

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**“EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DEL PROYECTO PAITITI
YANAQUIHUA – AREQUIPA”**

TESIS

PRESENTADA POR:

ROMELÍ MORALES BACA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
“EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DEL PROYECTO PAITITI
YANAQUIHUA – AREQUIPA”

TESIS

PRESENTADA POR:

ROMELÍ MORALES BACA

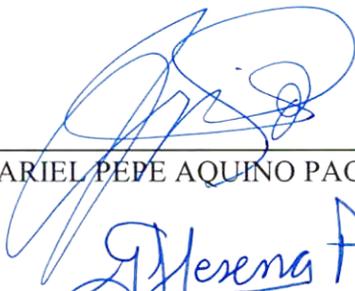
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



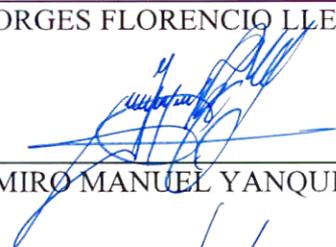
PRESIDENTE

: 
M.Sc. ARIEL PEPE AQUINO PACHECO.

PRIMER MIEMBRO

: 
ING. GEORGES FLORENCIO LLERENA PEREDO.

SEGUNDO MIEMBRO

: 
ING. RAMIRO MANUEL YANQUI COAQUIRA.

DIRECTOR DE TESIS

: 
M.Sc. NEWTON VICTOR MACHACA CUSILAYME.

PUNO - PERÚ

2017

AREA: GEOLOGÍA DE MINAS
TEMA: EXPLORACIÓN GEOLÓGICA

fecha de sustentación: 20 de diciembre 2017

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado:

A mi Abuela Fortunata VILLA G. mis Padres Griselda BACA VILLA y Gerardo MORALES LANZA, por inculcarme los valores y principios haber confiado en mí siempre; a la vez haber sido un gran ejemplo, gracias a ello he alcanzado mis metas con mucho orgullo les debo un eterno agradecimiento y mi retribución total por su gran apoyo, respeto, amor y cariño.

A mis hermanos, Yeyson y Rocío, mi sobrino Alveiro, por haber sido fuente de inspiración y bastón cuando quise desmayar, por sostenerme para seguir este holgado camino. Les agradezco no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino por los grandes lotes de felicidad y de diversas emociones que siempre me han causado.

Por último, dedico esta tesis a todos aquellos que no creyeron en mí, a aquellos que esperaban mi fracaso en cada paso que daba hacia la culminación de mis estudios, a aquellos que nunca esperaban que lograra terminar la carrera, a todos aquellos que apostaban a que me rendiría a medio camino, a todos los que supusieron que no lo lograría, a todos ellos les dedico esta tesis.

Romelí MORALES BACA.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a nuestro divino hacedor, por hacerme un hombre de bien, haber cubierto con su manto a mi familia, mis sueños y proyectos de vida; por sus cuidados y su amor incondicional.

A mi Alma Mater, “**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**”, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica; por la formación Académico Profesional brindada.

A la Empresa Minera Mar E.I.R.Ltda. Al Sr. Mario AYAMAMANI QUISPE, Gerente General de la ya mencionada; por brindarme la oportunidad de laborar en su Empresa, así mismo también haber confiado, motivado y brindado el permiso correspondiente para la realización del presente trabajo de investigación con el fin de contribuir y poder aportar a la geología que más que una ciencia es una pasión.

A mi asesor el M. Sc. Newton V. MACHACA CUSILAYME, asesor externo el Ing. Erick N. CALIZAYA PASTOR; a los miembros del respetable Jurado de este Proyecto de Tesis M. Sc. Ariel P. AQUINO PACHECO, Ing. Georges F. LLERENA PEREDO, Ing. Ramiro M. YANQUI COAQUIRA por su predisposición, observaciones, correcciones, sugerencias, críticas y demás, para la realización de este proyecto de tesis, por el preciado aporte en el ANÁLISIS DE RESULTADOS ya que sin ellos no hubiera sido posible la realización del mismo.

A mis docentes quienes fueron eje y motivo para desarrollarme en el ámbito profesional; el Ing. Roberto Zegarra Ponce por las enseñanzas impartidas durante mis años de estudiante así mismo compartiendo experiencias e induciéndome al gusto por esta hermosa ciencia que es la Geología, Ing. Luis ORTIZ GALLEGOS por sus aportes y conocimientos brindados dentro y fuera, Ing. Juan CALIZAYA ZIRENA, por los preciados consejos y demás.

Por último a todos los Geólogos que compartieron esta linda experiencia conmigo, Edgar VILCA CHARCA, Dersún QUISPE AGUILAR, Jesús VILLALBA CHAMBI, Omar ORIHUELA CONDORI, Efrain BLANCO TORRES.

ÍNDICE GENERAL

<i>DEDICATORIA</i>	I
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	II
<i>ÍNDICE GENERAL</i>	III
<i>LISTA DE FIGURAS</i>	IX
<i>ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS</i>	X
<i>INDICE DE CUADROS</i>	XI
<i>LISTA DE MAPAS</i>	XII
<i>RESUMEN</i>	XVI
<i>ABSTRACT</i>	XVII

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	3
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	3
1.3 ANTECEDENTES	3
1.4 HIPÓTESIS	4
1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	4
1.4.2 HIPÓTESIS SECUNDARIAS.....	5
1.5 OBJETIVOS	5
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	5
1.6 JUSTIFICACIÓN	5
1.6.1 Teórico.....	5
1.6.2 Práctico.....	6
1.6.3 Metodológico.....	6

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 DEPÓSITOS EPITERMALES	7
2.2 DEPÓSITOS DE AU-AG DE BAJA SULFURACIÓN	11
2.2.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	12
2.2.2 AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN / MARCO GEOLÓGICO	12
2.2.3 EDAD DE MINERALIZACIÓN	13
2.2.4 TIPOS DE ROCAS HUÉSPED/ASOCIADAS	13
2.2.5 FORMA DE LOS DEPÓSITOS	14
2.2.6 TEXTURA/ESTRUCTURA	14
2.2.7 MINERALOGÍA DE MENAS.....	14
2.2.8 GUÍAS DE EXPLORACIÓN	16
2.2.9 FACTORES ECONÓMICOS	17
2.3 DEPÓSITOS DE AU-AG-CU DE ALTA SULFURACIÓN	17
2.3.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	18
2.3.2 AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN / MARCO GEOLÓGICO	18
2.3.3 EDAD DE MINERALIZACIÓN	19
2.3.4 TIPOS DE ROCAS HUÉSPED/ASOCIADAS	19
2.3.5 FORMA DE LOS DEPÓSITOS	19
2.3.6 TEXTURA/ESTRUCTURA	19
2.3.7 MINERALOGÍA DE MENAS.....	19
2.3.8 GUÍAS DE EXPLORACIÓN	21
2.3.9 FACTORES ECONÓMICOS	22
2.4 EXPLORACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS YACIMIENTOS EPITERMALES.....	23
2.5 DETERMINACION DE LEY Y TONELAJE.....	24
2.6 PROCESAMIENTO DEL MINERAL.....	26
2.7 IMPORTANCIA DE LOS YACIMIENTOS EPITERMALES.....	27
2.8 TABLA COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS EPITERMALES DE ALTA INTERMEDIA Y BAJA SULFURACIÓN	27
2.8.1. Reconocimiento macro - a mesoscópico.	27
2.8.2. Reconocimiento meso- a microscópico.....	29
2.8.3. Datos analíticos	30
2.9 MARCO TEÓRICO.....	31

2.9.1 Alteraciones Hidrotermales	31
2.9.2 Agua (Fluido) Hidrotermal	31
2.9.3 Alteración Argílica	31
2.9.4 Alteración Argílica Intermedia	32
2.9.5 Alteración Fílica	32
2.9.6 Alteración Potásica	33
2.9.7 Alteración Pervasiva	34
2.9.8 Alteración Hidrotermal	34
2.9.8.1 Asociación	34
2.10 GEOLOGÍA ECONÓMICA	34
2.10.1 Mineralización	35
2.11 GEOQUÍMICA	35
2.11.1 Anomalía Geoquímica	35
2.12 OROGÉNESIS	35
2.13 ANOMALÍAS	36
2.14 ESTRUCTURAS	36
2.15 EXPLORACIÓN	37
2.16 MINERAL	37
2.16.1 Cristalización	38
2.16.2 Clivaje	38
2.16.3 Fractura	38
2.16.4 Forma	39
2.16.5 Densidad o peso específico	39
2.17 MINERALOGÍA	39
2.18 YACIMIENTO	39
2.19 FILONES	40
2.20 FLUIDOS MINERALIZANTES	40
2.21 FALLAS Y FISURAS	41
2.22 ANÁLISIS ESTRUCTURAL	41
2.22.1 Análisis Descriptivo	41
2.23 TREND	43
2.24 VETA O FILON	44
2.25 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA	44
2.25.1 UBICACIÓN Y ACCESO	44

2.25.2 PROPIEDAD MINERA	45
2.25.2.1 MARTHA DOS	45
2.25.2.2 MARTHA TRES	46
2.25.2.3 MILAGROS SIETE	46
2.25.2.4 PAITITI DIEZ	48
2.26 GEOLOGÍA REGIONAL	48
2.26.1 ESTRATIGRAFÍA	49
2.26.1.1 Complejo Basal – (Pe-gn)	50
2.26.1.2 Formación Caraveli – (Ti-cv)	51
2.26.1.3 Volcánicos senca - (Ts-vse).....	51
2.26.1.4 Depósitos Cuaternarios – (D-q).....	53
2.26.1.5 Súper Unidad Incahuasi - (Ks-gd/to-in) / (Ks-di-in)	53
2.26.1.6 Súper Unidad Tiabaya - (Ks-gd-ti).....	54
2.27 GEOLOGIA LOCAL.....	55
2.27.1 Complejo Bella Unión – (Kms-bu).	56
2.27.2 Batolito de la costa	56
2.27.3 Depósitos Cuaternarios – (D-q).....	57
2.27.4 Súper – Unidad Incahuasi - (Ks-gd/to-in) / (Ks-di-in)	57
2.27.5 Súper – Unidad Tiabaya (Ks-gd-ti).	58
2.28 GEOMORFOLOGÍA.....	58
2.28.1 Topografía	58
2.28.2 Clima	59
2.28.3 Flora.....	60
2.28.4 Fauna	60
2.28.5 Drenaje e Hidrografía	61
2.29 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	62
2.29.1 ANÁLISIS CINEMÁTICO	62
2.29.1.1 FUNDAMENTO	63
2.29.1.2 INDICADORES CINEMÁTICOS.....	63
2.30 MODELOS DE FRACTURACIÓN	67
2.30.1 Fracturas Desarrolladas en una zona de cizallamiento – Modelo de Riedel	67
2.31 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL	68
2.32 METALOGENIA	70

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	73
3.1.1 Recopilación y revisión de información bibliográfica.	73
3.2 TRABAJO DE CAMPO	73
3.3 TRABAJO DE GABINETE	74
3.3.1 Evaluación geológica del yacimiento	74
3.3.2 Procesamiento e identificación de los resultados de muestras	74
3.3.3 Redacción del documento final.	74
3.4 INSTRUMENTOS EQUIPOS Y MATERIALES.....	75

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARTOGRAFIADO SUPERFICIAL.....	76
4.2 MUESTREO	76
4.3 MARTHA TRES	77
4.4 GEOQUÍMICA.....	79
4.5 INTERCEPTOS OBTENIDOS EN LA PRIMERA FASE DE EXPLORACIÓN.....	79
4.6 INTERCEPTOS OBTENIDOS EN LA SEGUNDA FASE DE EXPLORACIÓN ...	80
4.6.1 CUADROS ESTADÍSTICOS	81
4.7. ESTUDIO GEOFÍSICO DEL PROYECTO PAITITI	84
4.7.1 TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA (RESISTIVIDAD)	84
4.7.1.1 Objetivo del método.	86
4.7.1.2 Esquema básico del funcionamiento del método.....	86
4.7.1.3 La resistividad eléctrica.	87
4.7.1.4 Factores que afectan a la resistividad.	87
4.7.1.5 Equipo requerido.	88
4.7.1.6 Metodología de campo.	89
4.7.1.6.1 Planificación de la campaña de reconocimiento.....	89
4.7.2 POLARIZACIÓN INDUCIDA (CARGABILIDAD).....	91
4.7.2.1 Fundamentos.....	91

4.7.2.2 Procedimiento en el terreno	91
4.7.2.3 Método de frecuencia variable	93
4.7.2.4 Aplicaciones	94
4.7.2.5 Método de potencial propio o espontáneo respectivamente	95
4.7.2.6 Procedimiento de medición	95
4.8 INTERCEPTOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO DE SUPERFICIE	
RELIZADO EN VETAS Y CAJAS	97
4.9 CARACTERIZACIÓN MACROSCÓPICA DE MUESTRAS.....	101
4.10 CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA Y TEXTURAL.....	105
4.11 MICROSCOPIA Y PETROGRAFÍA	108
4.12 AMBIENTE DE FORMACION.	110
V. CONCLUSIONES	114
VI. RECOMENDACIONES.....	116
VII. REFERENCIAS	117

ANEXOS

- **CERTIFICADOS DE ANÁLISIS (LABORATORIO ALS PERU S.A.)**
- **FOTOGRAFÍAS Y DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS.**
- **MAPA DE UBICACIÓN.**
- **MAPA DE ACCESIBILIDAD.**
- **MAPA GEOLÓGICO LOCAL.**
- **MAPA GEOQUÍMICO.**
- **MAPA ESTRUCTURAL.**
- **SECCIÓN.**

