristales de esfalerita II (ef II), galena (gn) y sulfosales de plomo (SFSs_Pb). Han cortado a las gangas de la matriz</p>
	<p>Galena (gn) que ha reemplazado desde sus bordes a esfalerita II (ef II). Además, ha sido reemplazada a partir de sus bordes por sulfosales de plomo (SFSs_Pb). Ocurren como relleno de venillas junto con gangas (GGs).</p>

**Tabla 38. Fotomicrografías de las muestras zona Esperanza sur N°04**

<b>FOTOMICROGRAFÍAS</b>	
	<p>Venilla rellena por cristales de esfalerita II (ef II) que han sido reemplazadas desde sus bordes por galena (gn). Además, pequeños cristales de pirita I (py I) que han ingresado por los intersticios de las gangas (GGs).</p>
	<p>Venilla rellena por gangas (GGs) junto con cristales de esfalerita II (ef II) y galena (gn). Además, la esfalerita II ha sido reemplazada desde sus bordes por galena. Han cortado a las gangas de la matriz.</p>

### 5.2.3. Inclusiones fluidas veta milagrosa.

Se realizaron los estudios de inclusiones fluidas a 03 muestras.

En las muestras, primero se ha realizado el estudio petrominerográfico (asociación y relaciones texturales entre mena y ganga) por microscopía óptica sobre una lámina transparente doblemente pulida (LTDP). El objetivo ha sido el seleccionar las inclusiones fluidas de interés para el presente estudio, las cuales son fundamentalmente primarias (P). Luego se ha procedido a desmontar y reducirlo a fragmentos de 1 cm<sup>2</sup> aproximadamente.

Se realizó la microtermometría, mediante la platina de calentamiento y enfriamiento acoplada al microscopio petrográfico, con este equipo se obtuvo la temperatura de homogeneización (Th°C) y fusión del hielo, con este último se calculó la salinidad (% eq. peso NaCl). A continuación, se describe lo observado en las etapas anteriormente mencionadas.

En los estudios por microscopía, las inclusiones fluidas (IF) presentan las siguientes características:

- Se encuentran ubicadas en cristales de cuarzo I y II. Se observa inclusiones primarias (P) las cuales ocurren principalmente en los planos de crecimiento (FIF-), asimismo se presentan IF secundarias (S) que se reconocen por estar ubicadas en planos cortantes a los de crecimiento (FIF-2).
- Según la clasificación de Nash (1976) (ver Figura 1) se han caracterizado dos tipos de IF primarias: la primera conformada por IF bifásicas de tipo L y por ser ricas en líquidos se nombraron como Lw (moderada salinidad) agrupadas en FIF-1, IF secundarias Lw, las cuales fueron agrupadas en FIF-2.
- Las inclusiones primarias tipo Lw se han encontrado en cuarzo I y II (cz) y presentan grado de relleno (FILL o densidad) variables, en las IF de tipo Lw varía desde 0.80 hasta 0.90 (líquido-vapor).

- El tamaño general de las IF tanto bifásicas tipo Lw varía entre 7 y 18  $\mu\text{m}$  en el cuarzo.
- Presenta IF secundarias (formado por procesos posteriores a la cristalización del mineral) rellenando microfracturas en la muestra del tipo bifásicas líquidas (Lw), con tamaños inferiores a 10  $\mu\text{m}$ .

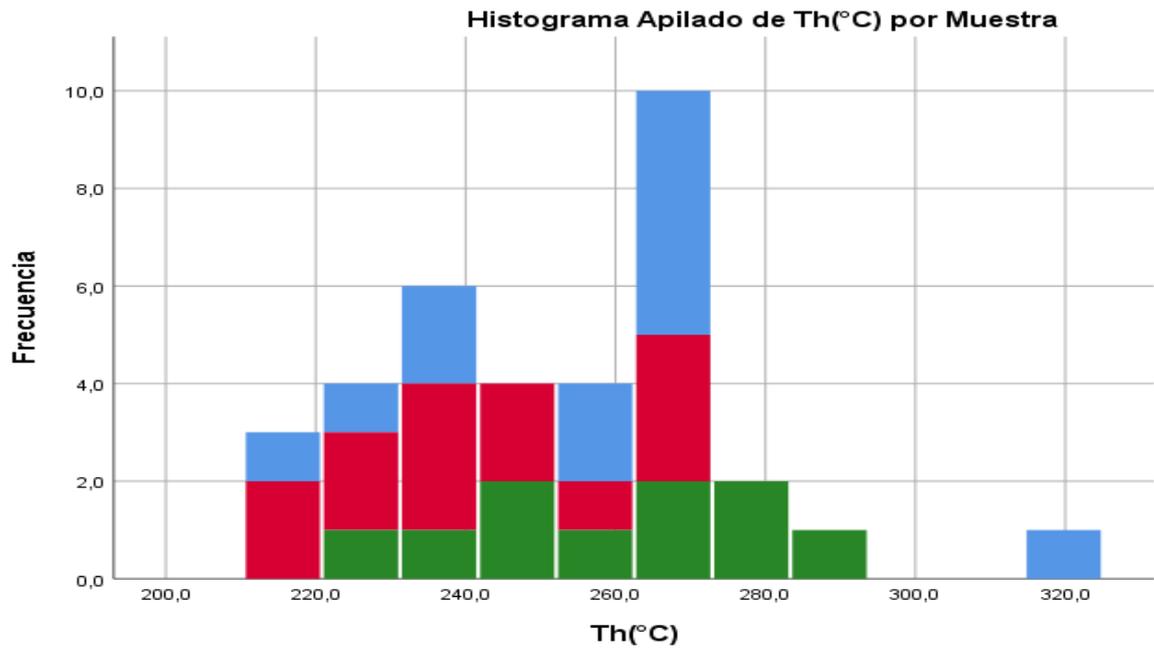
En los análisis microtermométricos (Cuadro 23), se obtuvieron los histogramas de las figuras 2 y 3, que presentan temperaturas de homogenización ( $\text{Th}^{\circ}\text{C}$ ) entre 240  $^{\circ}\text{C}$  y 270 $^{\circ}\text{C}$ , salinidades (S % eq. peso NaCl) que fluctúan entre 2% y 9% eq. peso de NaCl; para las IF tipo LW, Cabe mencionar que para calcular la salinidad se midió la temperatura de fusión del hielo (TF) y utilizo la fórmula de Potter (1977).

**Tabla 39 Resultados obtenidos en el estudio de inclusiones de fluidos**

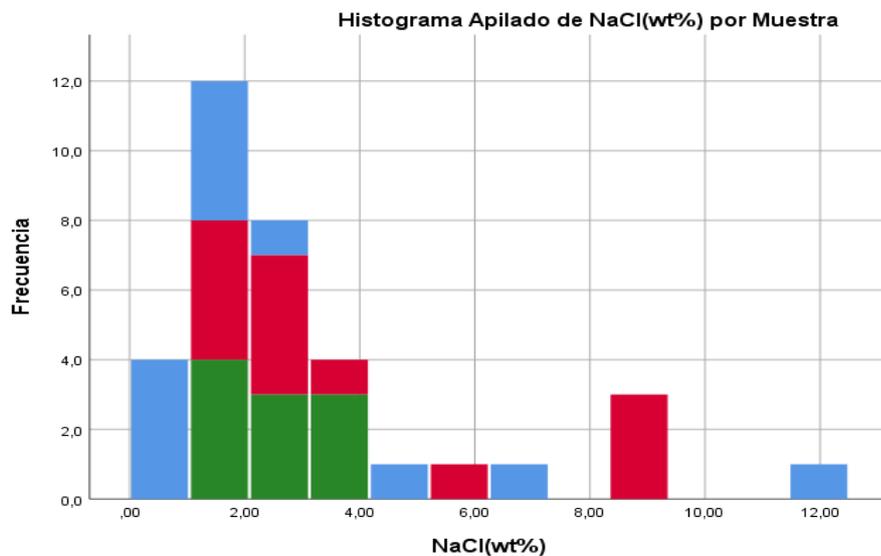
N°	Muestra	MIN	TIPO	NUM.MEDIC.	Th media ( $^{\circ}\text{C}$ )	NaCl(wt%) media
1	M1	cz	P-Lw	10	260.7	2.46
2	M2	cz	P-Lw	12	257.08	2.92
3	M3	cz	P-Lw	13	243.23	4.15

De la figura 31, se muestra el histograma acumulado de Th de la muestra, la cual presenta dos poblaciones un alrededor de 240 $^{\circ}\text{C}$  y la otra a 270 $^{\circ}\text{C}$  ubicándose únicamente en los cristales de cuarzo.

En la figura 32 se muestra el histograma acumulado de Salinidad de la muestra, el cual muestra tres familias marcadas de salinidades en el cuarzo, un alrededor de 2%, 6% y 9% eq. peso de NaCl.

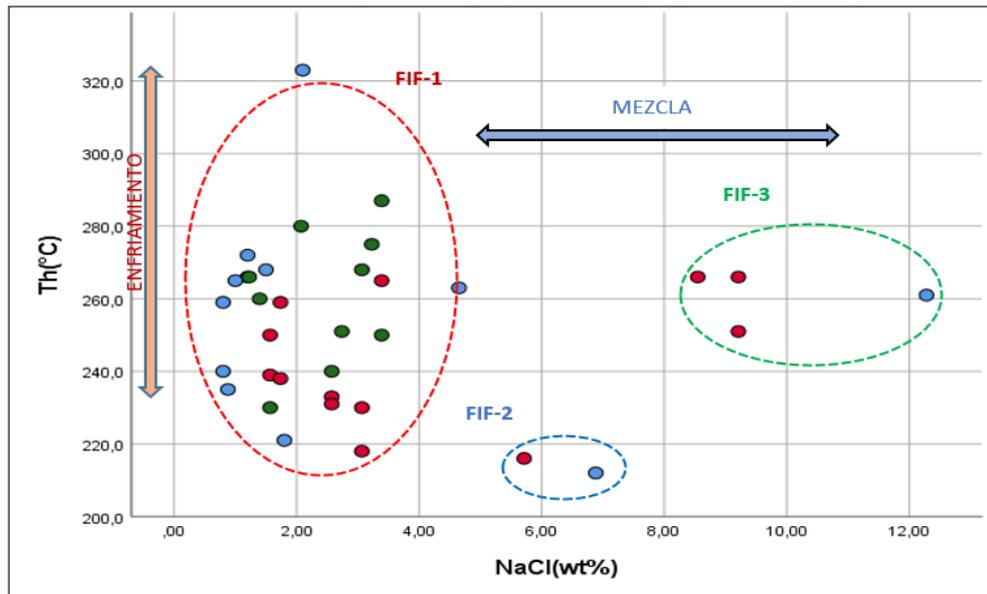


**Figura 30. Histograma acumulado de temperatura de homogenización (Th °C) vs frecuencia.**



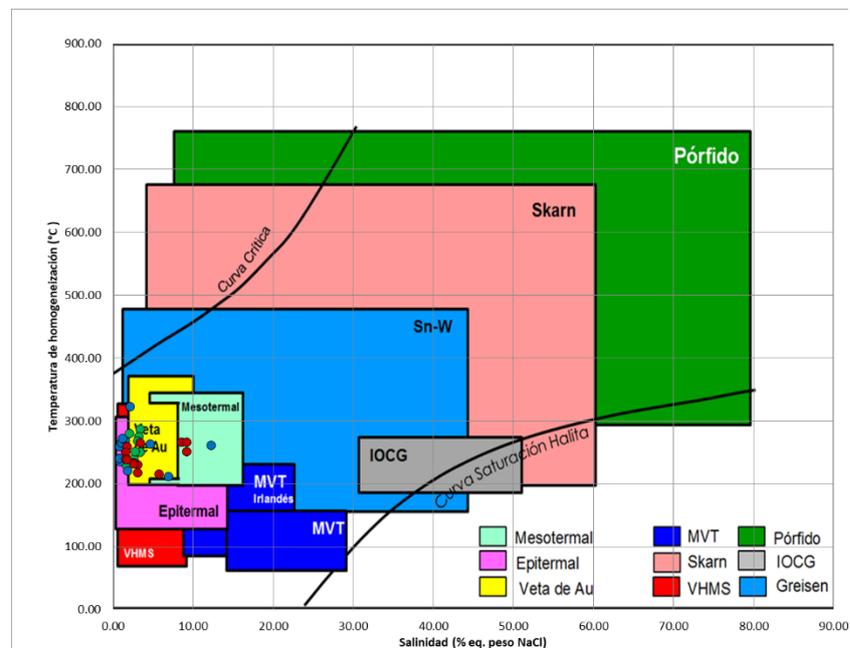
**Figura 31. Histograma acumulado de salinidad (% eq. peso NaCl) vs frecuencia.**

La figura 32 muestra la evolución temporal de la temperatura de homogeneización y salinidad de las familias de inclusiones (FIF). Se identificó tres familias de inclusiones de fluidas, la primera FIF-1 muestra un enfriamiento del sistema, la segunda FIF-2 muestra mezcla de fluidos y la tercera FIF-3 muestras mezcla de fluidos.



**Figura 32. Diagrama evolución temporal de la temperatura de homogeneización y salinidad.**

La figura 33 muestra la evolución temporal de la temperatura de homogeneización y salinidad de las familias de inclusiones (FIF). Las características de los fluidos de las muestras corresponden a los yacimientos tipos epitermales.



**Figura 33. Diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad – modificado de Wilkinson (2001) correspondiente a la muestra M1, M2 y M3.**



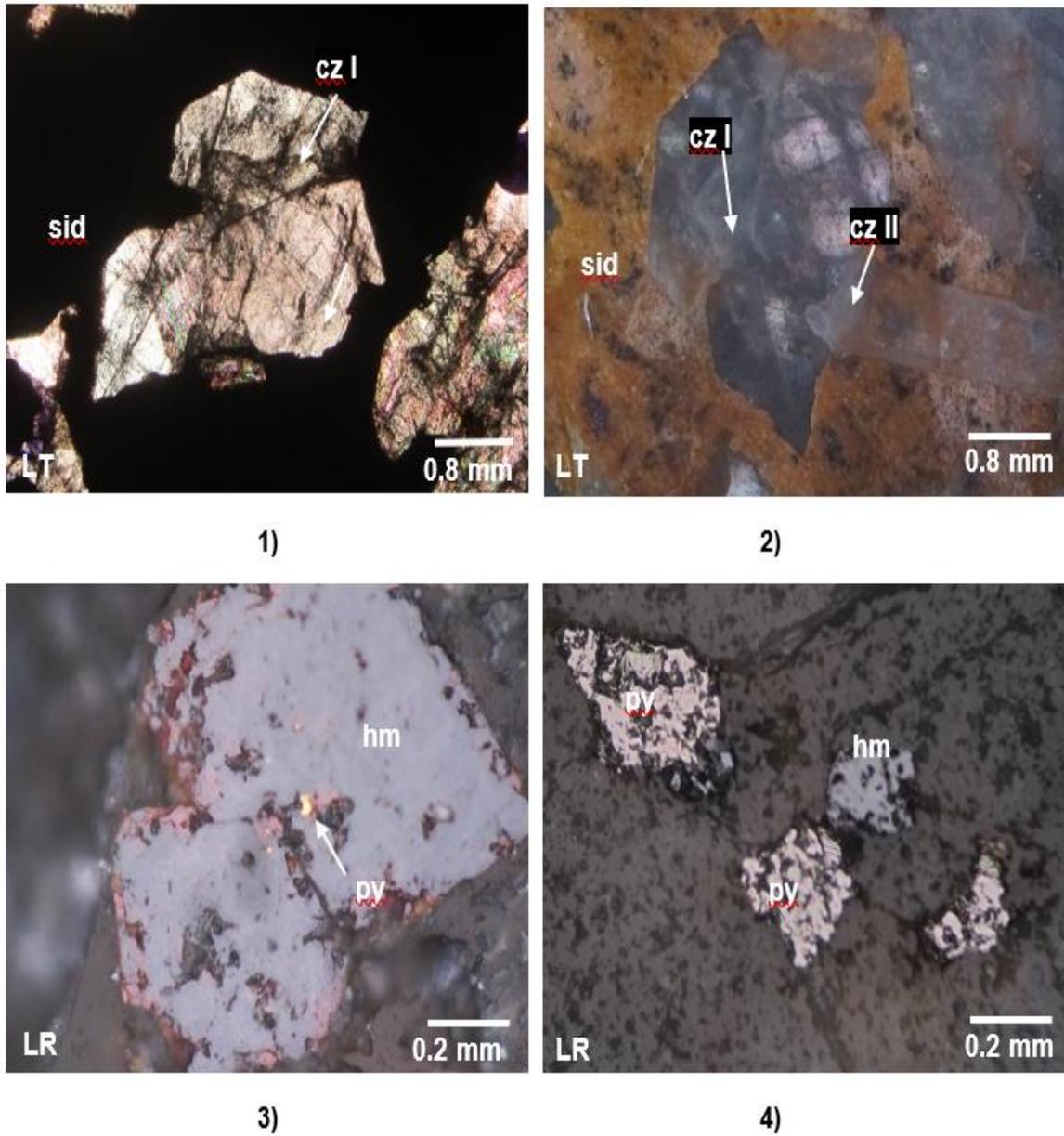
### Interpretación:

- Los fluidos presentan una baja gradación de la temperatura ascendente M1 a M3 (200 a 300°C), pero si se observa una mayor variación la salinidad la cual se incrementa hacia la profundidad M2 y M3.
- Las muestras M1 y M2 presentan zonas de ebullición marcadas por la coexistencia de IF ricas en líquido y gas, lo cual es un indicador para la mayor precipitación de minerales económicos como el Au y Ag.
- La muestra M1 presenta baja temperatura y salinidad, lo cual indica la influencia de fluidos meteóricos, lo cual incrementa la presencia de óxidos de hierro.

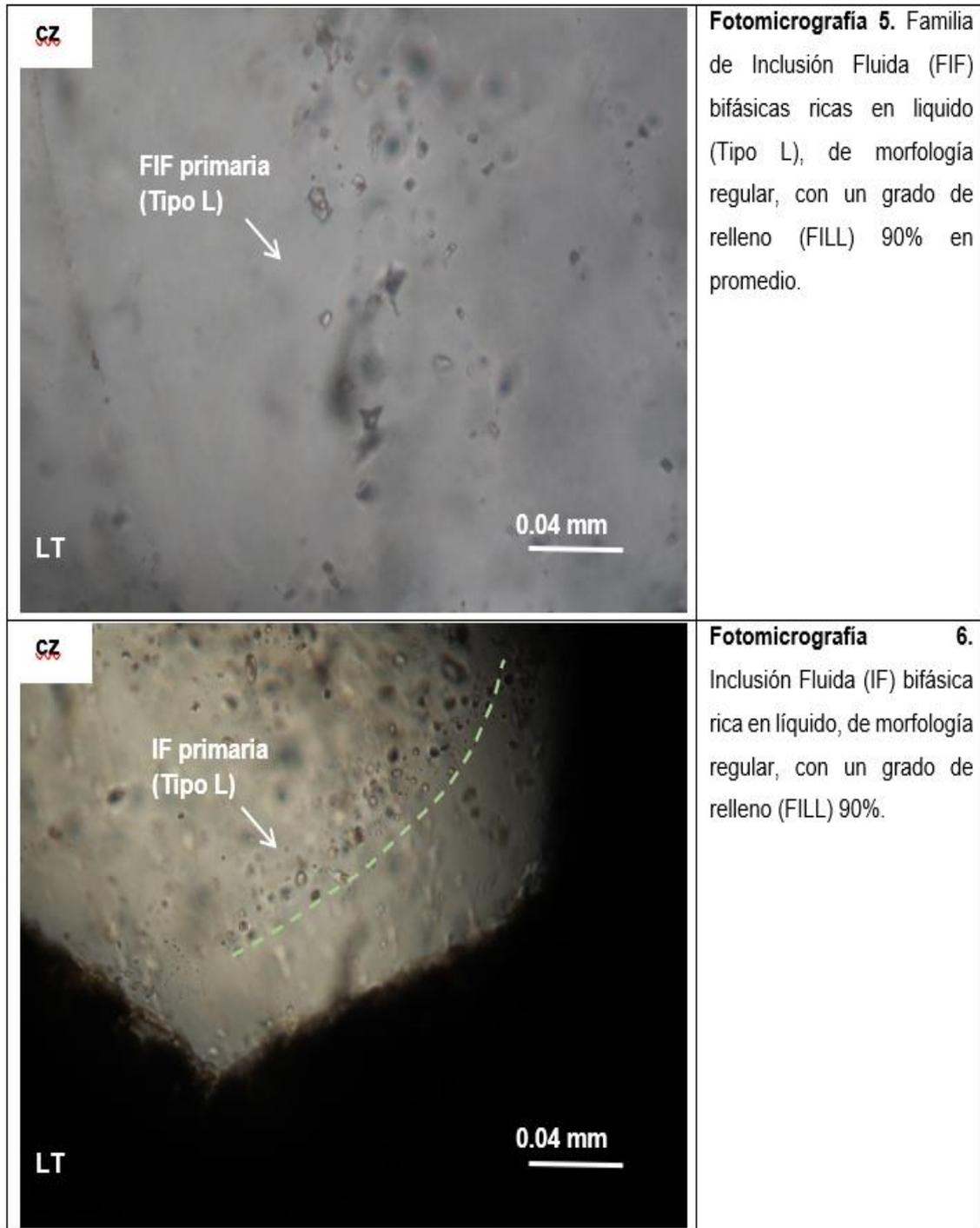
5.2.3.1. Muestra: M1.

**Tabla 40. Resultados de inclusiones fluidas para la muestra N°1**

ESTUDIO DE INCLUSIONES FLUIDAS			
<p><b>Fotografía 7.-</b> Lámina LTDP de la muestra 01, con la ubicación de las áreas seleccionadas para realizar el estudio de inclusiones fluidas (IF) estudiadas.</p>			
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA			
Mineral	Características	Ocurrencia	Inclusiones
<b>Cuarzo I</b>	Agregado de cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores 5.0mm.	A modo de clastos englobados por carbonatos, limolitas y hematita	Presenta inclusiones fluidas (IF) primarias bifásicas ricas en líquido Lw, ubicados en los planos de crecimiento del cristal FIF-1, se presentan con formas irregulares y regulares con tamaños entre 6 y 15 $\mu\text{m}$ con grado de relleno de 0.90 y 0.80.
<b>Cuarzo II</b>	Agregado de cristales anhedrales con tamaños hasta de 0.80 mm.	Se presentan como relleno hidrotermal reemplazando al cuarzo I y asociado a limonitas y hematita.	Presenta escasas inclusiones fluidas (IF) primarias bifásicas tipo L ricas en líquido Lw. Se encuentran con formas irregulares y tamaños menores a 5 $\mu\text{m}$ .
<b>Carbonatos</b>	Cristales anhedrales, presentan tamaños menores que 1.0 mm.	Se encuentran como relleno hidrotermal asociado a limonitas, hematita y cuarzo II	No presenta.
<b>Limonitas</b>	Agregados anhedrales con tamaños hasta de 0.1mm.	Presentes como relleno hidrotermal englobando a cuarzo I y asociados a cuarzo II y hematita.	No presenta.
<b>Hematita</b>	Agregados irregulares de tamaños a 0.8 mm.	Ocurren como reemplazamiento y relleno de intersticios.	No presenta.



**Figura 34. Fotomicrografías 1 y 2 agregados de cristales subhedrales de cz I con agregados de sid. 3 cristales subhedrales de hm con relictos de py. 4 cristales anhedrales de py y moldes de cristales de hm.**



**Figura 35. Fotomicrografías más relevantes correspondientes a las Inclusiones Fluidas observadas y medidas en la lámina en estudio.**

Las inclusiones fluidas analizadas son bifásicas de tipo L con tamaños hasta de 15  $\mu\text{m}$ , ubicadas en cuarzo III.

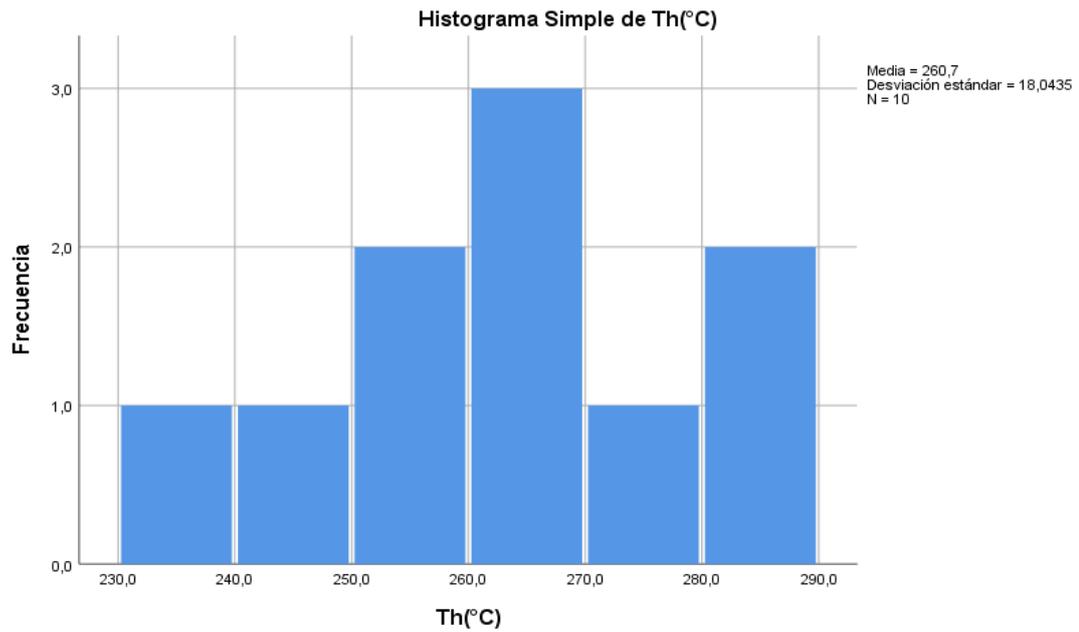


A partir de la tabla 41 se han obtenido los histogramas de salinidad y temperatura de homogeneización (figuras 36 y 37). Respecto a la salinidad, esta presenta una media de 2.46% peso eq. NaCl.

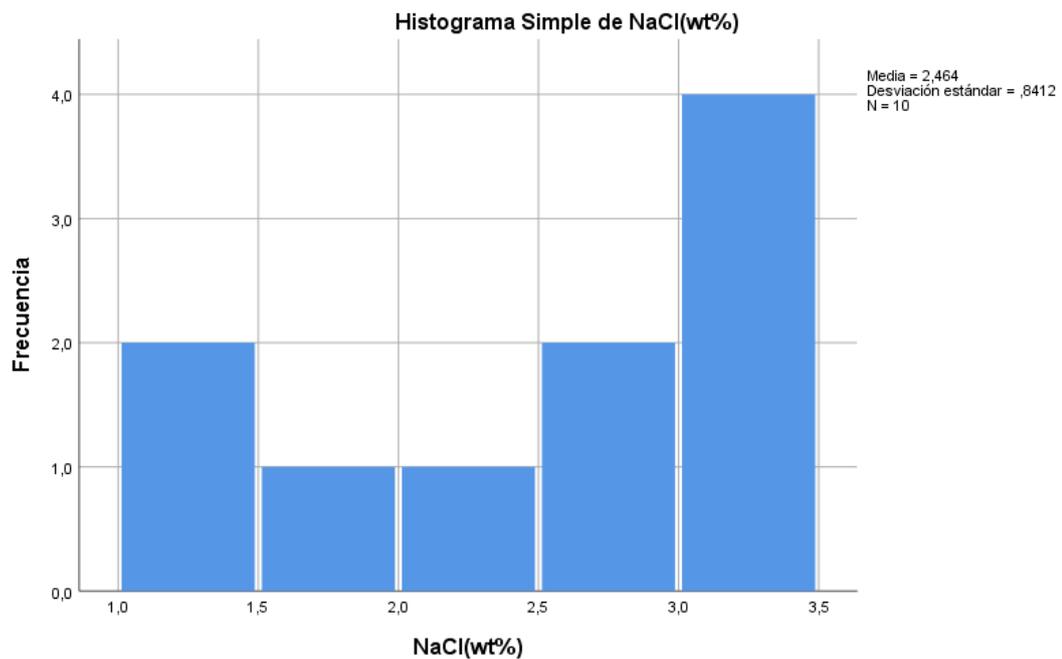
Por su parte, las temperaturas de homogeneización ( $T_h$ °C) muestran una media de 246.7 °C.