LISTA DE FIGURAS

Número	Descripción	Pag.
1.	FORMACIÓN DE LOS YACIMIENTOS DE ALTA Y BAJA SULFURACIÓN	10
2.	ESQUEMA DE LA COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LAS ALTERACIONES HIDROTERMALES ASOCIADAS A LA FORMACIÓN DE DEPÓSITOS MINERALES EPITERMALES, MESOTERMALES Y PORFÍDICOS, SEGÚN EL PH DE LAS SOLUCIONES MINERALIZANTES	11
3.	PROPIEDAD MINERA.	45
4.	GEOLOGÍA REGIONAL.	49
5.	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL CUADRÁNGULO DE CARAVELI.	52
6.	TECTOGLIFOS.	66
7.	MODELO DE RIEDEL	69
8.	BRECHA HIDROTERMAL (HBX) EMPLAZADO COMO SEGUNDO EVENTO	70
9.	METALOGÉNESIS DEL PROYECTO PAITITI.	72
10.	PRIMERA ETAPA DE EXPLORACIÓN DEL PROYECTO PAITITI.....	78
11.	VALORES GEOQUÍMICOS OBTENIDOS EN LAS DOS ETAPAS DE EXPLORACIÓN.....	83
12.	ESQUEMA DEL “ELECTRICAL IMAGING”	84
13.	ESQUEMA DEL “ELECTRICAL TOMOGRAPHY”	84
14.	ESQUEMA BÁSICO DE LOS MÉTODOS DE RESISTIVIDAD.....	86
15.	ESQUEMA DEL DISPOSITIVO REQUERIDO	89
16.	PERFIL DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA (RESISTIVIDAD).....	90
17.	PERFIL DE IP N° “1”.....	96
18.	PERFIL DE IP N° “2”.	96
19.	MUESTRAS PERTENECIENTES A LA VETA PRINCIPAL.	108
20.	REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL AMBIENTE HIDROTERMAL EN COMPARACIÓN CON UN AMBIENTE OROGÉNICO.	1122
21.	REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL MODELO PROPUESTO COMO YACIMIENTO DE ORIGEN ORO OROGÉNICO.....	113

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Número	Descripción	Pag.
1.	GEOMORFOLOGÍA	59
2.	CLIMA.....	59
3.	FLORA.....	60
4.	HIDROGRAFÍA	61
5.	RECOLECCIÓN, EMBALADO Y CODIFICACIÓN DE MUESTRAS	77
6.	MUESTRA DE MANO DE UNA GRANODIORITA	102
7.	MUESTRA DE MANO DE UNA DIORITA.....	103
8.	MUESTRA DE MANO DE UNA ANDESITA	103
9.	MUESTRA DE UNA ESTRUCTURA MINERALIZADA CON PRESENCIA DE ORO LIBRE	104
10.	ZONACIÓN DE ALTERACIÓN HIDROTHERMAL A PARTIR DE LA ESTRUCTURA MINERALIZADA PRINCIPAL	106
11.	LÁMINA DELGADA DE UNA MUESTRA DE COMPOSICIÓN GRANODIORÍTICA.....	109
12.	LÁMINA DELGADA DE UNA MUESTRA DE COMPOSICIÓN DIORÍTICA.....	110

INDICE DE CUADROS

Número	Descripción	Pag.
CUADRO N° 01:	VALOR DE CADA METAL POR TONELADA.	25
CUADRO N° 02:	RECONOCIMIENTO MACRO A MESOSCÓPICO	28
CUADRO N° 03:	RECONOCIMIENTO MESO A MICROSCÓPICO	29
CUADRO N° 04:	DATOS ANALÍTICOS	30
CUADRO N° 05:	UBICACIÓN Y ACCESO	44
CUADRO N° 06:	MARTHA DOS	46
CUADRO N° 07:	MARTHA TRES	47
CUADRO N° 08:	MILAGROS SIETE	47
CUADRO N° 09:	PAITITI DIEZ	48
CUADRO N° 10:	INTERCEPTOS OBTENIDOS EN LA PRIMERA FASE.....	79
CUADRO N° 11:	RANGOS GEOQUÍMICOS	80
CUADRO N° 12:	INTERCEPTOS OBTENIDOS EN LA SEGUNDA FASE.....	80
CUADRO N° 13:	RANGOS GEOQUÍMICOS	811
CUADRO N° 14:	CUADRO ESTADÍSTICO DE LA PRIMERA FASE EXPLORACIÓN.....	81
CUADRO N° 15:	CUADRO ESTADÍSTICO DE LA SEGUNDA FASE EXPLORACIÓN.....	82
CUADRO N° 16:	VALORES DE P PARA ALGUNAS ROCAS.	94
CUADRO N° 17:	INTERCEPTOS OBTENIDOS DE LA PRIMERA Y SEGUNDA FASE DE EXPLORACION DEL PROYECTO PAITITI.	97
CUADRO N° 18:	SECUENCIA PARAGENÉTICA DEL SISTEMA VETIFORME.....	107

LISTA DE MAPAS

N°	DESCRIPCIÓN	PAG.
01.-	Mapa de Ubicación.	Anexos
02.-	Mapa de Accesibilidad.	Anexos
03.-	Mapa de Geología local.	Anexos
04.-	Mapa Geoquímico.	Anexos
05.-	Mapa Estructural.	Anexos
06.-	Sección N° 1.	Anexos

ACRÓNIMOS**SIGLAS**

EIA	: Evaluación de Impacto Ambiental.
EPP	: Equipo de protección personal.
INGEMMET	: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.
MA	: Millones de años.

UNIDADES DE MEDIDA

cm	: Centímetro.
g/t	: gramos por tonelada.
ha	: Hectárea(s).
Km	: Kilometro.
m	: Metros.
mm	: Milímetros.
m.s.n.m	: Metros sobre el nivel del mar.
L	: Longitud.
Tm	: Toneladas.

ABREVIATURAS

Ks-gd-t	: Súper Unidad Tiabaya.
Ks-t-i	: Súper Unidad Incahuasi.
Ox	: Oxido.
SC	: Silice Clay.
SCP	: Silice Clay Pirita.
Tp-se	: Formación Sencca.
V-C	: Colinas.
V-E	: Escarpas.

MINERALES

Ab	: albita.
Ac	: actinolita.
Ad	: adularia.
Ag	: Plata.
Al	: alunita.
And	: andalucita.
Au	: oro.
Bi	: biotita.
Ca	: calcedonia.
Cb	: carbonatos (de Ca, Mg, Mn y/o Fe).
Cc	: calcita.
Cl	: clorita.
Co	: corindón.
Cr	: cristobalita.
Cu	: cobre.
Dc	: dickita.
Di	: diáspora.
Do	: dolomita.
Ep	: epidota.
Fp	: feldespatos potásicos.
Goe	: goethita.
Ha	: halloysita.
Hem	: hematita.
I	: illita o illita–esmectita.
Jar	: jarosita.
K	: caolinita.
Mt	: magnetita.
Op	: ópalo o sílice opalina.
Pi	: pirofilita.
Px	: clinopiroxenos.
Py	: pirita.
Q	: cuarzo.
Se	: sericita.

Si	: siderita.
Sm	: esmectita o esmectita–illita.
Tri	: tridimita.
Z	: zeolitas.

RESUMEN

El proyecto PAITITI, se encuentra ubicado a 3 Km, al Nor-Este del anexo La Barrera; políticamente pertenece a la comunidad de ISPACAS, distrito de Yanaquihua, provincia de Condesuyos, Región Arequipa.

La exploración geológica del proyecto PAITITI Yanaquihua -Arequipa, tiene como base principal la búsqueda de evidencias minerales y anomalías de elementos existentes. Una vez hallado estos parámetros, se ha contemplado cuantificar el recurso económico encontrado y cartografiar las evidencias utilizando métodos geológicos, geoquímicos y estructurales; se espera establecer zonas de alto potencial y diferenciar la litología existente, así mismo entender los patrones estructurales y tectónicos que dieron formación al yacimiento, caracterizar el tipo de yacimiento al que pertenece y valorizar el proyecto.

Se ha contemplado ejecutar dos campañas de exploración, con la finalidad de cartografiar y coleccionar muestras para sus respectivos análisis geoquímicos por elementos económicos de Oro (Au) y Plata (Ag), el procedimiento de cartografiado deberá estar en escalas 2K y 5K para su posterior presentación en escala comprensible de 10K, dentro del cartografiado se obtendrán también datos estructurales de diferentes estaciones, el que determinará los diferentes esfuerzos tectónicos que ha sufrido la zona de estudio, debido a ello es que se presentan estructuras con relleno mineralizado, es importante clasificar las estructuras PRE y POST. Todos estos datos recolectados serán procesados e interpretados en programas computacionales para elaborar un informe de evaluación indicando la viabilidad del proyecto PAITITI, a demás.

Palabras claves

Anomalías, estructuras, exploración, mineralización, yacimiento.

ABSTRACT

The project PAITITI is located 3 Km to the north - east of the Annex The Barrier; politically belongs to the community of Yanaquihua ISPACAS, district, province of Condesuyos Arequipa Region.

The geological exploration of the project PAITITI Yanaquigua – arequipa, has as main base the search for evidence minerals, and anomalies on existing ítems. Once found these parameters, has been provided to quatify the economic resource is foun, and mapping ut the evidence using methods geological, geochemical and structural; it is expected to establish high potential areas and differentiate the lithology existing, as well as understand the structural and tectonic patterns that gave training to the site, to characterize the type of deposit to which it belongs and add value to the Project.

It has been referred to run two campaiings of exploration, with the purpose of mapping and collecting samples for their respective geochemical analyses for economic elements of Gold (Au) and Silver (Ag), the procedure of mapping should be at scales 2K and 5K for subsequent presentation on a scale comprehensible of 10K within the mapping, it the will also obtain structural data of different stations, which will determine the different efforts tectonic that has undergone the study área, because of this, it presents structures with mineralized backfill, it is important to classify the structures PRE y POST. All these data collected will be processed and interprete don computer programas to draw up an evaluation report indicating theses feasibility of the Project PAITITI.

Key Words:

Anomalíes, Structures, Exploration, Mineralization, Deposit.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de yacimientos minerales auríferos, ha incrementado la demanda por parte de inversión nacional y extranjera, así mismo la economía nacional se encuentra en una etapa de crisis el que no ha permitido que se desarrollen estudios geológicos y de exploración en el ámbito peruano; por lo cual la Empresa Minera Mar E.I.R.Ltda. con capital peruano y motivado por la necesidad de expansión, decide realizar estudios de exploración en la cordillera occidental, enmarcada dentro de la Región Arequipa.

Los diferentes trabajos de prospección nos han ayudado a encontrar el yacimiento PAITITI, entre el límite de la cordillera occidental y oriental, comprendido por el afloramiento de estructuras rellenas con mineralización Aurífera y enmarcado por rocas de características plutónicas pertenecientes a al Cretáceo superior.

Bajo las premisas de la EMPRESA MINERA MAR E.I.R.Ltda. Se procede a evaluar las concesiones comprendidas como PROYECTO PAITITI. Los estudios geológicos realizados fueron comprendidos en dos etapas, la primera

etapa tuvo una duración de dos meses (enero-febrero del 2014), la segunda se ha realizado en 5 meses (agosto – diciembre del 2016).

Los trabajos que se han realizado dentro de las propiedades de sustancia minera que comprende el PROYECTO PAITITI, han sido netamente trabajos de campo, el que comprende; cartografiado geológico, recolección de muestras para análisis geoquímico, recolección de datos estructurales, elaboración de mapas y secciones geológicas, elaboración de informes finales que se ha realizado en las oficinas de la empresa en el mes de ENERO del 2017.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El reconocimiento de nuevos yacimientos mineros y la búsqueda de mineral aurífero han incrementado la demanda de realizar evaluaciones geológicas en el ámbito Peruano, es por ello que las empresas mineras deciden invertir en la exploración de nuevos yacimientos en todo el Perú; por ende la EMPRESA MINERA MAR E.I.R.Ltda. Decide explorar, para realizar una evaluación geológica en sus concesiones, ubicadas al sur del Perú (Región Arequipa).

Siendo esta una empresa con capital Peruano, ha generado la principal necesidad de aumentar sus reservas e identificar nuevas zonas con alto potencial mineralógico.

En el proyecto Paititi, se ha evidenciado diferentes tipos de rocas similares a las que se encuentran en las minas aledañas, las que actualmente vienen siendo explotadas por metales económicos como el Oro, de esta forma también se ha reconocido estructuras mineralizadas con evidencias similares y la EMPRESA MINERA MAR E.I.R.Ltda. ha generado la posibilidad de estudiar estas evidencias, de forma sistemática.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La EMPRESA MINERA MAR E.I.R.Ltda. ha decidido explorar sus concesiones ubicadas en la Región Arequipa, siendo de gran importancia el estudio y exploración de los afloramientos de roca y minerales expuestos en superficie. La necesidad de aumentar las reservas y el potencial del proyecto PAITITI, ha generado la interrogante principal:

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

- ¿Determinar el tipo de yacimiento?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Definir la litología en la zona de mineralización?
- ¿Cuáles son los minerales de mena y ganga?

De esta forma se ha planteado realizar diferentes métodos de estudio para determinar los parámetros necesarios que la EMPRESA MINERA MAR E.I.R.Ltda. Necesita evaluar de forma económica el potencial mineralógico del Proyecto PAITITI.

1.3 ANTECEDENTES

Las propiedades mineras se encuentran políticamente ubicadas en la Región de Arequipa, Provincia de Condesuyos, Distrito de Yanaquihua, Anexo la Barrera.

Dichas Concesiones se encuentran ubicadas dentro la franja metalogenética de importantes y numerosos yacimientos minerales de oro (Au), dentro de las cuales podemos mencionar y destacar los siguientes:

- Minas Eugenia.
- Gran León.

- Mina San Juan de Chorunga.
- Minas Miski (Secocha).
- Minas Arirahua en la quebrada.
- Huichuccuy.
- Mina Posco en Urasqui.
- Minas Alpacay o Cerro Rico en Yanaquihua.
- Mina La Huaca, entre otras.

En el Proyecto PAITITI; como antecedente minero principal cuenta con estudios realizados por empresas de exploración con intención de minado convencional a:

- COMPAÑÍA DE EXPLORACIONES ORION S.A.C.
- COMPAÑÍA MINERA SAN PEDRO DE CORONGO S.A.C.

Estas empresas dejaron una galería de 200 metros con evidencia expuesta de mineralización.

En el año 2014 se ha llegado a un acuerdo con la comunidad para realizar trabajos de exploración, actualmente se cuenta con permiso viable para realizar cualquier trabajo de minería en las concesiones que se encuentran enmarcadas dentro del proyecto PAITITI.

1.4 HIPÓTESIS

El estudio de **“EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DEL PROYECTO PAITITI”** plantea tres alternativas; las cuales se basan en:

1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

- En base a la investigación desarrollada se le asigna un modelo tipo epitermal de baja sulfuración.

1.4.2 HIPÓTESIS SECUNDARIAS

- La litología presente en el proyecto está principalmente representada por rocas ácidas.
- En el proyecto PAITITI es posible encontrar minerales económicos.

Como consecuencia de la incertidumbre que se ha generado, es que se requiere contar con la suficiente información recolectada de campo para poder sustentar las bases científicas de formación del proyecto, principalmente es necesario obtener resultados de laboratorio acompañados de procesamiento en gabinete.

Acorde a toda la información existente y en base a las anomalías que se presentan en campo con el paso del tiempo, estas dudas son tema de discusión principal para la realización de este trabajo.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL.

- Determinar el tipo de yacimiento en base a las características mineralógicas.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Caracterizar el tipo de roca y su reactividad química.
- Identificar los principales minerales de mena, así como los de ganga.

1.6 JUSTIFICACIÓN

1.6.1 Teórico

El proyecto PAITITI, presenta evidencias de mineralización que requiere de comprobación y sustento de carácter científico, para categorizar y determinar

principalmente el tipo de depósito, el cual provendrá de la evaluación y estudio geológico que se propone realizar.

1.6.2 Práctico

Se ejecutó dos campañas de exploración, donde se determinó que el proyecto PAITITI es viable, a partir de la evaluación y estudio geológico que se realizó, se determinó el tipo de yacimiento, litología y mineralización presente en la zona de estudio.

1.6.3 Metodológico

La metodología de exploración fue en base al cartografiado y colección de muestras para sus respectivos análisis geoquímicos por elementos económicos de Oro (Au) y Plata (Ag), el procedimiento de cartografiado deberá estar en escalas 2K y 5K para su posterior presentación en escala comprensible de 10K.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 DEPÓSITOS EPITERMALES

Son aquellos en los que la mineralización ocurrió dentro de 1 a 2 Km de profundidad desde la superficie terrestre y se depositó a partir de fluidos hidrotermales calientes.

Los fluidos se estiman en el rango desde $<100^{\circ}\text{C}$ hasta unos 320°C y durante la formación del depósito estos fluidos hidrotermales pueden alcanzar la superficie como fuentes termales.

Los depósitos epitermales se encuentran de preferencia en áreas de volcanismo activo alrededor de los márgenes activos de continentes o arcos de islas y los más importantes son los de metales preciosos (Au, Ag), aunque pueden contener cantidades variables de Cu, Pb, Zn, Bi, etc.

La mineralización epitermal de metales preciosos puede formarse a partir de dos tipos de fluidos químicamente distintos.

Los de “**baja sulfuración**” son reducidos y tienen un pH cercano a neutro (la medida de concentración de iones de hidrógeno).

Los fluidos de “**alta sulfuración**”, los cuales son más oxidados y ácidos.

Los términos de alta y baja sulfuración fueron introducidos por Hedenquist (1987) y se refieren al estado de oxidación del azufre.

En ambos tipos de depósitos (BS y AS) los fluidos circulan hacia la superficie a través de fracturas en las rocas y la mineralización a menudo se presenta en esos conductos (mineralización controlada estructuralmente), pero también pueden circular por niveles de rocas permeables y eventualmente mineralizar ciertos estratos.

Los fluidos de BS generalmente forman vetas de relleno con metales preciosos o series de vetas/vetillas más finas, denominadas “**stockwork**” o “**sheeted-veins**”.

Los fluidos de AS más calientes y ácidos penetran más en las rocas huéspedes originando cuerpos mineralizados vetiformes, pero también diseminación en las rocas.

Los depósitos de oro de BS pueden contener cantidades económicas de Ag y cantidades menores de Pb, Zn y Cu, mientras los de sistemas auríferos de AS a menudo producen cantidades económicas de Cu y algo de Ag. Albino, G.V. (1994): Time-pH-fO₂ Paths of Hydrothermal Fluids and the Origin of Quartz-Alunite- Gold Deposits; United States Geological Survey, Bulletin 2081.

A) Esquema comparativo de la estructura, procesos, tipos de alteración, volátiles liberados, temperaturas, pH, tipos de fluidos y reacciones involucradas en la formación de los depósitos epitermales de baja y alta sulfuración. Igualmente se muestra su relación con las rocas magmáticas como fuente de calor, fluidos y componentes químicos para estos depósitos, comprendiendo

desde una cámara magmática en proceso de enfriamiento, la formación de depósitos metálicos relacionados a pórfidos (cupríferos, auríferos, o molibdeníferos), hasta el ambiente epitermal (modificado de Sillitoe, 1995; con base en los datos de Hedequist y Lowenstern, 1994; Gammons y Williams-Jones, 1997; Corbett y Leach, 1998).

La posición de la transición frágil-dúctil se ha ubicado en temperaturas de ~ 400°C, y a 5–7 km de profundidad (p.e. Fournier, 1991; Nielson et al., 1999). (Ver imagen N° 01).

B) Esquema de la composición mineralógica de las alteraciones hidrotermales asociadas a la formación de depósitos minerales epitermales, mesotermiales y porfídicos, según el pH de las soluciones mineralizantes (modificado y simplificado de Corbett y Leach, 1998).

Abreviaciones:

Ab = albita, Ac = actinolita, Ad = adularia, Al = alunita, And = andalucita, Bi = biotita, Ca = calcedonia, Cb = carbonatos (de Ca, Mg, Mn y/o Fe), Cc = calcita, Cl = clorita, Co = corindón, Cr = cristobalita, Dc = dickita, Di = diápora, Do = dolomita, Ep = epidota, Fp = feldespatos potásicos, Ha = halloysita, I = illita o illita – esmectita, K = caolinita, Mt = magnetita, Op = ópalo o sílice opalina, Pi = pirofillita, Px = clinopiroxenos, Q = cuarzo, Se = sericita, Si = siderita, Sm = esmectita o esmectita–illita, Tri = tridimita, Z = zeolitas (de menor a mayor temperatura: natrolita, chabazita, mordenita, heulandita; laumontita; wairakita). Reyes (1990 y 1991), Hedenquist et al. (1992), Simmons y Browne (1997) y González-Partida (2000).

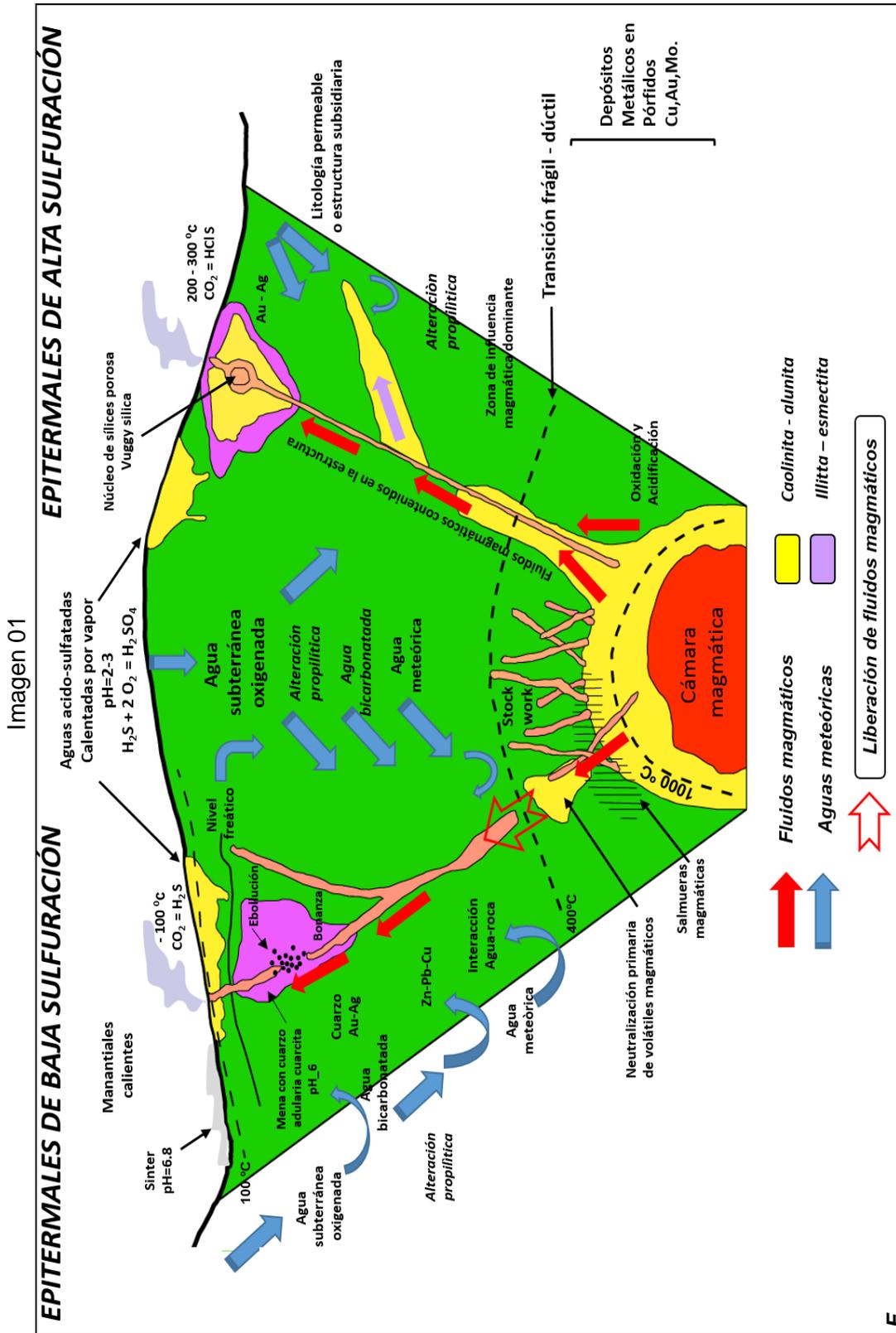


FIGURA N° 1. Formación de los yacimientos epitermales de alta y baja sulfuración. (Camprubí et al. 1999 y 2003).

Imagen N° 02

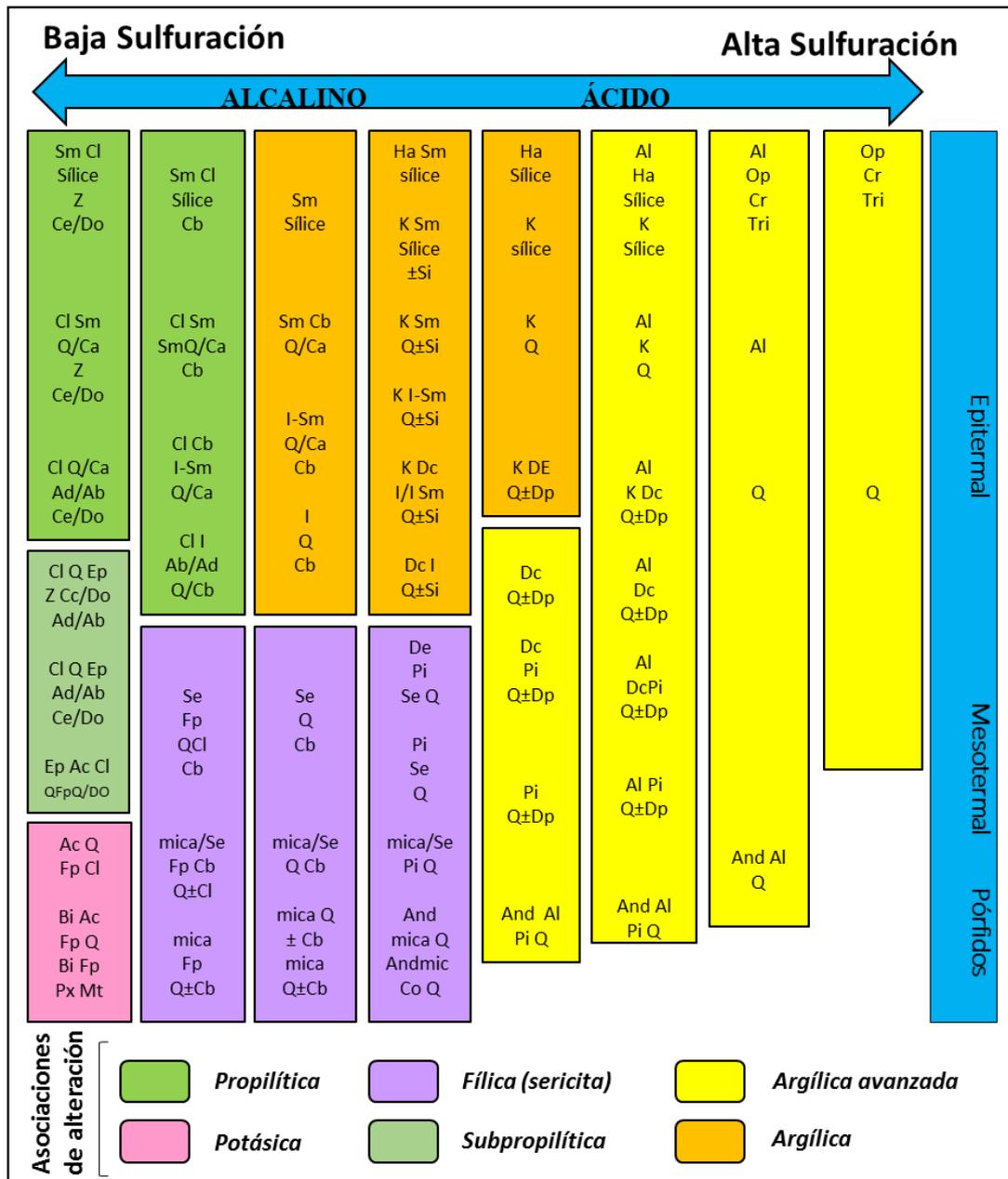


FIGURA N° 2 Esquema de la composición mineralógica de las alteraciones hidrotermales (Reyes (1990 y 1991), Hedenquist et al. (1992), Simmons y Browne (1997) y González-Partida (2000)).