**Tabla 41. Datos microtermométricos de la Muestra M1.**

N°	Campo	Muestra	CLAF	MIN	TIPO	$\Phi\mu$	FILL	Tf(°C)	Th(°C)	NaCl(wt%)
1	1	M1	BIF-P	cz I	L-R	8	0.70	2.00	287.00	3.39
2	1	M1	BIF-P	cz I	L-R	14	0.60	2.00	250.00	3.39
3	1	M1	BIF-P	cz I	L-IR	18	0.60	1.90	275.00	3.23
4	1	M1	BIF-P	cz I	L-IR	16	0.70	1.50	240.00	2.57
5	1	M1	BIF-P	cz I	L-R	18	0.80	0.90	230.00	1.57
6	1	M1	BIF-P	cz I	L-IR	17	0.70	0.70	266.00	1.22
7	1	M1	BIF-P	cz I	L-R	16	0.80	0.80	260.00	1.40
8	1	M1	BIF-P	cz I	L-IR	12	0.90	1.20	280.00	2.07
9	1	M1	BIF-P	cz I	L-IR	10	0.80	1.80	268.00	3.06
10	1	M1	BIF-P	cz I	L-IR	10	0.80	1.60	251.00	2.74



**Figura 36. Histograma de Th(C°) de la muestra M1.**



**Figura 37. Histograma de salinidad (% peso eq. NaCl) de la muestra M1.**

Si se observa el diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad (figura 38), se puede apreciar que todas las medidas obtenidas corresponden al fluido que varía

ligeramente, tanto en salinidad y temperatura, lo cual indica un proceso de enfriamiento y mezcla de fluidos.

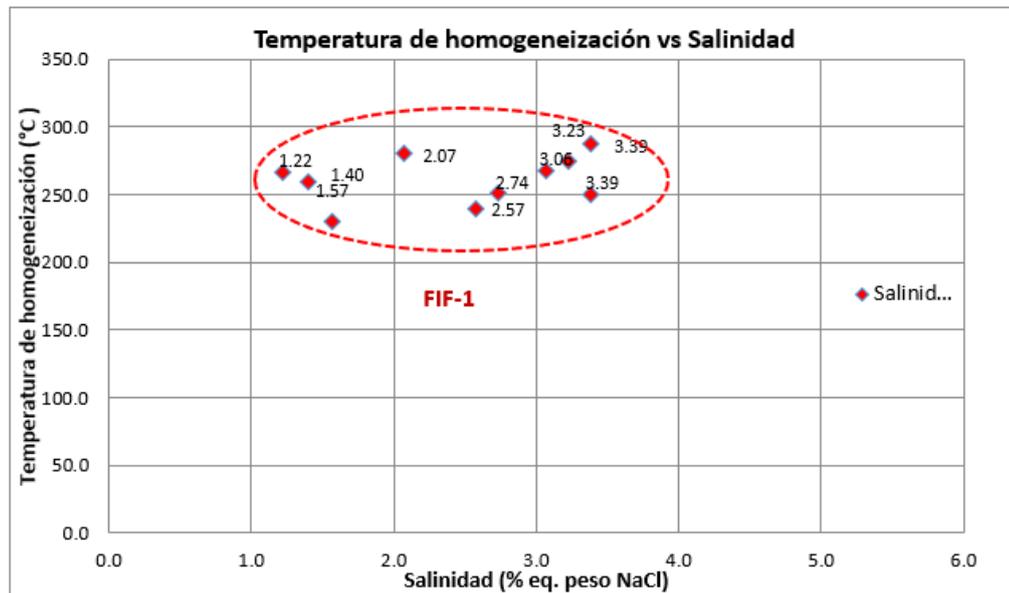


Figura 38. Diagrama temperatura de homogeneización vs. salinidad de la muestra M1.

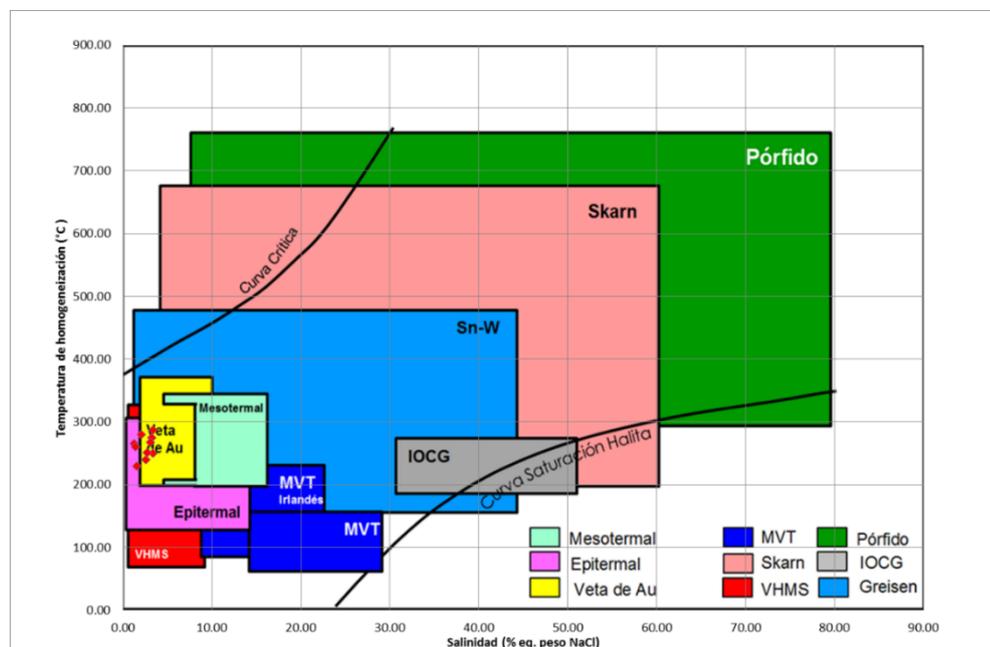


Figura 39. Diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad – modificado de (Wilkinson, 2001) correspondiente a la muestra M1.

5.2.3.2. Muestra: M2.

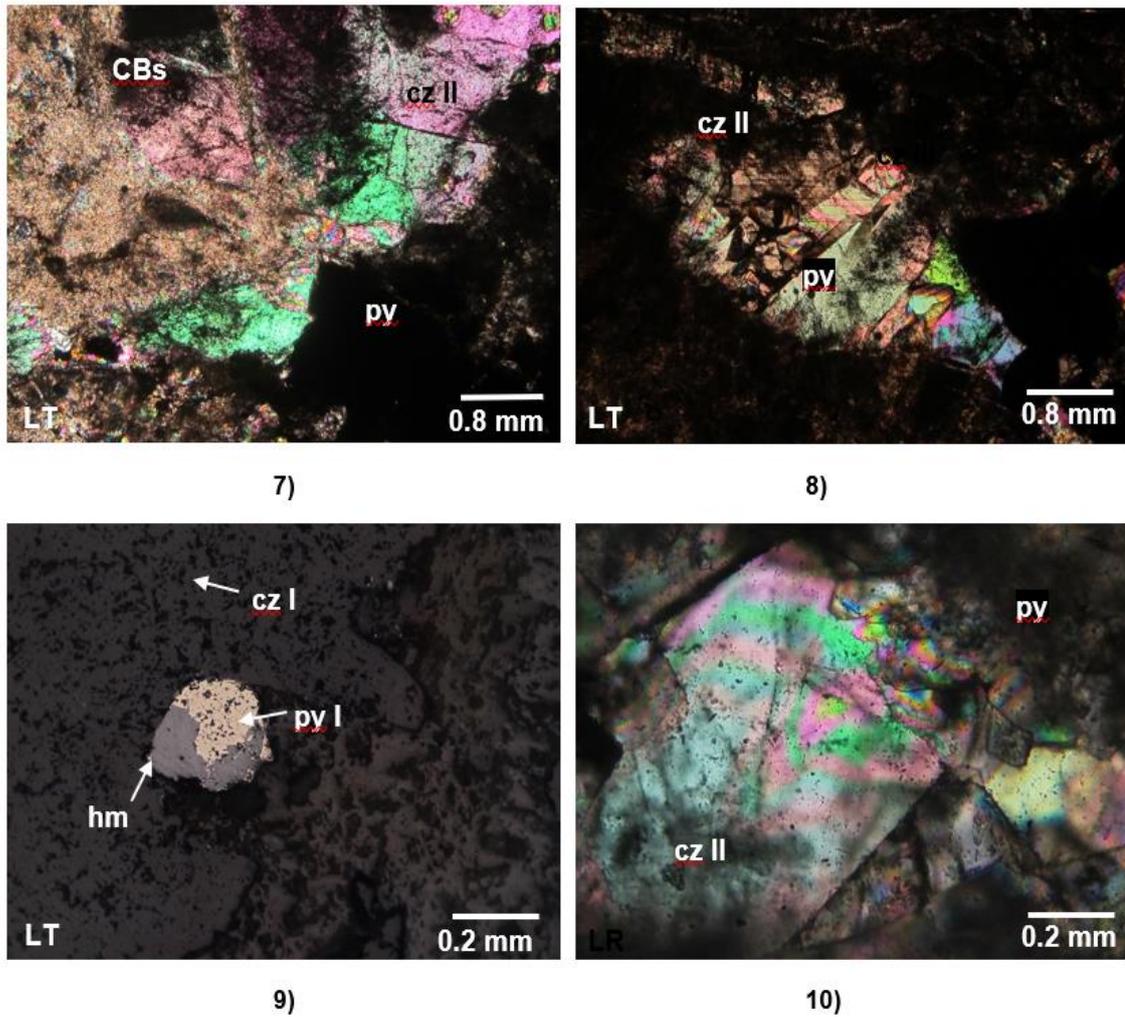
**Tabla 42. Resultados de inclusiones fluidas para la muestra N°2**

ESTUDIO DE INCLUSIONES FLUIDAS			
<p><b>Fotografía 7.-</b> Lámina LTDP de la muestra 2, con la ubicación de las áreas seleccionadas para realizar el estudio de inclusiones fluidas (IF) estudiadas.</p>			
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA			
Mineral	Características	Ocurrencia	Inclusiones
<b>Cuarzo I</b>	Cristales anhedrales y microfracturados con tamaños hasta de 4.4mm.	Agregados de formas subangulosas, se encuentran englobados por cuarzo II, carbonatos y cuarzo III. De aspecto brechoide	Presenta inclusiones fluidas (IF) primarias bifásicas ricas en líquido Lw ubicados en los planos de crecimiento del cristal FIF-1, también se presentan aisladas, con formas irregulares y regulares, y tamaños entre 7 y 18 $\mu\text{m}$ con grado de relleno de 0.90 y 0.80 para las FIF-1
<b>Cuarzo II</b>	Cristales anhedrales con tamaños menores que 1.3mm.	Se encuentran a modo de matriz junto a carbonatos y cuarzo III.	Presenta inclusiones fluidas (IF) primarias bifásicas ricas en líquido Lw coexistiendo con IF liquidas ricas en gas Lg, también se presentan aisladas, con formas irregulares y regulares, y tamaños entre 7 y 12 $\mu\text{m}$ con grado de relleno de 0.90 y 0.80 para las FIF-1
<b>Cuarzo III</b>	Cristales anhedrales con tamaños inferiores a 0.6mm.	Se encuentran rellenando intersticios de cuarzo I y II asociado a cristales de carbonatos.	No presenta.
<b>Carbonatos</b>	Cristales anhedrales con tamaños hasta de 1.8mm.	Se presentan como relleno hidrotermal ocupando los intersticios	No presenta.



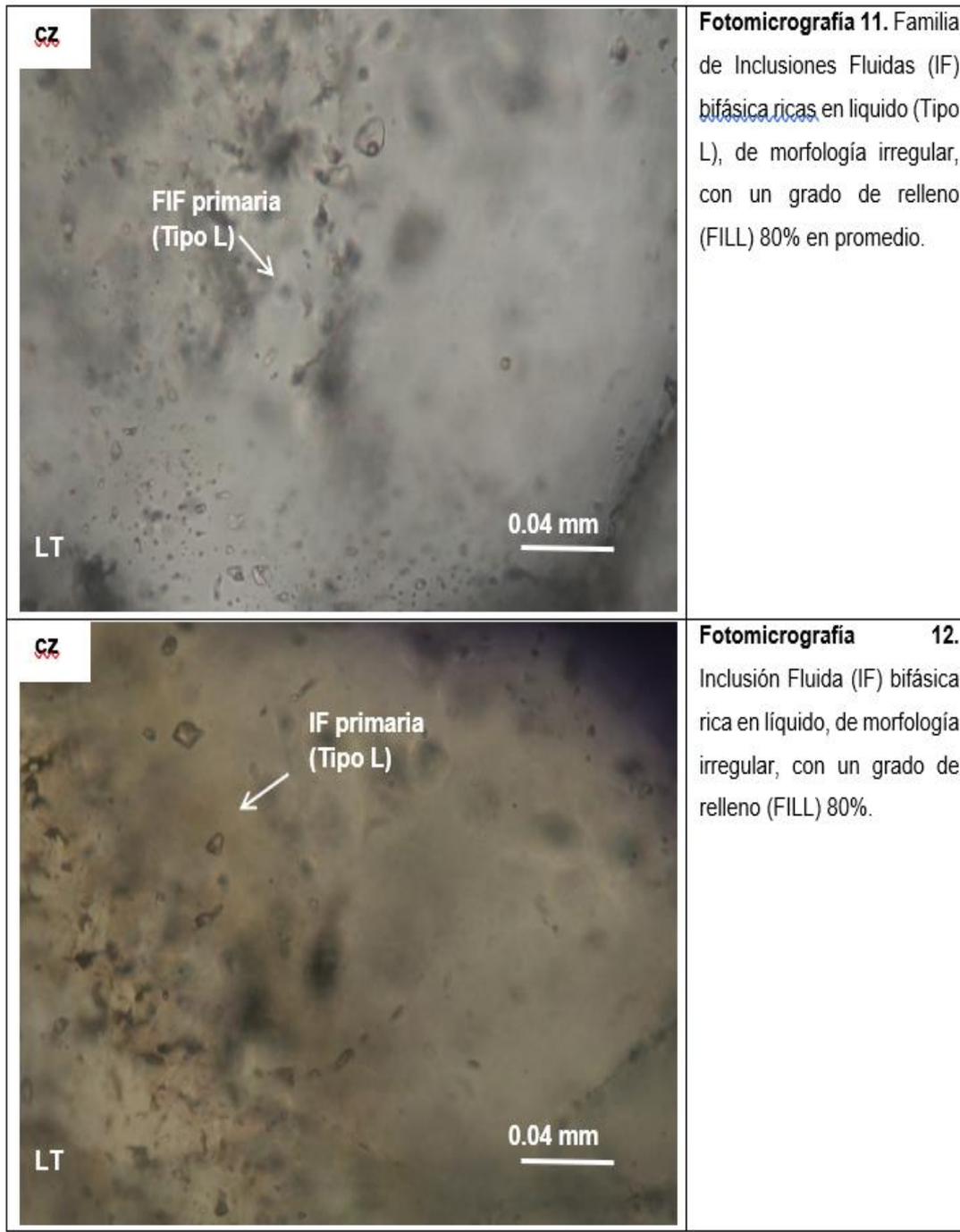
		de cuarzo I y II, asociado a cuarzo III.	
<b>Pirita</b>	Cristales anhedrales con tamaños menores que 0.5mm.	Se encuentran diseminados en la matriz junto a cuarzo II y cuarzo III, reemplazada por hematita.	No presenta.
<b>Limonitas</b>	Agregados de cristales subhedrales con tamaños hasta de 1.4mm.	Presentes como relleno hidrotermal asociado a cristales de pirita son reemplazados por calcopirita a través de sus bordes	No presenta.
<b>Hematita</b>	Cristales de formas subhedrales con tamaños inferiores a 0.7mm.	Se encuentra diseminado en la matriz y por sectores reemplaza a la pirita I y pirita II.	No presenta.
<b>Cloritas</b>	Microcristales anhedrales con tamaños inferiores que 0.008mm.	Ocurren diseminados en la muestra asociados a la pirita I y pirita II.	No presenta.

Se presentan las fotomicrografías correspondientes al estudio petrominerográfico realizado.



**Figura 40. Fotomicrografías 7, 8 y 10 agregados de cristales subhedrales de cz II y cz I junto a agregados de py. 9 Cristales anhedrales de py reemplazada por hm y cz I.**

A continuación, se presentan las fotomicrografías más relevantes correspondientes a las Inclusiones Fluidas observadas y medidas en la lámina en estudio.



**Figura 41** fotomicrografías más relevantes correspondientes a las Inclusiones Fluidas observadas y medidas en la lámina en estudio.

Las inclusiones fluidas analizadas son bifásicas de tipo L con tamaños hasta de 18  $\mu\text{m}$ , ubicadas en cuarzo I y II.

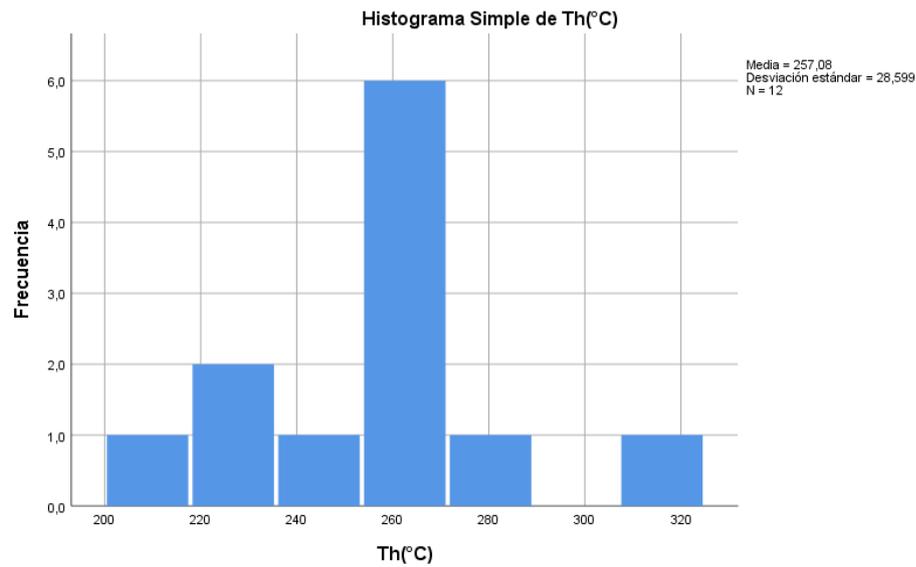


A partir de la tabla 43 se han obtenido los histogramas de salinidad y temperatura de homogeneización (figuras 42 y 43). Respecto a la salinidad, esta presenta una media de 2.92% peso eq. NaCl.

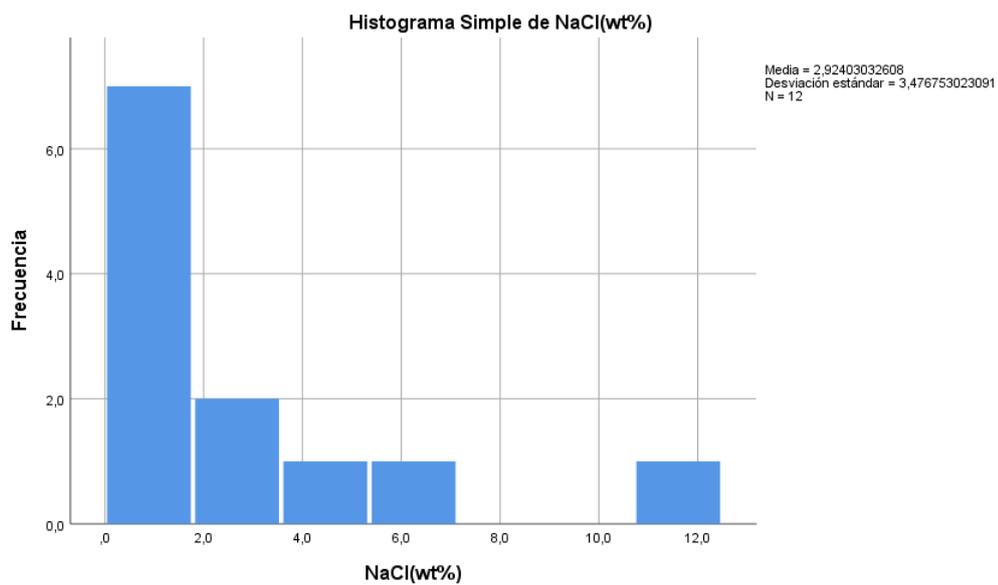
Por su parte, las temperaturas de homogeneización ( $T_h$ °C) muestran una media de 257.08 °C.

**Tabla 43. Datos microtermométricos de la Muestra M2**

N°	Campo	Muestra	CLAF	MIN	TIPO	$\Phi\mu$	FILL	-Tf(°C)	Th(°C)	NaCl(wt%)
1	1	M2	BIF-P	cz I	L-R	14	0.90	4.30	212.00	6.88
2	1	M2	BIF-P	cz I	L-IR	14	0.60	2.80	263.00	4.65
3	1	M2	BIF-P	cz II	L-R	12	0.80	0.50	235.00	0.88
4	1	M2	BIF-P	cz I	L-R	15	0.80	8.50	261.00	12.28
5	1	M2	BIF-P	cz II	L-R	12	0.80	1.20	266.00	1.20
6	1	M2	BIF-P	cz I	L-R	12	0.90	2.10	323.00	2.10
7	1	M2	BIF-P	cz II	L-R	12	0.60	1.50	268.00	1.50
8	1	M2	BIF-P	cz II	L-R	10	0.80	1.80	221.00	1.80
9	1	M2	BIF-P	cz II	L-R	11	0.80	0.80	259.00	0.80
10	1	M2	BIF-P	cz II	L-R	10	0.80	0.80	240.00	0.80
11	1	M2	BIF-P	cz II	L-IR	12	0.70	1.00	265.00	1.00
12	1	M2	BIF-P	cz II	L-R	10	0.90	1.20	272.00	1.20



**Figura 42. Histograma de Th(C°) de la muestra M2.**



**Figura 43. Histograma de NaCl(wt%) de la muestra M2.**

Si se observa el diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad (ver figura 44), se puede apreciar que todas las medidas obtenidas corresponden al fluido que varía ligeramente, tanto en salinidad y temperatura, lo cual indica un proceso de enfriamiento y mezcla de fluidos.

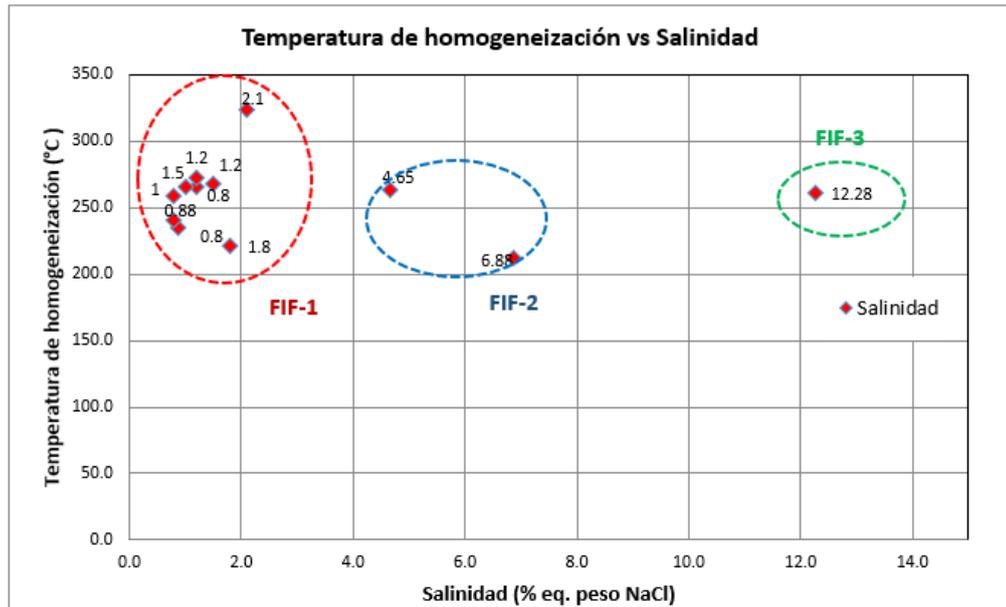


Figura 44. Diagrama temperatura de homogeneización vs. salinidad de la muestra M2.

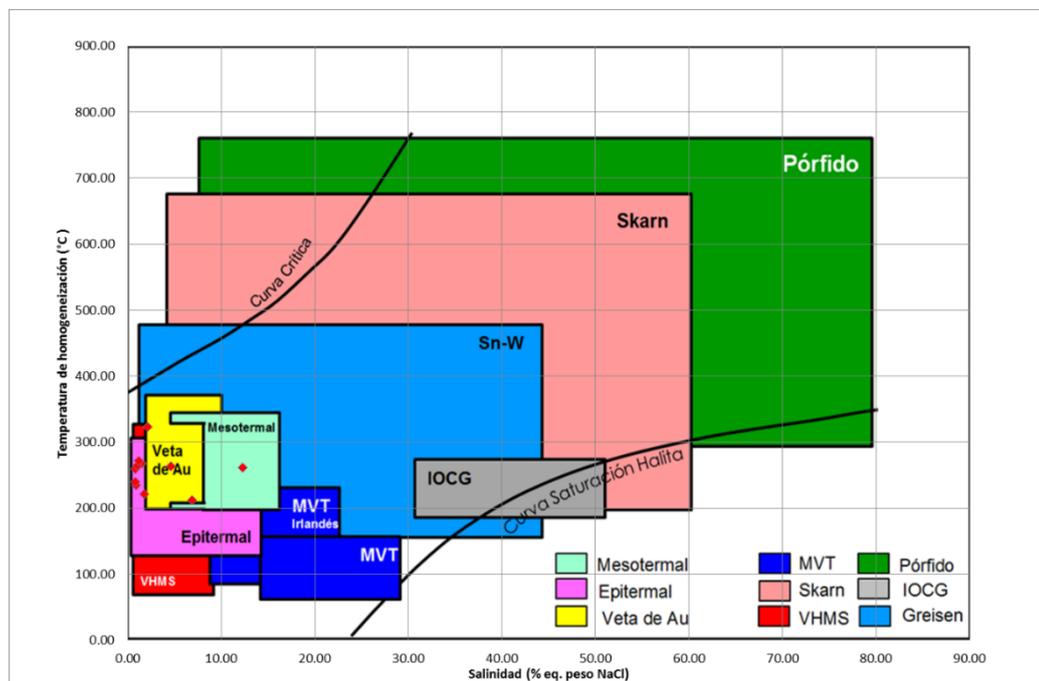
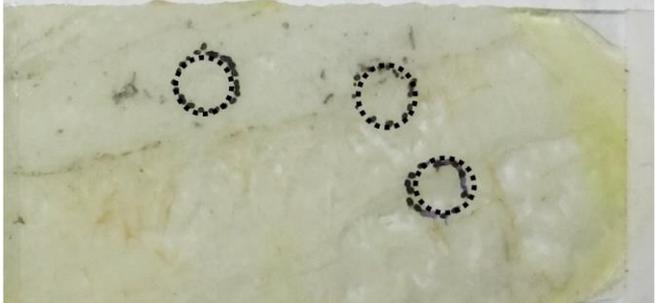