2.2 DEPÓSITOS DE AU-AG DE BAJA SULFURACIÓN

Los fluidos de baja sulfuración (BS) son una mezcla de aguas-lluvias (aguas meteóricas) que han percolado a subsuperficie y aguas magmáticas (derivadas de una fuente de roca fundida a mayor profundidad en la tierra) que han ascendido hacia la superficie.

Los metales preciosos han sido transportados en solución como iones complejos (en general bi-sulfurados a niveles epitermales; clorurados a niveles más profundos) y para fluidos de baja sulfuración la precipitación de metales ocurre cuando el fluido hierve al acercarse a la superficie (ebullición).

- **Sinónimos:** Adularia-sericita; cuarzo-adularia; tipo Comstock; tipo Sado; bonanzas de Au-Ag; hidrotermal alcali-cloruro.
- **Sustancias:** (subproductos): Au, Ag (Pb, Zn,Cu).

Ejemplos: El Bronce, Fachinal, El Peñón, Caracoles, Cachinal de la Sierra, Río del Medio en Chile; Comstock, Aurora (Nevada, USA), Creede (Colorado, USA), Guanajuato (México); Sado, Hishikari (Japón); **Colqui (Perú)**; Baguio (Filipinas); Ladolam (Lihir, Papua Nueva Guinea).

2.2.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

A) Descripción breve: Vetas de cuarzo, stock Works y brechas con oro, plata, electrum, argentita, pirita, con cantidades menores y variables de esfalerita, calcopirita, galena, a veces con tetrahedrita y sulfosales en niveles altos o cercanos a la superficie.

La mena normalmente exhibe texturas de relleno de espacios abiertos y está asociada a sistemas hidrotermales relacionados a volcanismo o geotermales.

B) Marco tectónico: Arcos de islas volcánicas y arcos magmáticos de márgenes continentales activos; también en campos volcánicos continentales relacionados a estructuras de extensión.

2.2.2 AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN / MARCO GEOLÓGICO

Sistemas hidrotermales de nivel alto, desde profundidades de 1 Km a fuentes termales superficiales. Sistemas de fallas regionales relacionadas a grabens,

calderas resurgentes, complejos de domos de flujo y raramente en sistemas de mar-diatremas.

Estructuras de extensión en campos volcánicos (fallas normales, ramificaciones de fallas, vetas en echelón, lazos cimoides, etc.) son comunes; localmente se presentan en rellenos clásticos de graben o de calderas.

En algunas áreas se presentan stocks subvolcánicos (de nivel alto) y/o diques de guijarros y diatremas. Localmente estructuras domales o resurgentes se relacionan a cuerpos intrusivos subyacentes.

2.2.3 EDAD DE MINERALIZACIÓN

Cualquier edad, pero los depósitos Terciarios son los más abundantes debido a que se trata de depósitos formados cerca de la superficie y que pueden ser erosionados fácilmente. En Columbia Británica, Canadá los importantes son Jurásicos, en Australia se han descrito depósitos paleozoicos.

Los depósitos chilenos son del Jurásico (Fachinal), Cretácico Superior (El Bronce de Petorca), Paleoceno (Caracoles, Cachinal de la Sierra) o Mioceno (Río del Medio). Los depósitos están cercanamente relacionados a las rocas volcánicas huéspedes, pero invariablemente son algo más jóvenes en edad (0,5 a 1 Ma, más o menos).

2.2.4 TIPOS DE ROCAS HUÉSPED/ASOCIADAS

Rocas volcánicas de distintos tipos, predominando aquellas de tipo calco-alcalino. Algunos depósitos se presentan en áreas de volcanismo bimodal y de extensos depósitos de flujos piroclásticos subaéreos (ignimbritas).

Existe una asociación menos común con rocas volcánicas alcalinas y shonshoníticas. Sedimentos clásticos y epiclásticos en cuencas intra-volcánicas y depresiones estructurales.

2.2.5 FORMA DE LOS DEPÓSITOS

Las zonas de mena están típicamente localizadas en estructuras, pero pueden ocurrir en litologías permeables. Las zonas de mena centradas en conductos hidrotermales controlados por estructuras típicamente tienden a abrirse hacia arriba. Vetas grandes (>1 m de potencia y cientos de metros de corrida) o pequeñas y stockworks son comunes con diseminaciones y reemplazos menos prominentes. Los sistemas de vetas pueden ser extensos lateralmente, pero las bolsonadas de mena tienen extensión vertical relativamente restringida. Las zonas de alta ley se encuentran comúnmente en zonas de dilatación en fallas, en flexuras, ramificaciones y en lazos cimoides.

2.2.6 TEXTURA/ESTRUCTURA

Relleno de espacios abiertos, bandeamiento simétrico y de otros tipos, crustificación, estructura en peineta, bandeamiento coliforme y brechización múltiple.

2.2.7 MINERALOGÍA DE MENAS

Principal y subordinada: Piritita, electrum, oro, plata, argentita; calcopirita, esfalerita, galena, tetrahedrita, sulfosales de plata y/o seleniuros. Los depósitos están comúnmente zonados verticalmente en 250 a 350 m siendo ricos en Au-Ag y pobres en metales base en el techo, gradando hacia abajo a una porción rica en plata y metales base, luego a una zona rica en metales base y en profundidad a una zona piritosa pobre en metales base. Desde superficie a profundidad las zonas de metal contienen: Au-Ag-As-Sb- Hg, Au-Ag-Pb-Zn-Cu, Ag-Pb-Zn. En rocas huéspedes alcalinos pueden ser abundantes los telururos, mica de vanadio (roscoelita) y fluorita, con cantidades menores de molibdenita.

A) Mineralogía de ganga (principal y subordinada): Cuarzo, amatista, calcedonia, cuarzo pseudomorfo de calcita en placas, calcita; adularia, sericita, baritina, fluorita, carbonatos de Ca-Mg-Mn-Fe como rodocrosita; hematita y clorita.

B) Mineralogía de alteración: Extensa silicificación en menas con múltiples generaciones de cuarzo y calcedonia, comúnmente acompañadas de calcita. Silicificación pervasiva en las envolventes de las vetas y flanqueadas por asociaciones de sericita-illita-caolinita. Alteración argílica intermedia [caolinita-illita-montmorillonita (smectita)] se forma adyacente a algunas vetas; alteración argílica avanzada (caolinita-alunita) puede formarse en la parte del techo de las zonas mineralizadas. La alteración propilítica domina en profundidad y en la periferia de las vetas, pudiendo ser extensa.

C) Meteorización: Los afloramientos meteorizados a menudo se caracterizan por salientes resistentes de cuarzo-alunita flanqueadas por zonas extensas blanqueadas con alunita supérgena, jarosita y limonitas.

D) Controles de menas: En algunos distritos la mineralización epitermal está ligada a algún evento metalogénico específico, ya sea estructural, magmático o ambos. Las vetas son emplazadas dentro de un intervalo estratigráfico restringido generalmente dentro de 1 Km de la paleosuperficie. La mineralización cerca de la superficie ocurre en sistemas de fuentes termales o en los conductos hidrotermales subyacentes. A mayor profundidad se puede postular que ocurre encima o periférica a pórfidos y posiblemente a mineralización tipo skarn. Las estructuras que canalizan los fluidos mineralizadores son fallas normales, márgenes de grabens, unidades clásticas gruesas de relleno de fosas de calderas, conjuntos de fracturas

radiales y diques en anillo, brechas hidrotermales y tectónicas. Comúnmente están mineralizados los sistemas de fractura rectos, ramificados, bifurcados, enlazados e intersecciones. Las bolsonadas se forman donde se desarrollan aberturas dilatacionales y lazos cimoides, típicamente donde el rumbo o manteo de las vetas cambia.

Fracturas en el pendiente de estructuras mineralizadas son particularmente favorables para mena de alta ley.

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

F) Depósitos asociados: Epitermales de Au-Ag de alta sulfuración; depósitos de Au-Ag de fuentes termales (hotspring type); pórfidos de Cu, Mo, Au y vetas polimetálicas relacionadas; placeres auríferos.

2.2.8 GUÍAS DE EXPLORACIÓN

A) Signatura geoquímica: Valores elevados en rocas de Au, Ag, Zn, Pb, Cu y As, Sb, Ba, F, Mn; localmente Te, Se y Hg.

B) Signatura geofísica: Se ha usado el método electromagnético VLF (very low frequency) para trazar estructuras; levantamientos radiométricos pueden delinear el potasio introducido en las rocas de caja (adularia).

Estudios gravimétricos pueden delinear límites de bloques estructurales con contraste de densidad.

C) Otras guías de exploración: Los depósitos de plata generalmente tienen mayor contenido de metales base que los de Au y Au-Ag. El sondear zonas de alimentadores de fuentes termales y sínteres silíceos puede conducir a la identificación de depósitos subyacentes. La prospección por rodados silíceos mineralizados y de sílice-carbonatos o material de vetas con texturas diagnósticas de espacios abiertos es efectiva.

2.2.9 FACTORES ECONÓMICOS

Leyes y tonelajes típicos: Los antecedentes siguientes describen la media de los depósitos basado en minas alrededor del mundo y modelos de USA:

- Depósitos de Au-Ag (41 depósitos tipo “bonanza” o tipo Comstock) – 0,77 millones de toneladas con 7,5 g/t Au, 110 g/t Ag y contenidos menores de Cu, Zn y Pb. Los contenidos de metales base más altos (en el 10% alto de los depósitos) son <0,1% Cu, Zn y 0,1% Pb.
- Depósitos Au-Cu (20 depósitos tipo Sado) – 0,3 millones de toneladas con 1,3 g/t Au, 38 g/t Ag y >0,3% Cu; 10% de los depósitos contienen 0,75% Cu en promedio, con uno >3,2%. Cu.White, N.C. (1991).

2.3 DEPÓSITOS DE AU-AG-CU DE ALTA SULFURACIÓN

Los fluidos de alta sulfuración (AS) se derivan principalmente de una fuente magmática y depositan metales preciosos cerca de la superficie cuando el fluido se enfría o se diluye mezclándose con aguas meteóricas. Los metales preciosos en solución derivan directamente del magma o pueden ser lixiviados de las rocas volcánicas huéspedes a medida que los fluidos circulan a través de ellas.

- **Sinónimos:** Epitermal tipo **ácido-sulfato**, Au cuarzo-alunita, argílica avanzada de alunita-caolinita-pirofilita, tipo Nansatsu, oro enargita.

Los depósitos son comúnmente referidos como ácido-sulfato por la geoquímica de los fluidos hidrotermales, cuarzo-alunita o caolinita-alunita por su mineralogía de alteración, o tipo de alta sulfuración en referencia al estado de oxidación de los fluidos ácidos responsables de la alteración y mineralización.

- **Sustancias** (subproductos): Au, Ag, Cu (As, Sb).

Ejemplos: El Indio, La Coipa, El Guanaco, Choquelimpie en Chile; Goldfield y Paradise Peak (Nevada, USA), Summitville (Colorado, USA), Nansatsu (Japón); Temora (Australia); Lepanto y Nalesbitan (Filipinas); Pueblo Viejo (República Dominicana).

2.3.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

A) Descripción breve: Vetas, brechas con oquedades y reemplazos de sulfuros variando desde bolsones, hasta lentes masivos en secuencias volcánicas asociadas a sistemas hidrotermales someros caracterizados por lixiviación ácida, alteración argílica avanzada.

B) Marco tectónico: Marcos extensionales y transtensionales, comúnmente en arcos volcano-plutónicos de márgenes continentales, arcos de islas y tras-arco. En zonas con emplazamiento magmático de alto nivel, donde los estratovolcanes y otros edificios volcánicos se construyen sobre plutones.

2.3.2 AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN / MARCO GEOLÓGICO

Subvolcánico a volcánico en calderas, complejos de domos de flujo, raramente en mares, bordes de diatremas y otras estructuras volcánicas; a

menudo relacionados con stocks subvolcánicos, diques y brechas. Se postula que sobreyacen y están relacionados genéticamente con sistemas de pórfidos cupríferos en intrusiones mineralizadas que subyacen estratovolcanes.

2.3.3 EDAD DE MINERALIZACIÓN

Terciario a Cuaternario; menos comúnmente Mesozoico y raros en fajas volcánicas Paleozoicas. La rara preservación de depósitos más viejos refleja rápidas tasas de erosión antes del enterramiento de volcanes subaéreos en arcos tectónicamente activos.

2.3.4 TIPOS DE ROCAS HUÉSPED/ASOCIADAS

Rocas volcánicas piroclásticas y de flujos, comúnmente andesita a dacita subaérea y sus equivalentes intrusivos subvolcánicos. Unidades sedimentarias permeables inter volcánicas pueden estar mineralizadas.

2.3.5 FORMA DE LOS DEPÓSITOS

Vetas y bolsones y lentes de reemplazos masivos de sulfuros, stockworks y brechas. Comúnmente las formas irregulares de los depósitos están determinados por la permeabilidad de las rocas de caja y la geometría de las estructuras controladoras de la mineralización. Son comunes múltiples vetas compuestas que se cortan unas a otras.

2.3.6 TEXTURA/ESTRUCTURA

Es característica la sílice oquerosa que es un producto residual de lixiviación ácida (hidrólisis extrema). Cavidades con drusas, vetas bandeadas, brechas hidrotermales, reemplazos masivos de rocas de caja con cuarzo de grano fino.

2.3.7 MINERALOGÍA DE MENAS

Principal y subordinada: pirita, enargita/luzonita, calcosina, covelina, bornita,

oro, electrum; calcopirita, esfalerita, tetrahedrita/tenantita, galena, marcasita, arsenopirita, sulfosales de plata, telururos incluyendo goldfieldita.