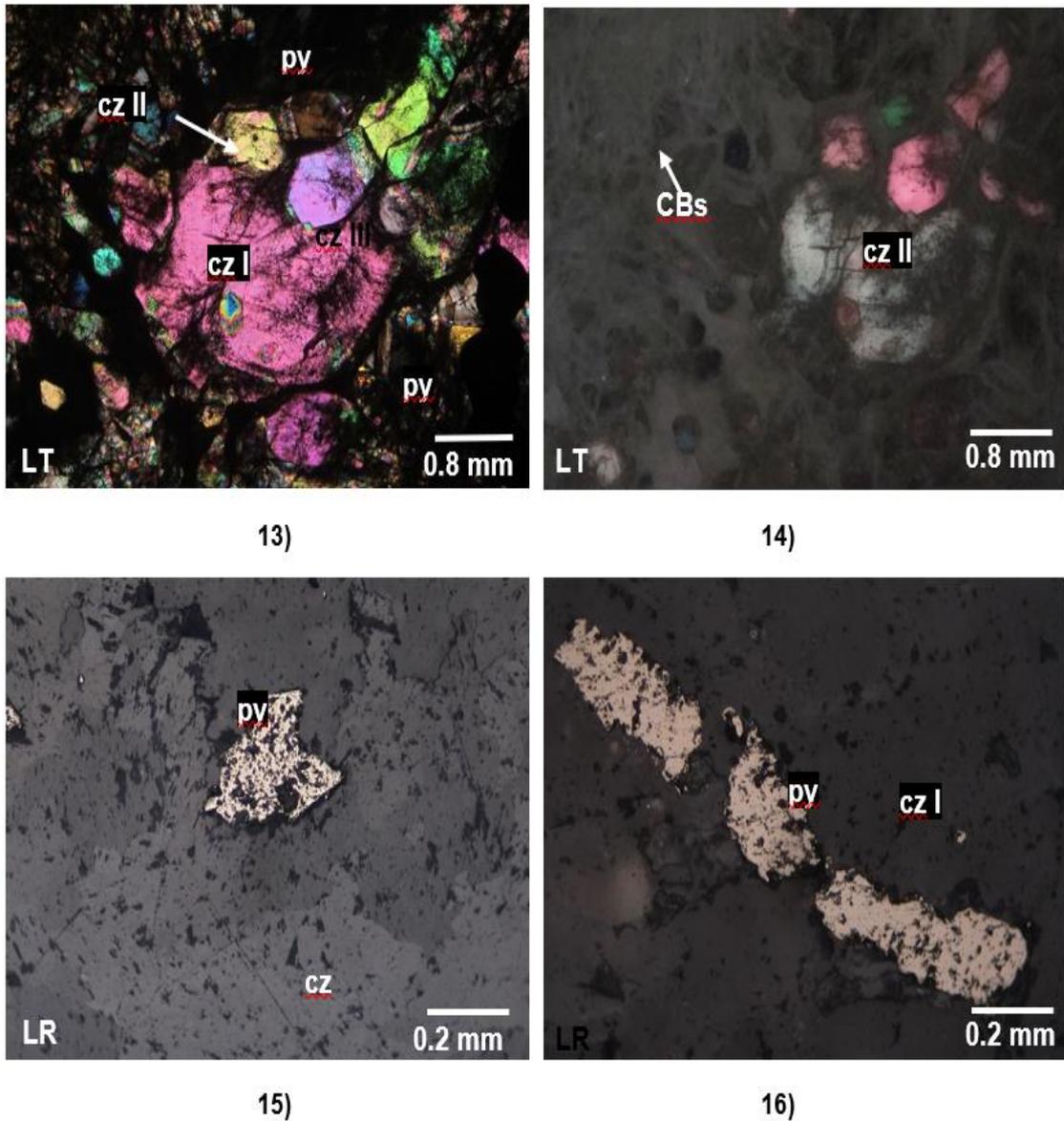
Figura 45. Diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad – modificado de (Wilkinson, 2001) correspondiente a la muestra M2.

5.2.3.3. Muestra: M3.

**Tabla 44 Resultados de inclusiones fluidas para la muestra N°3**

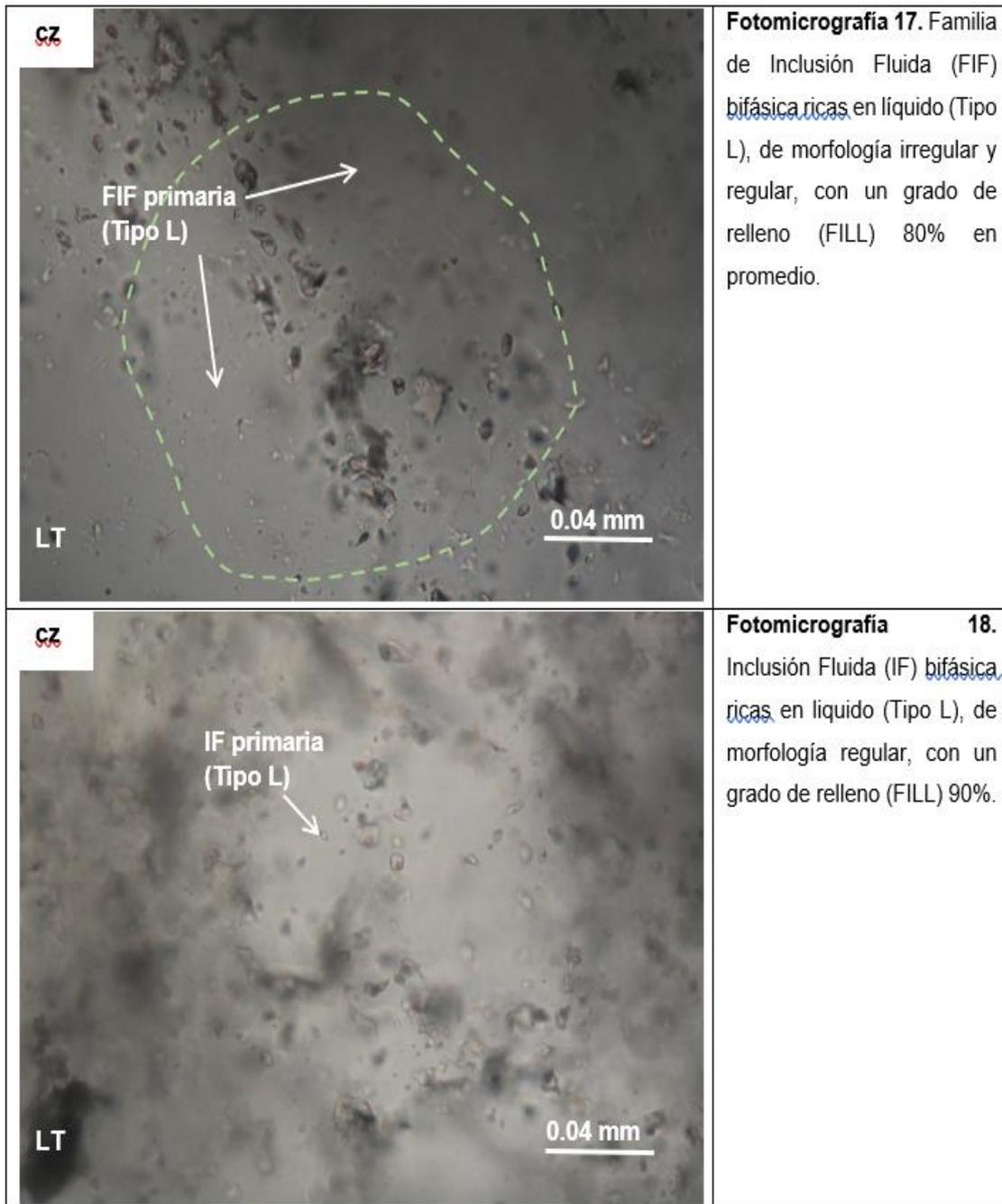
ESTUDIO DE INCLUSIONES FLUIDAS			
<p><b>Fotografía 7.-</b> Lámina LTDP de la muestra M3, con la ubicación de las áreas seleccionadas para realizar el estudio de inclusiones fluidas (IF) estudiadas.</p>			
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA			
Mineral	Características	Ocurrencia	Inclusiones
<b>Cuarzo I</b>	Cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores que 2.40 mm.	Ocurren como relleno hidrotermal asociados con minerales económicos.	Presenta escasas inclusiones fluidas (IF) primarias bifásicas tipo L ricas en líquido Lw se presentan aisladas. Se encuentran con formas irregulares y regulares con tamaños entre 4 Y 7 $\mu\text{m}$ con grado de relleno de 0.90 y 0.70 para las FIF-1 y FIF-2.
<b>Cuarzo II</b>	Microcristales anhedrales de tamaños menores a 0.9mm.	Se presentan como reemplazamiento de la matriz junto a la cuarzo III	Presenta inclusiones fluidas (IF) primarias bifásicas ricas en líquido Lw junto a IF liquidas ricas en gas (Lg) FIF-1 y aislados. muestras formas irregulares y regulares con tamaños entre 8 y 13 $\mu\text{m}$ con grado de relleno de 0.90 y 0.80 para las FIF-1
<b>Cuarzo III</b>	Cristales anhedrales con tamaños menores a 0.40mm.	Se presentan como relleno hidrotermal que se encuentra sobre la matriz.	Presenta escasas inclusiones fluidas bifásicas ricas en liquido (Lw) con tamaños inferiores a 5 $\mu\text{m}$
<b>Pirita I</b>	microcristales anhedrales con tamaños menores a 0.05mm.	Se encuentran diseminados en la matriz.	No presenta.
<b>Pirita II</b>	Agregados masivos con tamaños hasta de 0.2mm.	Presentes como relleno hidrotermal se encuentra reemplazando a cristales de pirita I.	No presenta.

Se presentan las fotomicrografías correspondientes al estudio petrominerográfico realizado.



**Figura 46. Fotomicrografías 13 y 14 agregados de cristales subhedrales de cz II y cz I con agregados de py y CBs. 15 cristales anhedrales py sobre cz. 16 cristales anhedrales de pirita py disseminadas en cz.**

A continuación, se presentan las fotomicrografías más relevantes correspondientes a las Inclusiones Fluidas observadas y medidas en la lámina en estudio.



**Figura 47. fotomicrografías más relevantes correspondientes a las Inclusiones Fluidas observadas y medidas en la lámina en estudio.**

Las inclusiones fluidas analizadas son bifásicas de tipo L con tamaños hasta de 16  $\mu\text{m}$ , ubicadas en cuarzo III.



A partir del cuadro 55 se han obtenido los histogramas de salinidad y temperatura de homogeneización (figuras 48 y 49). Respecto a la salinidad, esta presenta una media de 4.15% peso eq. NaCl.

Por su parte, las temperaturas de homogeneización ( $T_h$ °C) muestran una media de 243.23 °C.

**Tabla 45. Datos microtermométricos de la Muestra M3.**

N°	Campo	Muestra	CLAF	MIN	TIPO	$\Phi\mu$	FILL	Tf(°C)	Th(°C)	NaCl(wt%)
1	1	M3	BIF-P	cz I	L-R	15	0.90	5.50	266.00	8.55
2	1	M3	BIF-P	cz I	L-R	14	0.60	3.50	216.00	5.71
3	1	M3	BIF-P	cz I	L-R	12	0.70	1.80	230.00	3.06
4	1	M3	BIF-P	cz II	L-R	16	0.70	1.00	259.00	1.74
5	1	M3	BIF-P	cz I	L-IR	13	0.80	6.00	251.00	9.21
6	1	M3	BIF-P	cz I	L-IR	15	0.80	6.00	266.00	9.21
7	1	M3	BIF-P	cz II	L-R	14	0.90	2.00	265.00	3.39
8	1	M3	BIF-P	cz II	L-R	14	0.90	0.90	250.00	1.57
9	1	M3	BIF-P	cz I	L-R	12	0.70	1.80	218.00	3.06
10	1	M3	BIF-P	cz II	L-R	14	0.70	0.90	239.00	1.57
11	1	M3	BIF-P	cz II	L-R	14	0.80	1.50	233.00	2.57
12	1	M3	BIF-P	cz II	L-IR	11	0.80	1.50	231.00	2.57
13	1	v	BIF-P	cz II	L-R	13	0.90	1.00	238.00	1.74

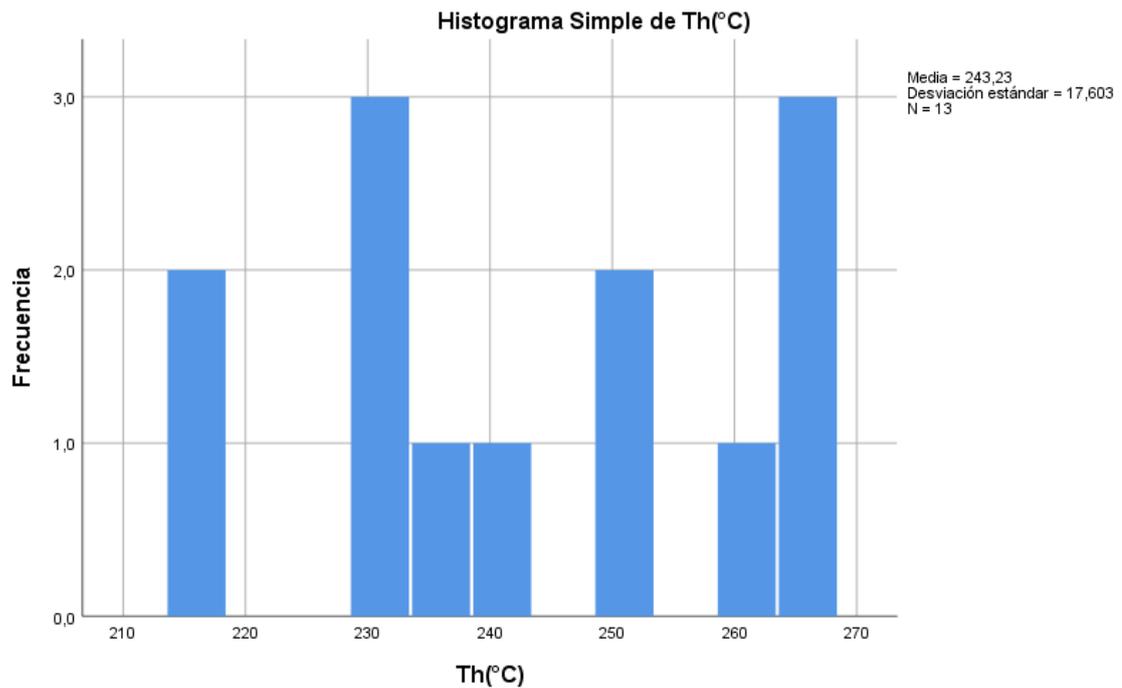


Figura 48. Histograma de Th(C°) de la muestra M3.