Dos tipos de menas están presentes comúnmente: enargita-pirita masiva y/o cuarzo-alunita-oro.

A) Mineralogía de ganga: (principal y subordinada): Predomina el cuarzo y la pirita. Puede haber baritina; los carbonatos están ausentes.

B) Mineralogía de alteración: (principal y subordinada): Cuarzo, caolinita/dickita, alunita, baritina, hematita; sericita/illita, arcillas amorfas y sílice, pirofilita, andalusita, diásporo, corindón, turmalina, dumortierita, topacio, zunyita, jarosita, sulfatos de Al-P y azufre nativo.

La alteración argílica avanzada es característica y puede ser realmente extensa y prominente visualmente. El cuarzo se presenta como reemplazos de grano fino y característicamente como sílice oquerosa residual en rocas con lixiviación ácida.

C) Meteorización: Las rocas meteorizadas pueden contener abundante limonita (jarosita-goethita-hematita), generalmente en una masa fundamental de caolinita y cuarzo. Son comunes las vetas de alunita supérgena de grano fino y nódulos.

D) Controles de menas: En edificios volcánicos – anillos de caldera y fracturas radiales; conjuntos de fracturas en domos resurgentes y complejos de domos de flujo, chimeneas de brechas hidrotermales y diatremas; Fallas y brechas en y alrededor de centros intrusivos.

Litologías permeables, en algunos casos con cubiertas menos permeables de rocas alteradas u otras cubiertas rocosas.

Los depósitos ocurren en rangos extendidos de profundidad, desde solfataras de alta temperatura en paleo superficie hasta cúpulas de cuerpos intrusivos en profundidad.

E) Modelo genético: Las investigaciones recientes, principalmente en el Pacífico SW y Los Andes, muestra que estos depósitos se forman en complejos volcánicos subaéreos o en volcanes compuestos de arcos de islas sobre cámaras magmáticas en degasificación. Frecuentemente los depósitos pueden relacionarse genéticamente a intrusiones de alto nivel. Son comunes múltiple etapas de mineralización, presumiblemente relacionadas a tectonismo periódico, con actividad intrusiva relacionada y generación de fluidos hidrotermales.

F) Depósitos asociados: Pórfidos de Cu, Mo, Au, depósitos de Cu-Ag-Au (As- Sb) subvolcánicos; epitermales de Au-Ag de baja sulfuración; depósitos de sílice-arcilla-pirofilita; Au-Ag de fuentes termales (hotspring type); placeres auríferos.

Comentario: Los depósitos epitermales de Au-Ag de alta sulfuración son el tipo de depósitos epitermales dominantes en Los Andes, pero en general son menos comunes en otras partes del mundo donde dominan los de baja sulfuración.

2.3.8 GUÍAS DE EXPLORACIÓN

A) Signatura geoquímica: Au, Cu y As dominan; también Ag, Zn, Pb, Sb, Mo, Bi, Sn, Te, W, B y Hg.

B) Signatura geofísica: Bajos magnéticos en rocas alteradas hidrotermalmente (lixiviación ácida); contrastes gravimétricos pueden delinear límites de bloques estructurales.

C) Otras guías de exploración: Estos depósitos se encuentran en estructuras de segundo orden adyacentes a zonas de falla de escala cortical, tanto en fallas normales como en transcurrentes, así como en estructuras locales asociadas con intrusiones subvolcánicas.

Estos depósitos tienden a sobreyacer y flanquear depósitos de tipo pórfido de cobre-oro y subyacen a cubiertas de rocas silíceas con lixiviación ácida, arcillas y con alunita.

2.3.9 FACTORES ECONÓMICOS

A) Leyes y tonelajes típicos: Existe una amplia variación en el rango de los depósitos desde aquellos explotables masivamente de baja ley y gran tonelaje a otros de alta ley que deben explotarse selectivamente.

Las minas subterráneas varían en tamaño desde 2 a 25 millones de ton con leyes de 178 g/t Au, 109 g/t Ag y 3,87% Cu en las menas de fundición directa de El Indio hasta 2,8 g/t Au, 11,3 g/t Ag y 1,8% Cu en Lepanto.

Las minas a rajo abierto con reservas de <100 Mt a >200Mt varían desde minas de Au-Ag con 3,8 g/t Au y 20 g/t Ag (Pueblo Viejo) a cuerpos mineralizados como lods de Nansatsu que contienen unos pocos millones de ton de mena con 3 y 6 g/t Au.

Los pórfidos de Au (Cu) pueden presentar una sobreimposición con zonas de alteración de tipo ácido sulfato tardías que pueden contener del orden de 1,5 g/t Au con 0,05 a 0,1% Cu en stockworks (Marte y Lobo de Maricunga) o vetas de alta ley de Cu-Ag-Au (La Grande de Collahuasi).

Más típicamente estas zonas de alteración tardías tienen <0,4 a 0,9 g/t Au y >0,4 a 2% Cu (Butte, Montana; Dizon, Filipinas).

B) Limitaciones económicas: La oxidación de las menas primarias es frecuentemente necesaria para una buena metalurgia; las menas primarias pueden ser refractarias y pueden hacer que las menas de baja ley no sean económicas. White, N.C. (1991).

2.4 EXPLORACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS YACIMIENTOS EPITERMALES

La exploración geoquímica de estos depósitos puede resultar en distintas anomalías geoquímicas, dependiendo de la mineralización involucrada. Los sistemas de BS tienden a ser más ricos en Zn y Pb, más bajos en Cu y con razones Ag/Au más altas. Los de AS pueden ser más ricos en As y Cu con razones Au/Ag más bajas. La fineza del oro ($=\text{Au}/(\text{Au}+\text{Ag}) \times 1000$) en yacimientos epitermales es en general baja (promedio 685 en sistemas del Pacífico SW), es decir el oro contiene apreciables cantidades de plata (color amarillo pálido a blanco) y en muchos casos se presenta como electrum (aleación natural de oro y plata); en contraste los yacimientos de tipo pórfido o skarn presentan normalmente más alta fineza del oro (promedio 920).

Los depósitos epitermales se presentan en muchos países incluyendo Japón, Indonesia, Chile y el oeste de EEUU, los que se encuentran en el “anillo de fuego” del Pacífico, que corresponde al área de volcanismo que rodea al Océano Pacífico desde Asia del Sur hasta el oeste de Sudamérica. La mayoría de los depósitos son del Cenozoico Superior, porque la preservación de estos depósitos formados cerca de la superficie es más improbable en rocas más antiguas, aunque en el norte de Chile existen depósitos epitermales de edad paleocena (El Guanaco, El Peñón).

Los depósitos epitermales contribuyen significativamente a la producción mundial de oro y constituyen blancos de exploración que deben ser evaluados

cuidadosamente sobre la base de la cantidad de metal que pueden proveer y a que costo. (Hedenquist, j.w., matsuhisa, y., izawa, e., white, n.c., gigenbach, w.f., aoki, m., 1994, geology, geochemistry, and origin of high-sulfidation cu–au mineralization in the nansatsu district, japan).

2.5 DETERMINACION DE LEY Y TONELAJE

La cantidad de oro en cualquier tipo de depósito se calcula basado en la ley y tonelaje disponible. Mientras mayor es la ley, menor es el tonelaje requerido para hacer una explotación económica. Un depósito de alta ley podría tener leyes de 10 a 150 g/t Au, mientras que los de baja ley en el rango de 1 a 5 g/t Au. Los depósitos de baja ley pueden tener hasta, y posiblemente más de 200 millones de toneladas (Ej. Mina La Coipa en el distrito de Maricunga con 52,1 Mt con 1,58 g/t Au y 60,3 g/t Ag; ley de corte 1 g/t Au equivalente; Oviedo et al., 1991), mientras que los de alta ley son frecuentemente más pequeños. El comercio del oro y plata se realiza en onzas troy (31,1 gr), de modo que en la mayoría de los casos de evaluación el contenido de estos metales en los depósitos se expresa como la cantidad de fino (metal contenido) en onzas.

En este tipo de depósito se obtienen por análisis (ensayos) de muestras de sondajes. Altas leyes en tramos cortos “interceptos” pueden ser tan importantes como bajas leyes en tramos más largos y ambos tipos de depósitos (alta o baja ley) pueden ser explotados económicamente. Sin embargo, los resultados de sondajes ofrecen una visión limitada de un depósito y sus resultados pueden ser difíciles de reproducir. Por ejemplo, un sondaje puede interceptar una bolsonada de alta ley en un depósito que es principalmente de baja ley, dando la apariencia de una ley más alta que la que realmente existe. Los análisis de oro, en particular, pueden estar afectados

frecuentemente por el “**efecto pepita**” en que los resultados de análisis son erráticos y caracterizados por escasos valores muy altos cuando la muestra ha incorporado alguna pepita de oro al azar y muchos valores bajo el límite instrumental o muy bajos en muestras que no contienen pepitas de oro.

La reproducibilidad de los análisis en estos casos también es afectada y el efecto pepita solo puede disminuirse con análisis de muestras de mayor tamaño. El efecto pepita es más marcado en depósitos que contienen oro grueso (mesotermiales), mientras que es de menor importancia cuando el oro está finamente diseminado como en la mayoría de los epitermales.

Otros factores, además del tonelaje y ley, pueden ser importantes para calcular la importancia económica de un depósito epitermal. Por ejemplo la presencia de otros metales en la mena pueden aumentar el valor del depósito y muchos depósitos epitermales contienen importantes cantidades de plata y/o cobre.

En muchos de ellos se calcula la ley en contenido de oro equivalente. (Hedenquist, j.w., matsuhisa, y., izawa, e., white, n.c., giggerbach, w.f., aoki, m., 1994).

Para comparación a continuación se presenta el valor de cada metal por tonelada (ver cuadro N° 01).

Cuadro N° 01 Precio de los minerales.

METAL	US\$
Oro	40.61/gr
Plata	16.155/oz/tr
Cobre	3.118/lb

FUENTE: Elaboración propia

El precio del oro (y de otros metales) es obviamente importante en la evaluación económica de un depósito, pues los precios bajos (como los actuales) pueden hacer que los depósitos pequeños o de baja ley no sean económicos y lo mismo vale para aquellos depósitos cuyos costos de producción sean muy altos. Muchos depósitos epitermales se presentan en regiones remotas de países subdesarrollados y la construcción de infraestructura (caminos, líneas eléctricas, conductos de agua y plantas de tratamiento) puede ser necesaria previo a la explotación del depósito. Estos gastos aumentan el costo de una operación minera y deben considerarse al calcular la factibilidad económica de un depósito.

2.6 PROCESAMIENTO DEL MINERAL

Son factores importantes en la economía de un depósito. Dado que los depósitos epitermales se forman a profundidades de menos de 2 Km (menor profundidad si la erosión los ha exhumado), muchos son factibles de explotar a rajo abierto, lo que es menos costoso y permite la explotación de leyes menores. Los depósitos más profundos o controlados estructuralmente (vetas) pueden explotarse solamente por métodos subterráneos más caros y requieren de leyes mayores para constituir yacimientos económicos.

Los métodos de recuperación para el oro epitermal pueden involucrar flotación, cianuración por agitación o cianuración en pilas. El costo del procesamiento va a aumentar si el oro está contenido en minerales que son difíciles de procesar, tales como la arsenopirita. El oro que presenta dificultades para su extracción metalúrgica se denomina “**oro refractario**” y es característico de menas sulfuradas, las que deben ser previamente oxidadas (tostación o biolixiviación) para poder recuperar el oro.

2.7 IMPORTANCIA DE LOS YACIMIENTOS EPITERMALES

Los depósitos epitermales contribuyen significativamente a la producción mundial de oro y constituyen blancos de exploración que deben ser evaluados cuidadosamente sobre la base de la cantidad de metal que pueden proveer y a qué costo. Los depósitos epitermales pueden contener cantidades variables de diferentes metales (principalmente, Cu, Pb, Zn, Bi, Ag, etc.), aunque los más importantes son los de **metales preciosos (Au mayoritariamente y Ag)**.

De hecho, los depósitos epitermales aportan casi una cuarta parte del oro que se produce a nivel mundial. La cantidad de oro en cualquier tipo de depósito se calcula basado en la ley y tonelaje disponible. Mientras mayor es la ley, menor es el tonelaje requerido para hacer una explotación económica. Un depósito de alta ley podría tener leyes de 10 a 150 g/t Au, mientras que los de baja ley en el rango de 1 a 5 g/t Au.

Los depósitos de baja ley pueden tener posiblemente más de 200 millones de toneladas mientras que los de alta ley son frecuentemente más pequeños (Oviedo et al., 1991).

El comercio del oro y plata se realiza en onzas troy (31,1 gr), se expresa como la cantidad de fino (metal contenido) en onzas White, N.C., and Hedenquist, J.W. (1990).

2.8 TABLA COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS EPITERMALES DE ALTA INTERMEDIA Y BAJA SULFURACIÓN.

2.8.1. Reconocimiento macro - a mesoscópico (ver cuadro N° 02).

Cuadro N° 02	Epitermales de alta sulfuración (AS)	Epitermales de baja sulfuración (BS)
Rocas volcánicas relacionadas	Vulcanismo sub aéreo, rocas ácidas a intermedias (esencialmente andesita–riodacita). Encajante de cualquier tipo.	Vulcanismo sub aéreo, rocas ácidas a intermedias (andesita–riodacita–riolita). Encajante de cualquier tipo.
Controles de emplazamiento	Fallas a escala regional o intrusiones subvolcánicas.	Cualesquiera fallas o zonas de fractura estrechamente relacionadas a centros volcánicos.
Extensión de la zona de alteración periférica	Área extensa (comúnmente varios km ²) y visualmente prominente.	Generalmente bastante restringida y de visualización muy sutil, aunque puede abarcar áreas relativamente extensas.
Alteración asociada	Extensa alteración propilítica en zonas adyacentes con baja relación agua/ roca. Depósitos profundos: intensa alteración pirofilita–mica blanca. Depósitos someros: núcleo de sílice masiva, con un estrecho margen de alunita y caolinita que hacia el exterior es de mica blanca y arcillas interestratificadas. Depósitos sub superficiales: ingente alteración argílica. Clorita: raramente. Generalización: alt. Argílica avanzad argílica ± sericítica).	Extensa alteración propilítica en zonas adyacentes con baja relación agua/roca. Gran cantidad de mica blanca en zonas con alta relación agua/roca. Alteración argílica dominante conforme disminuye la temperatura. Los gases escapados a partir de ebullición pueden originar alteración argílica o argílica avanzada en la periferia, o bien superpuesta a partir de fluidos profundos. Clorita: común. Generalización: alteración Sericítica argílica.
Minerales clave de alteración proximal	Alunita cristalina; en profundidad, pirofilita.	Sericita o illita ± adularia; roscoelita (mica-V) en depósitos asociados a rocas alcalinas; a veces, clorita.
Geometría del cuerpo mineralizado	Relativamente pequeño y equidimensional.	Tamaño variable y morfología tabular.
Características distintivas o notables	Presencia de niveles calentados por vapor (niveles superficiales), cuarzo poroso o vuggy (niveles intermedios), mineralización superpuesta a depósitos porfíricos (en profundidad).	Presencia de sínteres y niveles o cobijaduras de calcedonia (niveles superficiales), posible presencia de vetas de sulfuración intermedia en inmediaciones de cuerpos de alta sulfuración (en profundidad).
Carácter de la mineralización económica	Típicamente diseminada, tanto en zona de mica blanca–pirofilita como en sílice masiva. Poco común como relleno de cavidades o porosidad. La mineralización está asociada habitualmente a alteración argílica avanzada, típicamente con abundante pirita.	Característicamente como relleno de cavidades o porosidad, en vetas con contactos netos con el encajante. Típico relleno de filones en bandas, comúnmente con brechificaciones polifásicas. Hacia la superficie se presenta en stockwork o diseminada, según la naturaleza de la permeabilidad primaria y secundaria local.

FUENTE: Tomada de Camprubí y Albinson, 2006.

2.8.2. Reconocimiento meso- a microscópico (ver cuadro N° 03)

Cuadro N° 03

Ganga de cuarzo	De grano fino, masivo, originado principalmente por reemplazamiento; el cuarzo es residual (vuggy). Calcedonia: ausente en la mayoría.	Cuarzo y calcedonia dispuestos en todo tipo de texturas primarias, de recristalización o reemplazamiento de carbonatos (2). Calcedonia: común, en bandas.
Otros minerales de la ganga	Carbonatos: ausentes. Adularia: ausente. Alunita y pirofilita: pueden ser abundantes. Barita: diseminada con la mena. Azufre nativo: suele estar presente, rellenando cavidades. Caolinita.	Carbonatos: presentes, comúnmente calcita y rodocrosita. Adularia: diseminada y en vetas. Alunita y pirofilita: escasas. Barita y/o fluorita: presentes localmente; la barita se halla por lo común por encima de la mena. Azufre nativo: ausente. Illita.
Abundancia de sulfuros	10–90% del volumen total, sobre todo de grano fino, pirita con textura parcialmente laminada. Contenido de azufre total típicamente alto. El contenido en metales base puede ser alto (Cu).	1–20% del volumen total, pero típicamente menos del 5%, pirita predominante. Contenido de azufre total típicamente bajo. Bajo contenido en metales base (Pb, Zn), aunque en numerosos depósitos son relativamente abundantes.
Minerales metálicos clave	Pirita, enargita–luzonita, calcopirita, calcosita, covellita, bornita, tetraedrita-tenantita, oro (esfalerita, galena, telururos). Arsenopirita: poco común. Sulfosales de Ag: raramente. Seleniuros: prácticamente ausentes. Bismutinita: ocasionalmente.	Pirita, esfalerita, marcasita, galena, electrum, oro (sulfosales de Ag, arsenopirita, argentita, calcopirita, tetraedrita). Telururos: relativamente abundantes en algunos depósitos (3). Enargita: muy raramente. Seleniuros: poco comunes. Bismutinita: muy raramente (4).

FUENTE: Tomada de Camprubí y Albinson, 2006.

2.8.3. Datos analíticos (cuadro N° 04).

Cuadro N° 04

Profundidad de formación	En su mayor parte, entre 500 y 2,000m bajo la superficie.	En su mayor parte, entre 0 y 1,000 m.
Rango de temperaturas de formación	Generalmente, entre 100–320°C (la mayoría entre 170–320°C; en ocasiones, hasta 480°C (5)).	Generalmente, entre 100–320°C (la mayoría entre 150–250°C (6))
Carácter de los fluidos (ver Figura 1)	En su mayor parte, de baja salinidad (1–24% en peso de Na Cl eq.); algunos, de alta salinidad (hasta casi 50% en peso de Na Cl eq. (5). Magmáticos; mezcla con aguas meteóricas. Pueden evolucionar desde un fluido temprano muy reactivo, que lixivia la roca, hasta otro más reducido, que puede originar la mineralización. Oxidados. PH ácido debido a H ₂ S y HCl magmático, neutralizado al reaccionar con el encajante; dilución.	Baja salinidad (0–15% en peso de Na Cl eq). Aguas meteóricas; posible interacción con fluidos de origen magmático Reducidos. PH aproximadamente neutro; puede volverse alcalino debido a ebullición; los gases separados pueden ser oxidados y producir fluidos ácidos.
Edad	Por lo general, Terciaria o más reciente. Ejemplos hasta el Neo proterozoico y el Arqueano.	Por lo general, Terciaria o más reciente. Ejemplos hasta el Neoproterozoico y Paleoproterozoico (8).
Diferencia de edad entre las rocas ígneas genéticamente asociadas y la mineralización	Por lo general, entre 0.3 y 2 M.a.	Entre 1 y 10 M.a. (frecuentemente entre 2 y 4 M.a.)
Distancia lateral de formación desde el foco de calor	Aproximadamente sobre la vertical del foco de calor motor del hidrotermalismo.	Hasta varios kilómetros lateralmente, más cercanos al foco de calor en el subtipo de epitímales de sulfuración intermedia.
Origen del azufre	Profundo, probablemente magmático.	Profundo, probablemente debido al lixiviado del encajante en profundidad.
Origen del plomo	Rocas volcánicas o fluidos magmáticos.	Rocas precámbricas o fanerozoicas en las que se emplaza el vulcanismo.
Metales predominantes	Cu, Au, As (Ag, Pb)	Au, Ag (Zn, Pb, Cu)
Metales presentes localmente	Bi, Sb, Mo, Sn, Zn, Te (Hg)	Mo, Sb, As (Te, Se, Hg)

FUENTE: Tomada de Camprubí y Albinson, 2006.

2.9 MARCO TEÓRICO

2.9.1 ALTERACIONES HIDROTHERMALES

Las alteraciones presentes se encuentran referidas mayormente a la roca encajonante de las estructuras mineralizadas, esta alteración originadas por el sistema de relleno en conjunto con la presión y temperatura originaron cambios físicos y químicos en estas, muchas de ellas contienen fluidizaciones de sílice gris, acompañadas por una ligera diseminación de pirita en los bordes, frente a la lupa se aprecia que la pirita está asociada al oro, determinándose también como parte económica. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.9.2 Agua (Fluido) Hidrotermal

Significa nada más que agua caliente natural. Puede ser de mar, magmáticas, aguas subterráneas, superficiales, o producto de metamorfismo, e incluye vapor. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.9.3 Alteración Argílica

Término usado para describir un tipo de alteración hidrotermal retrograda, que presenta una asociación particular de minerales de alteración, estos ensambles mineralógicos son arcillas-sílice-pirita.

Esta alteración está caracterizada mediante la formación de los minerales de arcilla debido al intenso metasomatismo del H⁺ (lixiviamiento ácido), a temperaturas entre 100 y 300°C. Esta alteración interiormente grada hacia las zonas fílicas, mientras exteriormente se une hacia campos propilíticos.

El lixiviamiento base de los aluminosilicatos puede resultar en el enriquecimiento de sílice, de manera que la alteración argílica puede gradar hacia las zonas de material rico en sílice. Los minerales de arcillas reemplazan principalmente a las plagioclasas y a los silicatos máficos (hornblenda, biotita).

Las arcillas amorfas tales como la alófana están también presentes y reemplazan a las fases de los aluminosilicatos. El feldespató potásico es reportado a ser una fase meta-estable. (Sillitoe, R., 2000-2010; Einaudi, M., 2005; Barton, M.; Seedorff, E., 2007).

2.9.4 Alteración Argílica Intermedia

Término usado para describir un tipo de alteración hidrotermal retrograda, que presenta una asociación particular de minerales de alteración, estos ensambles mineralógicos son cuarzo – clorita – illita – smectita – magnetita - hematita.

Se forma en condiciones de baja temperatura 200°C a 300°C, de alteración hidrolítica comparado con la alteración Sericítica. Normalmente hay presencia de relictos de feldespató potásico en rocas ígneas silíceas; se dice que es la transición dentro la fase fílica y potásica. Se puede observar fenocristales de plagioclasas alterados a illita o sericita, máficos alterados a una mixtura de illita, sericita y clorita + pirita, Martitización de la magnetita, generalmente reemplazados por hematina. (Sillitoe, R., 2000-2010; Einaudi, M., 2005; Barton, M.; Seedorff, E., 2007).

2.9.5 Alteración Fílica

Término usado para describir un tipo de alteración hidrotermal retrograda, que presenta una asociación particular de minerales de alteración, estos ensambles mineralógicos son cuarzo-sericita-pirita.

Se forma en condiciones de baja a moderada temperatura 300°C a 400°C, y en condiciones de baja salinidad. Las fases minerales usualmente asociadas con alteración fílica son los feldespatos potásicos, caolinita, calcita, biotita, rutilo, anhidrita y apatita. Esta alteración grada hacia el tipo potásico mediante el incremento de cantidades de feldespató potásico y/o biotita, y hacia el tipo

argílica mediante el incremento de minerales de arcilla, el incremento de las cantidades de topacio, turmalina, cuarzo y zunyita anuncian una transición hacia la alteración del tipo greisen. La sericita se refiere a las micas blancas dioctaedrales granular fino (moscovita, paragonita, phengita, fuchcita, roscoelita), a pesar de que las sericitas no son marcadamente diferentes de las moscovitas, ellas son reportadas en tener contenidos más altos de SiO_2 , MgO , y H_2O y contenidos más bajos de K_2O . La alteración sericítica fundamentalmente es debida a la desestabilización de los feldespatos en presencia de H^+ , OH^- , K , y S , para formar cuarzo, mica blanca, pirita y algo de calcopirita, en el proceso el Na , Mg , Ti , Fe , K son lixiviados hacia afuera. (Sillitoe, R., 2000-2010; Einaudi, M., 2005; Barton, M.; Seedorff, E., 2007).

2.9.6 Alteración Potásica

Término usado para describir un tipo de alteración hidrotermal progradada, que presenta una asociación particular de minerales de alteración, estos ensambles mineralógicos son cuarzo-feldespato potásico-biotita-magnetita.

Se forman en condiciones de Alta temperatura $> 600^\circ\text{C}$ y condiciones de alta salinidad.

La interacción con la fase de fluido residual desarrollado desde una masa ígnea casi consolidada resulta en una serie de cambios post magmáticos, o subsólidos, ya sea dentro de los cuerpos ígneos y en las rocas del basamento circundantes, estos son inicialmente fluidos de alta temperatura, los cuales son derivados desde un líquido en su última etapa de cristalización y ellos resultan en el crecimiento subsólidos de los nuevos minerales y las reacciones de intercambio. Los procesos de subsolidus incluyen; (1) las reacciones de intercambio de base en los feldespatos, especialmente K por Na ; (2) los

cambios en el estado estructural de los feldespatos; (3) la microclinización; (4) crecimiento de las micas trioctaedrales.

Los fluidos alcalinos y altamente salinos se desarrollan durante las etapas finales de consolidación de una masa ígnea, resultando en la alteración potásica ampliamente dispersa, característicamente el metasomatismo alcalino involucra el reemplazamiento de los feldespatos y cuarzo por los feldespatos potásicos. Anfíboles reemplazados por biotita secundaria (shreddy) Deposición común de hierro (Generalmente como Magnetita) y Cobre (como Sulfuros de Cu – Fe). (Sillitoe, R., 2000-2010; Einaudi, M., 2005; Barton, M.; Seedorff, E., 2007).

2.9.7 Alteración Pervasiva

Término utilizado para describir la fuerte intensidad de alteración, destrucción de la textura y de los minerales originales formadores de roca. (Siems, P. L., 1997).

2.9.8 Alteración Hidrotermal

Es un proceso de metamorfismo, mediante el cual los minerales de las rocas se alteran por acción de las soluciones hidrotermales a altas temperaturas. Las alteraciones hidrotermales son indicadores de la presencia de yacimientos minerales de origen hidrotermal. (Dávila, B. J., 1995).

2.9.8.1 Asociación

Una colección de fases que existen en equilibrio. Entonces decimos que las fases coexisten. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.10 GEOLOGÍA ECONÓMICA

Es una parte de la geología que trata de los materiales del reino mineral, los yacimientos metálicos y no-metálicos que extrae el hombre de la tierra para

satisfacer sus necesidades y para la comodidad de su vida, el porvenir de nuestra industria minera y petrolera es básico para la economía nacional y ésta depende en gran parte de la geología económica para asegurar el descubrimiento para la obtención de materia prima. (Dávila, B. J., 1995).

2.10.1 Mineralización

Es un proceso mediante el cual los minerales son introducidos en la roca, dando como resultado la formación de yacimientos minerales de rendimiento económico. (Dávila, B. J., 1995).

2.11 GEOQUÍMICA

Es la técnica que se encarga de realizar investigaciones geológico-mineras mediante la obtención de muestras de suelos, aguas, rocas y la determinación de la abundancia (anomalía) de los elementos presentes en dichas muestras. (Dávila, B. J., 1995).