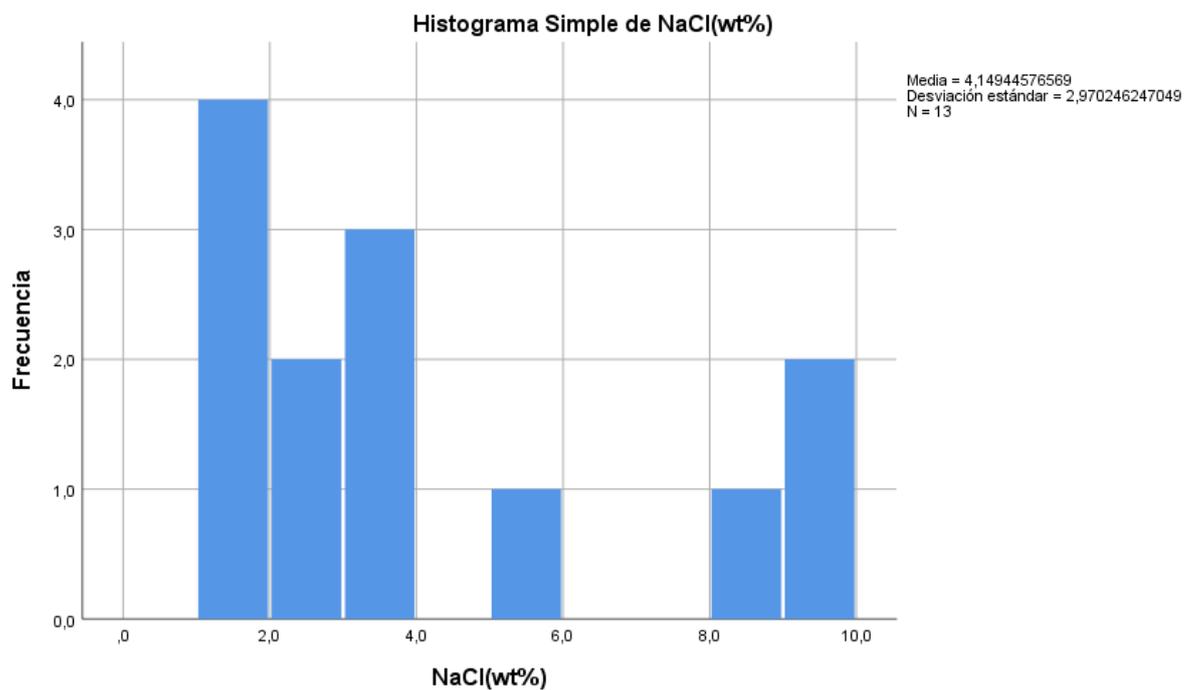


Figura 49. Histograma de NaCl(wt%) de la muestra M3.

Si se observa el diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad (figura 50), se puede apreciar que todas las medidas obtenidas corresponden al fluido que varía

ligeramente, tanto en salinidad y temperatura, lo cual indica un proceso de enfriamiento y mezcla de fluidos.

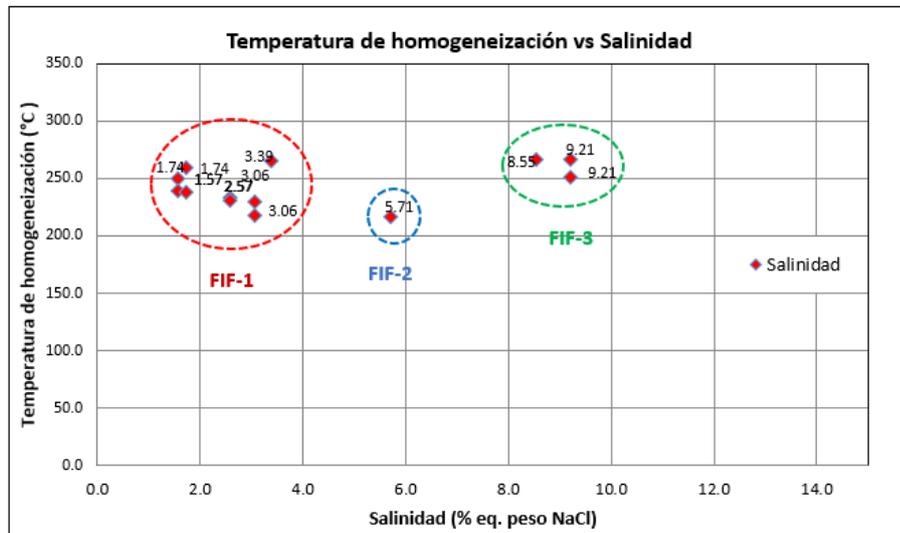


Figura 50. Diagrama temperatura de homogeneización vs. salinidad de la muestra

M3.

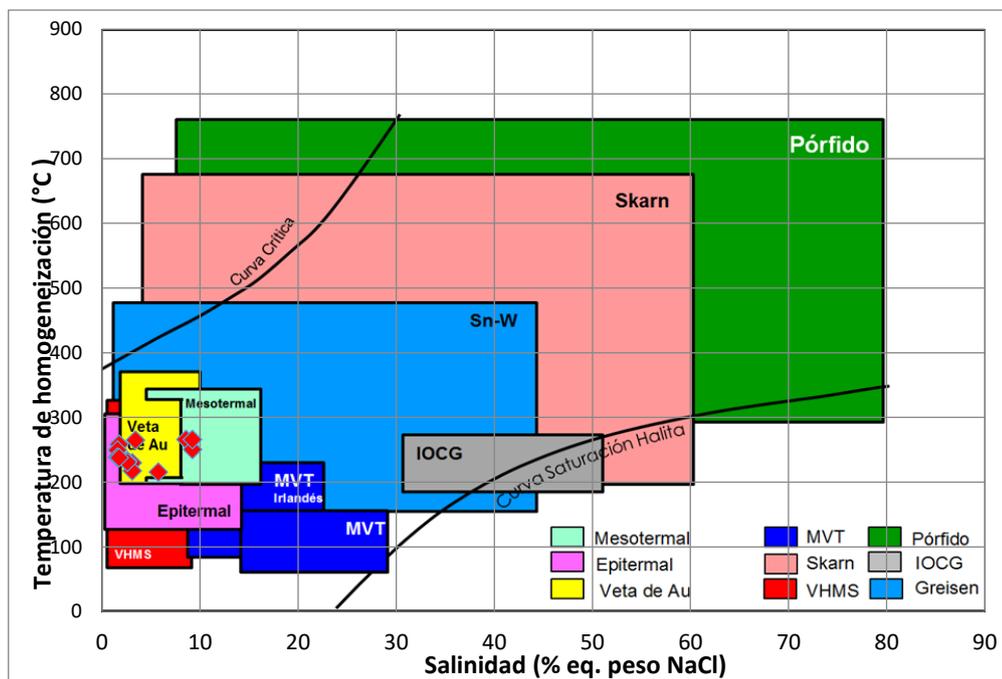


Figura 51. Diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad – modificado de (Wilkinson, 2001) correspondiente a la muestra M3.

**Tabla 46. Resumen de datos medidos de las tres muestras.**

N°	Campo	Muestra	CLAF	MIN	TIPO	Φμ	FILL	-Tf(°C)	Th(°C)	NaCl(wt%)
1	1	M1	BIF-P	cZ I	L-R	8	0.70	2.00	287.00	3.39
2	1	M1	BIF-P	cZ I	L-R	14	0.60	2.00	250.00	3.39
3	1	M1	BIF-P	cZ I	L-IR	18	0.60	1.90	275.00	3.23
4	1	M1	BIF-P	cZ I	L-IR	16	0.70	1.50	240.00	2.57
5	1	M1	BIF-P	cZ I	L-R	18	0.80	0.90	230.00	1.57
6	1	M1	BIF-P	cZ I	L-IR	17	0.70	0.70	266.00	1.22
7	1	M13	BIF-P	cZ I	L-R	16	0.80	0.80	260.00	1.40
8	1	M1	BIF-P	cZ I	L-IR	12	0.90	1.20	280.00	2.07
9	1	M1	BIF-P	cZ I	L-IR	10	0.80	1.80	268.00	3.06
10	1	M1	BIF-P	cZ I	L-IR	10	0.80	1.60	251.00	2.74
1	1	M2	BIF-P	cZ I	L-R	14	0.90	4.30	212.00	6.88
2	1	M2	BIF-P	cZ I	L-IR	14	0.60	2.80	263.00	4.65
3	1	M2	BIF-P	cZ II	L-R	12	0.80	0.50	235.00	0.88
4	1	M2	BIF-P	cZ I	L-R	15	0.80	8.50	261.00	12.28
5	1	M2	BIF-P	cZ II	L-R	12	0.80	1.20	266.00	1.20
6	1	M2	BIF-P	cZ I	L-R	12	0.90	2.10	323.00	2.10
7	1	M2	BIF-P	cZ II	L-R	12	0.60	1.50	268.00	1.50
8	1	M2	BIF-P	cZ II	L-R	10	0.80	1.80	221.00	1.80
9	1	M2	BIF-P	cZ II	L-R	11	0.80	0.80	259.00	0.80
10	1	M24	BIF-P	cZ II	L-R	10	0.80	0.80	240.00	0.80
11	1	M2	BIF-P	cZ II	L-IR	12	0.70	1.00	265.00	1.00
12	1	M2	BIF-P	cZ II	L-R	10	0.90	1.20	272.00	1.20
1	1	M3	BIF-P	cZ I	L-R	15	0.90	5.50	266.00	8.55
2	1	M3	BIF-P	cZ I	L-R	14	0.60	3.50	216.00	5.71
3	1	M3	BIF-P	cZ I	L-R	12	0.70	1.80	230.00	3.06
4	1	M3	BIF-P	cZ II	L-R	16	0.70	1.00	259.00	1.74
5	1	M3	BIF-P	cZ I	L-IR	13	0.80	6.00	251.00	9.21
6	1	M3	BIF-P	cZ I	L-IR	15	0.80	6.00	266.00	9.21
7	1	M3	BIF-P	cZ II	L-R	14	0.90	2.00	265.00	3.39
8	1	M3	BIF-P	cZ II	L-R	14	0.90	0.90	250.00	1.57
9	1	M3	BIF-P	cZ I	L-R	12	0.70	1.80	218.00	3.06
10	1	M3	BIF-P	cZ II	L-R	14	0.70	0.90	239.00	1.57
11	1	M3	BIF-P	cZ II	L-R	14	0.80	1.50	233.00	2.57
12	1	M3	BIF-P	cZ II	L-IR	11	0.80	1.50	231.00	2.57
13	1	M3	BIF-P	cZ II	L-R	13	0.90	1.00	238.00	1.74

### 5.3. VALOR FAVORABLE DE ORO A PARTIR DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO

#### 5.3.1. Primera etapa de perforaciones diamantinas nivel 1915 Diamec-04.

En la primera etapa se desarrollan 04 taladros diamantinos a partir del nivel 1920 cortada principal con el objetivo de cortar la veta Milagrosa y otros, obteniéndose resultados no favorables.



**Tabla 47. Descripción primera etapa de perforación diamantina DDH-07.**

DDH-07-DU4-2018 - CORTADA PRINCIPAL						
ITEM	FROM	TO	N° Muestra	Pot. (m)	Au gr/t)	Observaciones
1	152.32	152.40	81110	0.08	0.41	Venilla. Brechada, con clastos de grd. relleno con cuarzo.
2	179.80	180.45	81111	0.65	0.51	Falla, Pnz con Fragmentos de Grd.
3	180.45	180.76	81112	0.31	0.31	Falla, Pnz. Fragmentos de Grd.
4	180.76	181.20	81113	0.44	0.24	Falla, Pnz. Fragmentos de Grd y Qz
5	203.65	203.75	81177	0.10	0.07	Falla con fragmentos de Grd. triturada
6	203.75	204.52	81178	0.77	0.34	Bx. de clastos de Grd. con relleno de Qz blanco, Cal, Sid.
7	204.52	204.70	81179	0.18	0.24	Falla, Pnz, C/ alt. Argilica con clastos de Qz. Grd y Cal.
8	233.90	234.15	81332	0.25	0.62	Bx. de clastos de Grd. con relleno Qz. blanco, Sid, cal.
9	234.15	234.40	81333	0.25	0.31	Bx. de clastos de Grd con relleno de Sid, Qz, cal.

**Tabla 48. Descripción primera etapa de perforación diamantina DDH-08.**

DDH-08-DU4-2018 - CORTADA PRINCIPAL						
ITE M	FRO M	TO	N° Muestra	Pot. (m)	Au gr/t)	Observaciones
1	30.10	30.70	82041	0.60	0.24	Bx+ clastos de and. + Qz+ parches, diss de Py + OxFe Bz 25°.
2	30.70	31.15	82042	0.45	0.58	Bx+ clastos de and. + Qz+ parches, diss de Py + OxFe Bz 25°.
3	31.15	31.50	82043	0.35	3.50	Bx, clastos de and. + OxFe en oquedades y fracturas Bz 25°.
4	37.20	37.70	82044	0.50	0.75	Bx, con clastos de And. Con cemento de OxFe + Qz + carbonatos Bz 35°.
5	87.73	88.26	82422	0.53	4.73	Bx, clastos de Grd. Con relleno de Qz, Cal. Sid, con parches y diss de Py.
6	88.26	88.64	82423	0.38	0.86	Veta, Textura bandeada, ensamble de Sid. Qz, Py, con puntos esporadicos de Py.
7	88.64	89.20	82424	0.56	0.31	Bx, clastos de Grd, relleno de Sid, Oxfe, Qz.
8	89.20	89.46	82425	0.26	0.45	Alt. de Grd. con Oxfe.



**Tabla 49. Descripción primera etapa de perforación diamantina DDH-09.**

DDH-09-DU4-2018 - CORTADA PRINCIPAL						
ITEM	FROM	TO	N° Muestra	Pot. (m)	Au gr/t)	Observaciones
1	282.05	282.38	83398	0.33	0.03	Bx, tonalita cloritizada con cemento de Qz y carbonatos + OxFe . (Veta).
2	282.38	282.65	83399	0.27	0.17	Falla Pnz con carbonatos, (Veta).