2.11.1 Anomalía Geoquímica

Signo o señal de un patrón geoquímico mayor, mostrado por la presencia de elementos de interés en cantidades muy pequeñas. (Dávila, B. J., 1995).

2.12 OROGÉNESIS

Es el conjunto de fenómenos que en el ciclo geológico conducen a la formación de montañas o cadenas montañosas, producidas principalmente por el diastrófismo (plegamientos, fallamientos y combinaciones de ambos), por los procesos magmáticos (intrusiones, vulcanismo).

Las teorías que explican las orogenias son: Teoría de las contracciones, de las migraciones de los continentes, de las placas tectónicas. La orogénesis es el proceso de los diversos aspectos que ejercen las fuerzas endógenas y por lo

tanto dan las formas del relieve resultante las cuales son posteriormente esculpidas por los agentes erosivos exógenos. Oro = montaña, génesis = origen.

Los estudios orogénicos se apoyan en la tectónica, en la estratigrafía, en la geocronología y en otras ramas de la geología. (Dávila, B. J., 1995).

2.13 ANOMALÍAS

Cualquier tipo de irregularidad de los materiales que se encuentran en la superficie terrestre que hace denotar la presencia de un material extraño. Ejm. la anomalía radioactiva indica la presencia de minerales radioactivos, las anomalías gravimétricas señalan la presencia en el subsuelo de un material pesado, la anomalía geoquímica señala la presencia de determinados elementos (cobre, oro, molibdeno, etc.), anomalía geofísica, anomalía gravimétrica. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.14 ESTRUCTURAS

Existen dos conceptos fundamentales en geología sobre el significado de estructura. Uno es microscópico y el otro es macroscópico, aunque en ambos casos se refiere a la disposición, arreglo y cohesión de los materiales constituyentes de un determinado cuerpo rocoso.

En el caso microscópico, estructura es el arreglo, disposición y cohesión de los minerales componentes de las rocas. El concepto de estructura en este caso es más amplio que textura y fábrica, pudiendo abarcar ambos conceptos. Entre los diferentes tipos de estructuras referido a este concepto se tiene: Vascular, cristalina, columnar, esquistosa, esferolítica, orbicular, oolítica, etc. Referido a la forma del mineral componente de la roca.

- Holocristalina, holohialina, hipocristalina, cristalina, criptocristalina, etc. referido al grado de cristalización de los minerales.
- Eruptiva o cristalina, sedimentaria, metamórfica, etc. referido al origen de los minerales componentes de las rocas.
- Detrítica, porosa, homogénea, heterogénea, cavernosa, friable, plástica, elástica, etc. referido al estado y las propiedades de las rocas sedimentarias. En el caso macroscópico, estructura es el arreglo y disposición de cuerpos rocosos mayores, lo que podríamos considerar como la disposición arquitectural de los terrenos en una determinada región. Atkinson, W. et al., 2007).

2.15 EXPLORACIÓN

La exploración es el conjunto de operaciones o trabajos dirigidos a evaluar cualitativa y cuantitativamente el recurso minero con el objeto de definir la factibilidad técnico-económica de la explotación de un yacimiento. La exploración está enfocada en un reconocimiento detallado del depósito mineral. (Hartman H., 1987).

Se lleva a cabo mediante labores mineras superficiales (calicatas, pequeños pozos, etc.) y labores subterráneas (pozos profundos o piques y túneles) con las cuales se reconoce el cuerpo mineral en sus tres dimensiones. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.16 MINERAL

Sustancia inorgánica u orgánica de propiedades físicas y químicas definidas, que permiten su diferenciación y reconocimiento.

Propiedades ópticas: brillo, color, comportamiento ante la luz (reflexión, refracción, absorción, etc.)

- Propiedades químicas: comportamiento ante ácidos y el agua.
- Propiedades organolépticas: sabor, olor, aspereza, untuosidad, etc.
- Propiedades térmicas y eléctricas: conductor o mal conductor del calor y la electricidad.

Ductibilidad y maleabilidad.

Propiedades físicas:

Dureza.- Resistencia a ser rayado, un mineral es más duro que otro cuando éste raya al segundo. La escala de Mohs sirve para reconocer la dureza de manera práctica:

1. Talco; 2. Yeso; 3. Calcita; 4. Fluorita; 5. Apatita; 6. Ortosa; 7. Cuarzo; 8. Topacio; 9. Corindón; y 10. Diamante. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.16.1 Cristalización

Forma geométrica definida de presentarse un mineral en la naturaleza. Los minerales cristalizan siguiendo ciertas reglas y leyes enmarcadas dentro de los sistemas de cristalización. Estos son: Cúbico, Tetragonal, Rómbico, Hexagonal, Trigonal o Romboédrico (variante del hexagonal), Monoclínico y Triclínico. Ver sistemas cristalinos. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.16.2 Clivaje

Forma de separarse de los minerales siguiendo planos definidos. Ejm. Las micas presentan clivaje basal perfecto, el asbesto presenta clivaje prismático perfecto. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.16.3 Fractura

Forma de romperse de los minerales siguiendo formas definidas. Ejm. el cuarzo tiene fractura concoidal. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.16.4 Forma

Los minerales pueden presentar formas: cristalinas, masivas, amorfas, pseudomorfos, etc. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.16.5 Densidad o peso específico

Es la relación de peso de un mineral con respecto al peso del agua en igualdad de volúmenes.

Los minerales componentes de las rocas ígneas se clasifican de acuerdo a la composición mineralógica de la roca: Ácidas, intermedias y básicas. También se les denomina félsicas (ácidas) y máficas o ferromagnesianas (básicas).

De acuerdo al color: leucócratas, mesócratas y melanócratas.

De acuerdo a su uso: Energéticas, piedras preciosas, metales preciosos, refractarios, etc. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.17 MINERALOGÍA

Ciencia que estudia la naturaleza y formación de los minerales. La mineralogía se divide en:

- Mineralogía general que estudia las propiedades físicas y químicas de los minerales; Mineralogía descriptiva que estudia la clasificación y descripción de los minerales.
- Mineralogía Especial que trata de una especie mineral en forma exclusiva. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.18 YACIMIENTO

Lugar o terreno donde se ubican minerales de rendimiento económico o fósiles.

Sinónimo: Depósito mineral, cuerpo mineralizado, etc.

Ejm. Yacimiento minero, yacimiento petrolífero, yacimiento acuífero, yacimiento fosilífero. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.19 FILONES

La formación de filones tiene características muy peculiares, por lo que su génesis es muy compleja, ya que está ligada íntimamente a las estructuras geológicas (fallas y fracturas), este tipo de estructuras condiciona en la formación de este tipo de yacimientos.

El desplazamiento de las soluciones hidrotermales desde su origen hasta el lugar de deposición, depende de gran manera de las aperturas que se hallan dispuestas en la rocas, Se afirma que la fuerza de cristalización de los cristales al adquirir grosor puede separar también como una cuña las paredes de una grieta y practicar una fisura más amplia. Los cristales en proceso de crecimiento ejercen, efectivamente, una decidida presión dentro de los límites de su fuerza sobre las substancias de alrededores a los mismos pero parece muy dudoso que esta fuerza sea lo suficiente para formar fisuras, salvo en rocas ligeras que estén cerca de la superficie. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.20 FLUIDOS MINERALIZANTES

Los constituyen aquellas concentraciones minerales que se forman a partir de soluciones acuosas calientes, con una temperatura que oscila entre los 400°C. El origen de las aguas va a ser magmática, son aguas connatas, embebidas en los sedimentos, de tipo meteórico, aguas juveniles.

Estos elementos metalogénicos (Cu, Pb, Zn, Ag), van a ser fluidos y en un momento determinado, aprovechando los espacios porosos por los que circulan se produzca un cambio en las condiciones de presión, temperatura o bien de pH, precipitan los elementos metalogénicos, y dan así origen a los filones y brechas. Por otro lado, estos fluidos calientes, producen una alteración hidrotermal que ayudará a su prospección. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.21 FALLAS Y FISURAS

Los filones tienen la particularidad de tener como agente principal el tectonismo, porque gracias a este proceso se forman fisuras y fallas pre-minerales, que son aperturas tabulares continuas en las rocas, generalmente se debe a que posteriormente serán rellenadas por fluidos mineralizantes de algún foco magmático que se encuentre cerca de la roca caja, la formación de un filón de fisura implica:

- La formación de la fisura misma.
- Los procesos de formación del mineral.

Ambos factores pueden haber estado separado por un largo intervalo de tiempo ninguno de estos puede determinar la veta de fisura por sí mismo se necesita: La coincidencia de ambos.

Las fisura pueden formarse en virtud de tensiones que actúan en la corteza terrestre, y pueden ir o no acompañado de fallas así mismo puede ampliarse en el momento de la mineralización, por la fuerza intrusiva de la soluciones mineralizantes que actúa como una cuña y separa las rocas siguiendo alguna grietas o líneas débiles. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.22 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En el estudio básico de las estructuras y sistemas estructurales los geólogos basan su trabajo en el Análisis Estructural de detalle, haciendo particular énfasis en el análisis del esfuerzo. Son tres las perspectivas fundamentales en las cuales se basa el análisis estructural de detalle:

2.22.1 Análisis Descriptivo

En el análisis descriptivo se reconocen estructuras, se determinan sus orientaciones y se describe sus componentes físicos y geométricos. El análisis

descriptivo resulta de las propiedades físicas de las estructuras, así como de la orientación y configuración interna de estas.

El fundamento para un sólido análisis estructural es el mapeo geológico, el cual revela la naturaleza entre los cuerpos de roca, ayudándonos a reconstruir la historia secuencial de eventos mayores. Más aun, el mapeo geológico es de vital importancia en la confección de blocks diagrams tridimensionales en los cuales se aprecia la arquitectura geométrica de los sistemas rocosos bajo investigación y que constituyen la base para la interpretación de la historia estructural y tectónica del área de estudio.

Los rasgos estructurales que puedan ser reconocidos y descritos dependen en gran parte de la escala de observación:

- Escala microscópica (corte delgado).- Ej.: defectos reticulares, maclas, acodamientos, reptación, recuperación, recristalización, clivajes, lineaciones, foliaciones, etc.
- Escala mesoscópica (muestra de mano).- Ej.: clivajes, lineaciones, foliaciones, etc.
- Escala megascópica (afloramientos).- Ej.: diaclasas, fracturas de cizalla, fallas, pliegues, zonas de cizalla, etc. (nos basaremos en esta escala principalmente).

Cada estructura está compuesta por elementos estructurales que deben ser identificados y descritos para permitirnos llevar a cabo un completo análisis descriptivo.

Los elementos estructurales son los componentes físicos y geométricos de las estructuras. Los elementos físicos son reales y tangibles, y tienen una geometría y orientación medibles. Los elementos geométricos son líneas y

planos imaginarios, invisibles pero identificables en el campo; los elementos geométricos también tienen una geometría y orientación medibles.

Por ejemplo, un pliegue consiste en estratos plegados, las superficies de estratificación entre las capas, el punto de máxima curvatura de cada estrato plegado (charnela) y la superficie constituida por un plano que contiene a las líneas de charnela de todos los estratos plegados que constituyen el pliegue (superficie axial). Los estratos plegados son físicos y reales y están compuestos por rocas deformadas. Las líneas de charnela también son reales, pues su posición está fijada y contenida en la roca. La superficie axial y las superficies de estratificación, en cambio, son elementos geométricos e imaginarios. Las superficies de estratificación son discontinuidades que separan cada uno de los estratos plegados. La superficie axial es una ayuda conveniente para definir la orientación y forma del pliegue.

Las orientaciones son graficadas y evaluadas estadísticamente para determinar la orientación preferencial.

A través de estos procesos, pueden determinarse juegos de estructuras o elementos estructurales. Los juegos están compuestos por elementos físicos y/o geométricos comunes dispuestos en paralelo. Dos o más juegos de cualquier estructura o elemento estructural constituyen un sistema. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.23 TREND

Es un patrón con orientaciones preferenciales de cuerpos mineralizados dentro de un corredor estructural, se utiliza este término con el fin de tratar de 44 identificar una tendencia en la cual podemos explorar y ubicar nuevos blancos de exploración con interés económico. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.24 VETA O FILON

Estructura paralelepípeda, generalmente mineralizada, presenta una potencia, un largo y una profundidad. Las vetas mineralizadas constituyen yacimientos de rendimiento económico. Las vetas son generalmente el producto del relleno de fracturas o fallas por procesos hidrotermales. Se clasifican en: monometálicas, bimetálicas y polimetálicas. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.25 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA

2.25.1 UBICACIÓN Y ACCESO

El proyecto PAITITI, se encuentra ubicado en la Región Arequipa, Provincia de Condesuyos, Distrito de Yanaquihua, Comunidad de Ispacas, al Nor-Este a 3 Km del Anexo La Barrera, como referencia se toma la margen derecha de la quebrada llauce, el acceso al proyecto se describe en el cuadro referencial: (ver cuadro N° 02).

Cuadro N° 05

RUTA	ACCESO	DISTANCIA Km.	TIEMPO Hr.
Lima - Ocoña	Carretera Asfaltada	779	11:00
Ocoña - Barrera Llauce	Afirmada -Trocha	85	02:30
Barrera Llauce - Proyecto PAITITI	Trocha	3	00:15
TOTAL		867	13:45

FUENTE: Elaboración propia.

El proyecto PAITITI, es accesible por carretera desde la capital hasta el mismo lugar, el trayecto toma 13 horas y 45 minutos aproximadamente de viaje en camioneta.

2.25.2 PROPIEDAD MINERA

El proyecto PAITITI se enmarca dentro de las concesiones realizadas en fechas indistintas, la titularidad recae directamente a EMPRESA MINERA MAR E.I.R.Ltda. Las características de las concesiones se detallan de la siguiente manera: (ver imagen 03).