**Tabla 50. Descripción primera etapa de perforación diamantina DDH-10.**

DDH-10-DU4-2018 - CORTADA PRINCIPAL						
ITE M	FRO M	TO	N° Muestra	Pot. (m)	Au gr/t)	Observaciones
1	53.55	53.90	83391	0.35	0.27	Bx, cloritizada con clastos de roca Grd. Y cemento de Qz, OxFe.
2	53.90	54.70	83392	0.80	0.79	Bx, de roca Grd. Alt. Por OxFe con cemento de Qz y carbonatos.
3	56.30	56.40	83393	0.10	0.03	Venilla irregular de Qz con puntos de Py.
4	59.60	59.80	83394	0.20	0.14	Falla con trazas de Qz + Pnz.
5	68.35	68.60	83395	0.25	0.10	Falla Pnz con fragmentos de roca Grd.
6	72.30	72.50	83396	0.20	0.14	Bx, And. Con relleno en fracturas de OxFe + Qz.
7	74.55	74.65	83397	0.10	0.03	Bx, And. Con relleno en fracturas de OxFe.

### 5.3.2. Segunda etapa de perforaciones diamantinas nivel 1760 Diamec-04.

En la segunda etapa se realizan desde el nivel 1760 Esperanza sur, realizando 06 taladros diamantinos con objetivos de cortar la veta Milagrosa y otros obteniendo resultados favorables.

**Tabla 51. Descripción segunda etapa de perforación diamantina DDH-11.**

DDH-11-DU4-2018 - CAM 520 - ESPERANZA SUR						
ITEM	FROM	TO	N° Muestra	Pot. (m)	Au gr/t)	Observaciones
1	50.05	50.25	87086	0.20	2.64	Est. Bx, Grd, Qz, blanco, Cal. con Diss de Py.
2	79.74	79.89	87087	0.15	0.03	Vnlla. de magnetita con microvenillas de Py.
3	81.15	81.30	87088	0.15	0.03	Vnlla. de magnetita con venilla y diss. de Py, y granate.
4	128.40	128.50	87089	0.10	0.24	Vnlla. de magnetita, Py, Qz, Cal.
5	129.30	129.40	87090	0.10	2.19	Vnlla. de Qz. Blanco con diss de Py.

**Tabla 52. Descripción segunda etapa de perforación diamantina DDH-12.**

DDH-12-DU4-2018 - CAM 520 - ESPERANZA SUR						
ITEM	FROM	TO	N° Muestra	Pot. (m)	Au gr/t)	Observaciones
1	54.50	54.57	87916	0.07	0.31	Falla
2	54.57	54.77	87917	0.20	0.99	Brecha
3	54.77	54.85	87918	0.08	0.03	Grd. Cloritizada
4	54.85	54.98	87919	0.13	0.75	Grd. Cloritizada
5	55.45	55.50	87941	0.05	0.10	Falla
6	131.13	131.60	87942	0.47	1.20	Brecha
7	131.60	132.15	87943	0.55	2.19	Brecha
8	132.15	132.35	87944	0.20	0.34	Brecha
9	132.35	132.55	87945	0.20	1.13	Brecha
10	54.98	55.45	87946	0.47	0.03	Brecha

**Tabla 53. Descripción segunda etapa de perforación diamantina DDH-13.**

DDH-13-DU4-2018 - CAM 520 - ESPERANZA SUR						
ITEM	FROM	TO	N° Muestra	Pot. (m)	Au gr/t)	Observaciones
21	139.46	139.50	88057	0.04	1.75	Venilla de Qz
22	139.50	139.75	88058	0.25	2.81	Brecha
23	139.75	140.00	88059	0.25	0.62	And con Vlls
24	140.00	140.35	88060	0.35	1.51	And con Vlls
25	140.35	140.60	88061	0.25	7.13	Veta
26	140.60	141.00	88062	0.40	0.34	And diss Py
27	141.00	141.16	88063	0.16	7.61	Brecha
28	141.16	141.39	88064	0.23	1.44	Brecha



29	145.78	145.83	88214	0.05	0.62	Veta
30	147.25	147.40	88215	0.15	0.72	Brecha
31	147.80	147.97	88216	0.17	10.28	Brecha
32	151.02	151.30	88217	0.28	0.96	Veta
33	151.30	151.50	88218	0.20	0.69	Brecha
1	151.50	152.30	79376	0.80	0.07	Brecha
2	152.30	152.35	79377	0.05	0.82	Falla
3	152.35	153.59	79378	1.24	3.70	Veta
4	153.59	154.06	79379	0.47	0.03	Brecha
5	154.06	154.28	79380	0.22	0.27	Veta
6	154.28	154.46	79381	0.18	3.91	Brecha
34	155.00	155.30	88219	0.30	0.03	Brecha
35	155.30	155.64	88220	0.34	3.12	Brecha
36	155.64	155.80	88221	0.16	2.47	Brecha
37	155.80	156.08	88222	0.28	0.24	Brecha
38	156.35	156.63	88223	0.28	0.62	Brecha
7	157.00	157.80	79382	0.80	0.10	Brecha
8	157.80	158.48	79383	0.68	0.51	Brecha
9	158.48	158.53	79384	0.05	1.44	Falla
10	158.53	159.28	79385	0.75	0.07	Grd. Alt.
11	159.28	160.10	79386	0.82	0.38	Grd. Alt.
12	160.10	161.00	79387	0.90	0.27	Brecha
13	161.00	162.25	79388	1.25	0.03	Grd. Alt.
14	162.25	163.25	79389	1.00	0.03	Grd. Alt.
15	166.27	166.65	79390	0.38	0.65	Brecha
16	166.97	167.15	79391	0.18	0.10	Brecha
17	167.60	168.00	79392	0.40	0.03	Falla
18	168.00	169.60	79393	0.70	8.02	Veta
19	172.83	173.17	79394	0.34	0.21	Brecha
20	173.17	173.55	79395	0.38	1.03	Brecha
39	229.40	230.20	88319	0.80	0.07	Falla
40	231.20	231.95	88320	0.75	0.89	Falla
41	245.34	245.41	88321	0.07	1.30	Venilla de Qz
42	253.55	253.90	88322	0.35	0.07	Falla

**Tabla 54. Descripción segunda etapa de perforación diamantina DDH-14.**

DDH-14-DU4-2018 - CAM 520 - ESPERANZA SUR						
ITEM	FROM	TO	N° Muestra	Pot. (m)	Au gr/t)	Observaciones
1	77.33	77.63	89202	0.30	0.10	Brecha
2	77.63	78.27	89203	0.64	0.34	Brecha
3	78.28	78.86	89204	0.58	1.78	Brecha
4	100.40	100.60	89205	0.20	0.07	Falla
5	100.60	100.90	89206	0.30	0.34	Alteración

**Tabla 55. Descripción segunda etapa de perforación diamantina DDH-15.**

DDH-15-DU4-2018 - CAM 520 - ESPERANZA SUR						
ITEM	FROM	TO	N° Muestra	Pot. (m)	Au gr/t)	Observaciones
1	102.00	102.67	89764	0.67	3.74	Falla
2	102.67	103.10	89765	0.43	1.51	Falla
3	103.10	103.95	89766	0.85	0.03	Falla
4	103.95	104.10	89767	0.15	0.41	Falla
5	104.10	105.20	89768	1.10	0.41	Alteración
6	110.25	110.38	89769	0.13	1.13	Vetilla
7	118.95	119.06	89770	0.11	2.43	Vetilla

**Tabla 56. Descripción segunda etapa de perforación diamantina DDH-16.**

DDH-16-DU4-2018 - CAM 520 - ESPERANZA SUR						
ITEM	FROM	TO	N° Muestra	Pot. (m)	Au gr/t)	Observaciones
1	45,78	45,86	90217	0.08	0.03	Falla
2	71,20	71,28	90218	0.08	0.14	Falla
3	72,92	72,98	90219	0.06	0.03	Falla
4	73,08	73,30	90220	0.22	0.14	Falla
5	73,56	73,95	90221	0.39	0.03	Falla
6	75,04	75,22	90222	0.18	0.21	Posible Veta



#### 5.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

En el nivel 1920 de la primera etapa de perforaciones diamantina, dos taladros diamantina interceptan los cuales son DDH 07 y DDH 10 cortan la veta Milagrosa con valores de oro importantes, el primer taladro diamantina corta en el nivel 1920.4588 Brecha de clastos de granodiorita con relleno de Qz. blanco, calcita y siderita, con potencia de 0.77m. y una ley de 0.34grAu/TM. y el segundo taladro diamantino corta la veta en el nivel 1964.1147 y 1965.4268, dos estructuras de brechas los cuales son: primera brecha de andesita con relleno en fracturas de  $OxFe+Qz$ . potencia de 0.20m. y una ley de 0.14grAu/TM y la segunda brecha de andesita con relleno en fracturas de  $OxFe$ , tiene potencia de 0.10m. y ley de 0.03grAu/TM en roca granodiorítica.

Con esta información obtenida de los taladros DDH 07 y DDH 10 se logra interpretar en el nivel 1963.48 Cx440NW. Se realiza un crucero de 125.00 metros para interceptar la veta de cuarzo con parches y disseminación de pirita y patinas de  $OxFe$  potencia de 0.22m. y ley de 8.72 grAu/TM. Se desarrolla la galería 440NW.

En el nivel 1760 se realiza la segunda etapa de perforación diamantina para poder explorar se realiza una Cx.520NW de 100 metros con azimut de  $339^\circ$  a partir del filo galería 520 NW para la cámara diamantina en roca estéril para tener una mejor orientación de los taladros diamantina hacia la veta Milagrosa.

Cuatro son los taladros que interceptan la veta milagrosa, DDH 11, DDH13, DDH14 y DDH15. Con valores de oro importantes. El primero taladro diamantina DDH 11, corta en el nivel 1720.185 Brecha de clastos de Granodiorita, cuarzo blanco y calcita con disseminación de Py. Con potencia de 0.20m. y una ley de 2.64 grAu/TM, el segundo taladro diamantina DDH 13, corta 5 estructuras mineralizadas de la veta milagrosa en los niveles indicados los cuales son: nivel 1644.2162 venilla de Qz. con potencia de 0.04m. y una ley de 1.75 grAu/TM, nivel 1644.1821 Brecha con potencia de 0.25m. y una ley de



2.81grAu/TM, nivel 1643.7571 Andesita con microvenillas de cuarzo con potencia de 0.35m. y una ley de 1.51grAu/TM, nivel 1643.4596 Veta de cuarzo blanco con disseminación de pirita y patinas de  $OxFe$ . Con potencia de 0.25m. y una ley de 7.13grAu/TM, nivel 1642.907 brecha con potencia de 0.16m. y una ley de 7.61grAu/TM y en el nivel 1637.1262 brecha con potencia de 0.17m. y una ley de 10.28grAu/TM, el tercero taladro diamantina DDH 14, corta 2 estructuras mineralizadas de la veta milagrosa en los niveles indicados y son: nivel 1673.3674 falla con potencia de 0.20m. y una ley de 0.07grAu/TM, y en el nivel 1672.678 alteración con potencia de 0.30m. y una ley de 0.34grAu/TM, y el cuarto taladro diamantina DDH 15, corta 4 estructuras mineralizadas de la veta milagrosa en los niveles que se indican: nivel 1675.3292 alteración con potencia de 0.67m. y una ley de 3.74grAu/TM, nivel 1674.755 falla con potencia de 0.43m. y una ley de 1.51grAu/TM, nivel 1674.3865 falla con potencia de 0.85m. y una ley de 0.03grAu/TM, y en el nivel 1673.6581 falla con potencia de 0.15m. y una ley de 0.41grAu/TM.



## VI. CONCLUSIONES

- La continuidad de la veta milagrosa en el nivel 1670 es favorable con valores de Au 10.28 grAu/TM con una potencia promedio de 0.40 m. por 50 m. de longitud, con relleno en fracturas de cuarzo tipo II, asociados a minerales de pirita, arsenopirita, calcopirita y electrum dentro de una estructura tipo rosario.
- De acuerdo a la descripción petrográfica, presentan cristales de cuarzo I que viene de la roca granodiorita y cuarzo tipo II que es el relleno en fracturas. En la minerografía como minerales principales se tiene la pirita I, hematita, goethita arsenopirita y electrum que son de alta temperatura y como trazas y secundarios pirita II, calcopirita, rutilo y gangas, dentro de las inclusiones fluidas se tienen un rango de temperatura de homogenización  $T_h(^{\circ}\text{C})$  mínima 212 $^{\circ}\text{C}$  y máxima 323 $^{\circ}\text{C}$  con una salinidad NaCl (wt%) mínima 0.80 y máxima 12.28, siendo favorables dichos datos para la continuidad de la veta.
- En el análisis químico de la veta milagrosa se pudo denotar que en la primera campaña en el nivel 1920 Cortada Principal no hubo resultados favorables por presentar una ley menor 2grAu/TM. en cambio en la segunda campaña en el nivel 1760 Esperanza Sur, se determinó valores favorables de Au con leyes mayores a 10.28 gr Au/TM.



## VII. RECOMENDACIONES

- A partir del tope de la Gal 610NW en el nivel 1670 se recomienda realizar una labor (cortada) en roca estéril de 40 metros con dirección N35°W al sondaje de impacto para cortar la veta según la información de diamantina y se recomienda realizar galerías de exploración al norte y sur.
- A partir del tope de la Gal 620NW se recomienda realizar una cortada de 30 metros en dirección N25°W para cortar la veta en el nivel 1700 para así tener reconocido y definido la veta Milagrosa en ese nivel.
- Realizar una cámara diamantina al tope de la galería 570 NE en el nivel 1760 para ejecutar perforaciones diamantinas a niveles inferiores al nivel 1670 y de esta manera ver la continuidad de la veta en la galería 610SE.



## VIII. REFERENCIAS

- Acosta, J., Rivera, R., Valencia, M., Chirif, H., Huanacuni, D., Rodriguez, I., . . .  
Santisteban, A. (2015). *Memoria Mapa Matalogenético del Perú 2015*. Lima-Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).
- Afther, C. (1985). *Paragénesis y Zonación*.
- Agar, R. (1978). La Mineralización de Cobre y la Super-unidad Linga del Batolito de la Costa. *Anales d el IV Congreso Peruano de Geología. Bol. Soc. Geol. Perú. Tomo No. 62*.
- Aguilar, L. (2018). *OREGENIA ANDINA*. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohomann.
- Alldrick, D. (1996). Au- Quartz veins I01. *Selected British Columbia Mineral Deposit Profiles, Volume 2 - Metallic Deposits Open File 1996-13*, 53-56.
- Bateman, B. (1982). *Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico (6ª. Ed)*. España: Omega.
- Bellido, E. G. (1963). Geología de los cuadrángulos de Punta de Bombón y Clemesí. *Boletín de la Carta Geológica Nacional, v. 5*.
- Bellido, E. N. (1960). Geología del cuadrángulo de Atico. *Boletín de la Carta Geológica Nacional, v. 2*.
- Bellon, H. B. (1977). Le magmatisme perimediterraneen occidental; essai de synthese. *Bulletin de la Société Géologique de France S7-XIX (3)*, 469-480.
- Belousov, V. (1979). *Geología Estructural*. Moscu: Editorial Mir.
- Benavides-Cáceres, V. (1999). Orogenic evolution of the Peruvian Andes: the Andean Cycle. In: Skinner, B.J. (Ed.), *Geology and Ore Deposits of the Central Andes. Society of Economic Geologists Special Publication 7*, 61-107.



- Bolívar, R. (2007). *Introducción al Estudio de los Recursos Minerales*. Madrid: Gráficas Monterreina S.A.
- Browne, P. (1984). Lectures on geothermal geology and petrology. *UNU Geothermal Training Programme*. Reykjavik: National Energy Authority.
- Burga, J. D. (2011). *Diccionario Geológico*. Lima: INGEMMET.
- Caldas, J. (1978). *Geología del cuadrángulo de San Juan, Acarí y Yauca 31-m, 31-n, 32-n* -[Boletín A 30]. Lima: Instituto de Geología y Minería.
- Canet, C. (2005). *Geotectónica y Yacimientos Minerales*. Mexico: Departamento de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cobbing, E. J., Pitcher, W. S., & Taylor, W. P. (1977). Segments and Super-units in the Coastal Batholith of Peru. *Journal of Geology*, v.85, 625-631.
- Cobbing, E. J., Pitcher, W. S., Wilson, J. J., Baldock, J. W., Taylor, W. P., McCourt, W. J., & Snelling, N. J. (1981). The geology of the Western Cordillera of northern Peru. *Overseas Memoirs; Institute of Geological Sciences*, no. 5, 143.
- Colvine, A. C., Fyon, J. A., Heather, K. B., Marmont, S., Smith, P. M., & Troop, D. G. (1988). Archean lode gold deposits in Ontario. *Ontario Geol. Surv. Misc. Paper* 139, 136.
- Dana, E. (1976). *Tratado de Mineralogía*. Editorial Continental. S.A.
- Dávila, B. (2006). *Diccionario Geológico*. Talleres Gráficos Full Graphic. Lima.
- De Montreuil, L. (1979). Ocurrencia de oro y sus asociaciones mineralógicas en la faja aurífera Nazca-Ocoña . *Programa Científico-Cultural - INGEMMET*, 5-48.
- Einaudi, M. H. (2003). Sulfidation state of fluids in active and extinct hydrothermal systems: transitions from porphyry to epithermal environments. *Society of Economic Geologists, Special Publication*, 10, 285-313.



- Erquinigo, B. Q. (2017). *Características Geológicas y Posibilidades de Profundización de la Veta Lola-Mina Poderosa-Pataz-La Libertad, UNAP. Tesis para obtener el grado de ingeniero*. Puno.
- Flores, W. (2010). *Informe Geológico Cia. Minera MACDESA*. Arequipa: Informe Privado de Cia Minera MACDESA.
- Glosario Técnico Minero*. (Agosto de 2003). Obtenido de REPÚBLICA DE COLOMBIA:  
<https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero.pdf>
- Goldfarb, R. J., Groves, D. I., & Gardoll, S. (2001). *Orogenic gold and geologic time: a global synthesis*. *Ore Geology Reviews*, Vol. 18, 1-75.
- Goldfarb, R. J., Leach, D. L., Pickthorn, W. J., & Paterson, C. J. (1988). *Origin of Lode-gold deposits of the Juneau gold belt, southeastern, Alaska*. *Geology*, Vol. 16, 440-443.
- Goldfarb, R., Berger, B., Klein, T., Pickthorn, W., & Klein, D. (1996). *Environmental descriptive Model for Low S Quartz Au Veins*. USGS.
- Gómez, R. A. (1964). El Devónico en la costa del sur del Perú. *Huamanitas. Revista de la Facultad de Letras de la Universidad Nacional de San Agustín* N° 2, 203-2016.
- Groves, D., Goldfarb, R., Gebre-Mariam, H., Hagemann, S., & Robert, F. (1988). Orogenic gold deposits-proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews* v.13, 7-27.
- Guizado, J. (1968). *Geología del cuadrángulo de Aplao 33-r - [Boletín A 20]*. Lima: Servicio de Geología y Minería.



- Jenks, W. (1948). *Geología de la hoja de Arequipa al 200,000. Geology of the Arequipa Quadrangle of the Carta Nacional del Peru [Boletín 9]*. Lima: Instituto Geológico del Perú.
- Jesus, R. C. (2017). *Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Determinación de Controles, en las Actividades de Perforación Diamantina, basado en la Norma OHSAS 18001:2007 en la Unidad Minera Cerro Lindo*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- Macharé, J. S. (1986). Tectónica cenozoica de la margen continental peruana. *Tectónica cenozoica de la margen continental peruana V. 76*, 47-77.
- Mckee, E. &. (1982). Miocene volcanism and deformation in the western Cordillera and high plateaus of south-central Peru. *Bull. Geol.Soc. Am.*, 93(8), 657-662.
- Mégard, F. (1968). *Geología del cuadrángulo de Huancayo 25-m - [Boletín A 18]*. Lima: Servicio de Geología y Minería.
- Mégard, F. (1978). *Etude géologique des Andes du Pérou central*. Paris: ORSTOM.
- Mégard, F. (1984). The Andean orogenic period and its major structures in central and northern Peru. *Journal of the Geological Society*, v. 141, 893-900.
- Mendívil, S. (1965). *Geología de los cuadrángulos de Maure y Antajave (Hojas 35-x, 35-y) - [Boletín A 10]*. Lima: Comisión Carta Geológica Nacional.
- Murillo, J., & Marin, R. (2015). *MINERA AURÍFERA CUATRO DE ENERO SA. Plan de Explotación, Exploración y Desarrollo Subterráneo y Superficial Zona San Martín, Chapi III, Cortada Principal, Victoria y Esperanza Sur-Norte*. Arequipa: Informe Privado de CIA. MINERA MACDESA.
- Noble, D. S. (1985). Demonstration of two pulses of Palaeogene deformation in the Andes of Peru. *Earth and Planetary Science Letters*, 73, 345-349.



- Olchanski , E. (1980). *Geología de los cuadrángulos de Jaquí, Coracora, Chala y Cháparra 31-ñ,31-o, 32-ñ, 32-o - [Boletín A 34]*. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET.
- Oré, C. (2006). *Caracterización y rol de las fallas (E-W) secantes en la mineralización aurífera filoneana del batolito de Pataz, Perú*.
- Paredes, J. (1986). *Prospecto en toda la zona sur del batolito de la costa, Evauación Preliminar*.
- Perez, J. (2013). *Caracterización de la Mineralogía de Alteración Hidrotermal en superficie del Volcan Tacora y sus Alrededores, Región de Arica y Parinacota*. Santiago: Universidad de Chile. Tesis para obtener el grado de ingeniero.
- Pirajno, F. (2009). *Hydrothermal process and mineral systems*. Australia: Geological Survey of Australia, Perth, Australia: Springer.
- Pitcher, W. (1978). The Anatomy of a Batholith. *Journal of the Geological Society*. Vol. 135 part. 2 , 151-182.
- Rivera, R. (1951). La Fauna de los estratos Puente Inga. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú N°22*, 53.
- Roque, R. (2009). *Estudio geológico del yacimiento filoneo cuatro horas emplazado en el batolito de la costa, cuadrangulo de Chaparra - Caraveli – Arequipa*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Sebrier, M. L. (1988). Tectonics and uplift in Central Andes (Peru, Bolivia, and Northern Chile) from Eocene to Present. *Géodynamique*, v. 3, 85-106.
- Sibson, R., Robert, F., & Poulsen, K. (1988). *High-angle reverse faults, fluid-pressure cycling and mesothermal gold-quartz deposits*. *Geology*, Vol. 16, 551-555.
- Sibson, R., Robert, F., & Poulson, K. (1998). High-angle reverse faults, fluid pressure cycling, and mesothermal gold-quartz deposits. *Geology* 16, 551-555.



- Sillitoe, R. H. (1993). Epithermal models: genetic types, geometrical controls and shallow features. *Mineral Deposit Modeling: Toronto, Geological Association of Canada, Special Paper, 40*, 403-417.
- Simmons, S. F., White, N., & John, D. (2005). Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits. *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, 485-522.
- Steinmann, G. (1929). Geología del Perú. *Heidelberg. Carl Winters Universitatsbuchhandlung*, 448.
- Tafur, R., & Izaguirre, M. (2014). *Cómo hacer un proyecto de investigación*. Lima: Alfaomega.
- Ticona, J. (2016). *Evaluación Económica y Financiera para Determinar la Rentabilidad de la Explotación Aurífera de la Minera Cuatro de Enero S.A.-Arequipa*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano-Puno.
- Tumialán, P. H. (2003). *Compendio de Yacimientos Minerales del Perú, Boletín N°10-Serie B*. Lima - Perú: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET.
- Vargas, L. (1970). *Geología del cuadrángulo de Arequipa 33-s - [Boletín A 24]*. Lima: Servicio de Geología y Minería.
- Velarde, D. (2011). *Cálculo de reservas – Proyecto de exploración y desarrollo e intersección de la veta Santa Rosa en el nivel 1780*. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Wilkinson, J. (2001). Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. *Lithos*, 55, 229–272.
- Wilson, J., & Garcia, W. (1962). *Geología de los cuadrangulos de Pachia y Palca (Hojas 36-v y 36-x)*. Lima: Carta geologica Nacional.
- Wilson, J., & Reyes, L. (1964). *Geología del cuadrángulo de Pataz (Hoja 16-h) - [Boletín A 9]*. Lima: Comisión Carta Geológica Nacional.



Zevallos, J. C. (2010). *Informe Geológico Cia. Minera MACDESA*. Arequipa.

Zhang, Y., Hobbs, B. E., Ord, A., Barnicoat, A., Zhao, C., Walshe, J. L., & Lin, G. (2003).

*The influence of faulting on host-rock permeability, fluid flow and ore genesis of gold deposits: a theoretical 2D numerical model ELSEVIER, Journal of Geochemical Exploration 78-79 279-284.*

#### WEBGRAFÍAS.

Castroviejo, R., Yparraguirre, J.A. y Chacón, E.(2007). Litho-geochemistry and fluid flow in the epithermal Veta Rublo base metal-silver deposit, Chonta Mine (Huancavelica, Perú). 23rd International Applied Geochemistry Symposium (IAGS). Universidad de Oviedo. pp. 159-160. Recuperado de <http://oa.upm.es/10967/>

Glosario Técnico Minero. (Agosto de 2003). Obtenido de República de Colombia: <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero>, 168p.

Goldfarb, R.J. y Groves, D.I.(2015). Orogenic gold: Common or evolving fluid and metal sources through time. *Lithos*, 233,2-26. Doi: 10.1016/j.lithos.2015.07.011

Goldfarb, R.J., Groves, D.I. y Gardoll.(2001). Orogenic gold and geologic time: a global synthesis. *Ore Geology Reviews*, 18(1-2), 1-75. Doi: 10.1016/S0169-3565(01)00016-6

Nash, J.T.(1976). Fluid inclusion petrology-data from porphyry copper deposits and applications to exploration. U.S.G.S. Geological Survey Professional Paper 907-D, 16 p. doi: 10.3133/pp907D.



Potter, R.W., Clynne, D.L. y Brown, D.L.(1978). Freezing point depression of 3628 aqueous sodium chloride solutions. *Economic Geology*, 73 (2), 284-285. Doi: 3629 10.2113/gsecongeo.73.2.284



## ANEXOS

- Lámina 01: Mapa de ubicación Chaparra
- Lámina 02: Mapa geológico regional de Chaparra
- Lámina 03: Mapa geológico estructural de Chaparra
- Lámina 04: Mapa geológico local de Chaparra
- Lámina 05: Mapa Geomorfológico de Chaparra
- Lámina 06: Sección Longitudinal Veta Milagrosa Zona San Antonio
- Lámina 07: Sección Longitudinal Veta Milagrosa Zona Esperanza Sur
- Lámina 08: Proyecciones DDH - 11, 12, 13, 14, 15 y 16 del 2018 Zona Esperanza Sur
- Lámina 09: Proyecto DDH-07-DU4-2018 CAM Cortada Principal Esc 2000
- Lámina 10: Proyecto DDH-08-DU4-2018 CAM Cortada Principal Esc 2000
- Lámina 11: Proyecto DDH-09-DU4-2018 CAM Cortada Principal Esc 2000
- Lámina 12: Proyecto DDH-10-DU4-2018 CAM Cortada Principal Esc 1000
- Lámina 13: Proyecto DDH-11-DU4-2018 CAM 520 Esperanza Sur Esc 1000
- Lámina 14: Proyecto DDH-12-DU4-2018 CAM 520 Esperanza Sur Esc 1000
- Lámina 15: Proyecto DDH-13-DU4-2018 CAM 520 Esperanza Sur Esc 1000
- Lámina 16: Proyecto DDH-14-DU4-2018 CAM 520 Esperanza Sur Esc 1000
- Lámina 17: Proyecto DDH-15-DU4-2018 CAM 520 Esperanza Sur Esc 1000
- Lámina 18: Proyecto DDH-16-DU4-2018 CAM 520 Esperanza Sur Esc 1000