Imagen N° 03:

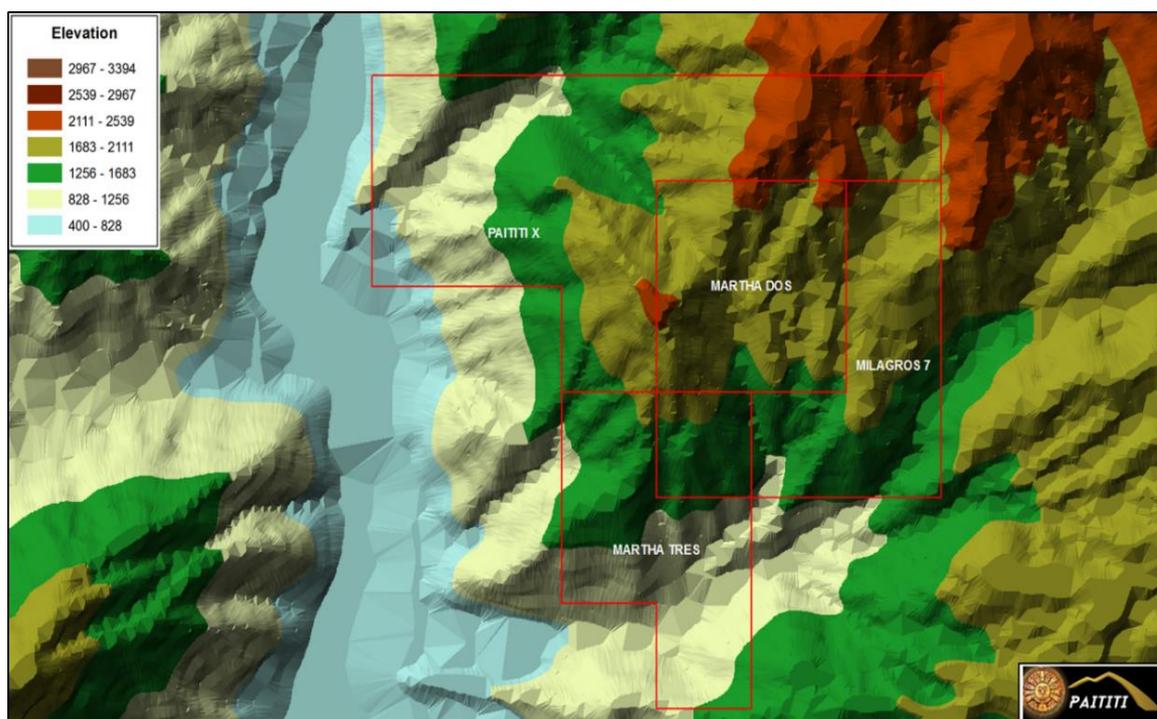


FIGURA N° 3 Propiedad Minera del Proyecto PAITITI. (Elaboración propia).

2.25.2.1 MARTHA DOS

Derecho minero con código: 010157102, posee 400 Has. Actualmente se encuentra en calidad de cesión, bajo un contrato celebrado en el año 2014 entre el titular de la propiedad y EMPRESA MINERA MAR E.I.R.Ltda. La propiedad fue adquirida en el año 2002 y tiene como titular a la Sra. SULLY THELMA SANCHEZ CABRERA, el estado de la propiedad a la fecha se encuentra en calidad TITULADA y declarada como sustancia METÁLICA, (ver cuadro N° 06).

Cuadro N° 06

CODIGO	VERTICE	COORDENADAS UTM PSAD-56 – ZONA 18S		AREA
		NORTE (m)	ESTE (m)	
10157102	1	8,259,000.00	711,000.00	400.000 Has.
	2	8,257,000.00	711,000.00	
	3	8,257,000.00	709,000.00	
	4	8,259,000.00	709,000.00	

FUENTE: Elaboración propia.

2.25.2.2 MARTHA TRES

Derecho minero con código: 050014204, posee 400 Has. Actualmente se encuentra en calidad de cesión, bajo un contrato celebrado en el año 2014 entre el titular de la propiedad y EMPRESA MINERA MAR E.I.R.Ltda. La propiedad fue adquirida en el año 2004 y tiene como titular a la Sra. SULLY THELMA SANCHEZ CABRERA, el estado de la propiedad a la fecha se encuentra en calidad TITULADA y declarada como sustancia METÁLICA, (ver cuadro N° 07).

2.25.2.3 MILAGROS SIETE

Derecho minero con código: 080037715, posee 400 Has. La propiedad fue adquirida en el año 2015 y tiene como titular a la Sr. MARIO AYAMAMANI QUISPE, el estado de la propiedad a la fecha se encuentra en calidad PETITORIO y declarada como sustancia METÁLICA, (ver cuadro N° 8).

Cuadro N° 07

CODIGO	VERTICE	COORDENADAS UTM PSAD-56 – ZONA 18S		AREA
		NORTE (m)	ESTE (m)	
50014204	1	8,257,000.00	709,000.00	400.000 Has.
	2	8,256,000.00	709,000.00	
	3	8,256,000.00	710,000.00	
	4	8,254,000.00	710,000.00	
	5	8,254,000.00	709,000.00	
	6	8,255,000.00	709,000.00	
	7	8,255,000.00	708,000.00	
	8	8,257,000.00	708,000.00	

FUENTE: Elaboración propia.

Cuadro N° 08

CODIGO	VERTICE	COORDENADAS UTM PSAD-56 – ZONA 18S		AREA
		NORTE (m)	ESTE (m)	
080037715	1	8,259,000.00	712,000.00	400.000 Ha.
	2	8,256,000.00	712,000.00	
	3	8,256,000.00	710,000.00	
	4	8,257,000.00	710,000.00	
	5	8,257,000.00	711,000.00	
	6	8,259,000.00	711,000.00	

FUENTE: Elaboración propia.

2.25.2.4 PAITITI DIEZ

Derecho minero con código: 080001416, posee 1,000 Has. La propiedad fue adquirida en el año 2016 y tiene como titulares a los señores; MARIO AYAMAMANI QUISPE y ERICK NAPOLEON CALIZAYA PASTOR, el estado de la propiedad a la fecha se encuentra en calidad PETITORIO y declarada como sustancia METÁLICA, (ver cuadro N° 09).

Cuadro N° 09

CODIGO	VERTICE	COORDENADAS UTM PSAD-56 – ZONA 18S		AREA
		NORTE (m)	ESTE (m)	
080001416	1	8,260,000.00	712,000.00	1,000.000 Ha.
	2	8,259,000.00	712,000.00	
	3	8,259,000.00	709,000.00	
	4	8,257,000.00	709,000.00	
	5	8,257,000.00	708,000.00	
	6	8,258,000.00	708,000.00	
	7	8,258,000.00	706,000.00	
	8	8,260,000.00	706,000.00	

FUENTE: Elaboración propia.

2.26 GEOLOGÍA REGIONAL

Regionalmente, el contexto geológico que abarca desde el litoral hasta la Cordillera Occidental se caracteriza por presentar amplias exposiciones de rocas metamórficas, intrusivas, sedimentarias y volcánicas, cuyas edades abarcan desde el Paleozoico Inferior hasta el Reciente.

Las rocas más antiguas de la región la constituyen los meta-sedimentos y las secuencias anfíbolita-gneis del Precámbrico.

Sobre éstas, en discordancia angular se emplazan las rocas sedimentarias del Mesozoico y las secuencias marinas continentales del Terciario. Intruyendo 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 (ver imagen N° 04).

Imagen N° 04:

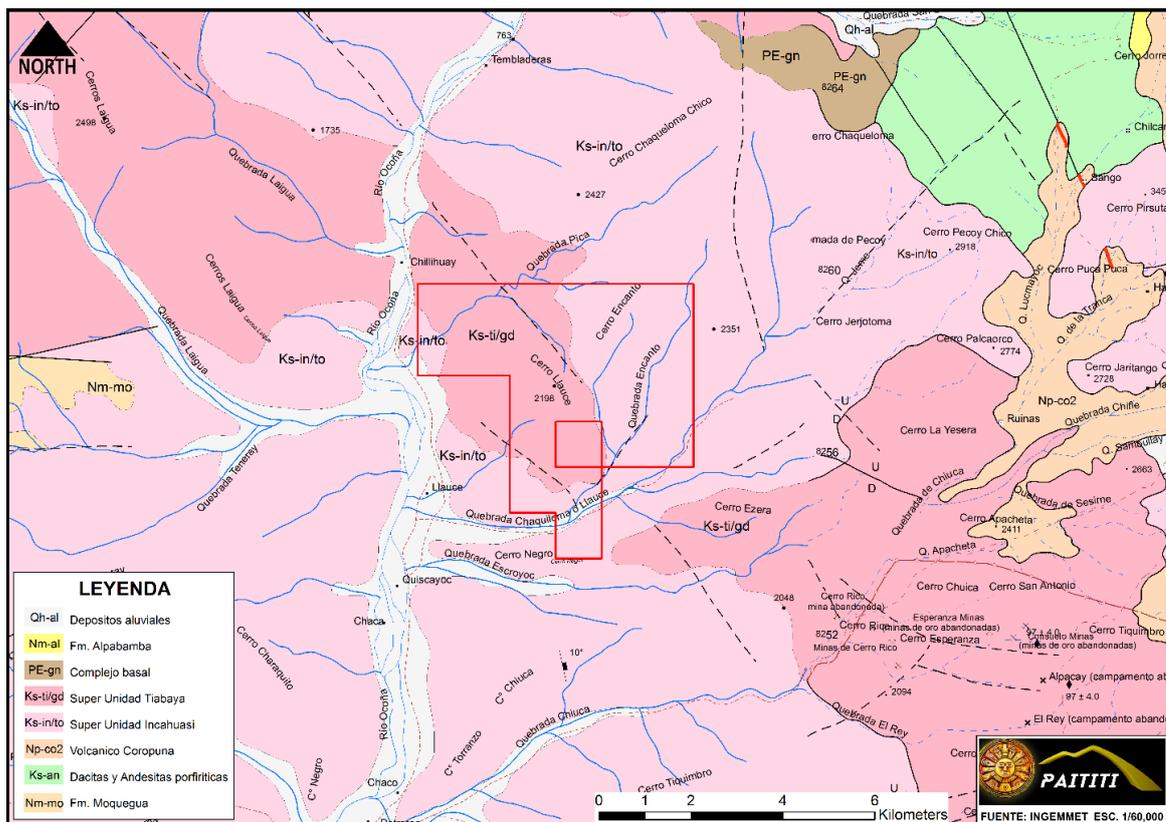


FIGURA N° 04. Geología regional del Proyecto PAITITI, conformado por dos unidades litológicas; Súper unidad Tiabaya y Súper unidad Incahuasi, (Extracto del cuadrángulo 32-p).

2.26.1 ESTRATIGRAFÍA

Regionalmente la columna estratigráfica está conformada por rocas metamórficas (precámbricas), con intrusiones Sub – Volcánicas (Cretáceo) que constituyen el basamento de la secuencia estratigráfica; estas afloran como consecuencia de la profunda acción erosiva del río Ocoña. La parte superior está representada por rocas volcánicas y volcánicos – sedimentarios de edad

terciario medio a cuaternario reciente, su ocurrencia se da a consecuencia del vulcanismo y se encuentran superponiéndose al batolito de la costa. (ver imagen N° 05).

2.26.1.1 Complejo Basal – (Pe-gn)

Rocas metamórficas que están constituidas principalmente por gneises, granitos potásicos con estructuras gneísicas, diques de composición básica e intermedia, así como por pequeños cuerpos tabulares de pegmatita granatífera. Mineralógicamente estos gneises son de composición granítica, mayormente de tono gris oscuro con bandas claras y oscuras.

Las bandas oscuras a negras están compuestas por biotita y otros ferromagnesianos. En estas rocas se observan también muscovita, clorita, sericita, esfena y zircón.

Los afloramientos de este complejo son mayormente de composición diorítica, también presenta pequeños remanentes metamórficos sobre rocas hipabisales subvolcánicas y sobre dioritas y granodioritas del Batolito de la Costa, donde están cortados por diques y filones de cuarzo (Cz), así como por microdioritas más recientes. Algunos de estos filones contienen porcentajes variables de oro y cobre.

El Complejo Basal se encuentra cubierto discordantemente por diferentes formaciones que van desde el Jurásico inferior hasta el Cuaternario.

La edad del Complejo Basal de esta área se infiere en base al metamorfismo regional que presenta y que permite correlacionarlo con el que aflora al sur en el que se ha efectuado determinaciones de edades radiométricas, por el método Rb/Sr, que han dado 600 a 2,000 M.A. indicando que se trata de rocas pertenecientes al Precambriano.

2.26.1.2 Formación Caraveli – (Ti-cv)

Estos depósitos de carácter molásico, representan acumulaciones de pie de monte como consecuencia de un intenso ciclo erosivo que siguió al levantamiento regional, resultado de la primera fase de la tectónica andina.

Tanto el miembro superior como el inferior están constituidos mayormente por gruesas secuencias conglomerádicas, fácilmente deleznable, mientras que el miembro intermedio está conformado por clastos bien estratificados y compactos, teniendo además niveles de conglomerados finos, a medianos que se originan por erosión de escarpas. Los contactos entre ellos son gradacionales y fácilmente reconocibles por su coloración. El miembro superior es de tono gris a gris claro mientras que la parte media es gris claro, verduzco y marrón; el miembro inferior es gris a gris rosado. Esta Formación incluye tres miembros que han sido denominados, de abajo hacia arriba:

- A. Miembro Cruz Blanca.
- B. Miembro Cuno – Cuno.
- C. Miembro Altos de Calpa.

2.26.1.3 Volcánicos senca - (Ts-vse)

Está constituido por tobas y brechas tobáceas de naturaleza mayormente dacítica o riolítica. Macroscópicamente se observa, a simple vista, feldespatos, cuarzo, laminillas de biotita y vidrio volcánico. Tienen una coloración blanca o blanco rosado, que por intemperismo pasa a un color gris amarillento o rojizo. Esta formación se presenta en bancos compactados formando cornizas verticales o en forma de depósitos de lapilli, que se intercalan con arena gruesa y tobas re-trabajadas. Se encuentra cubriendo discordantemente a rocas intrusivas, hipabisales y sedimentarias.

Imagen N° 05

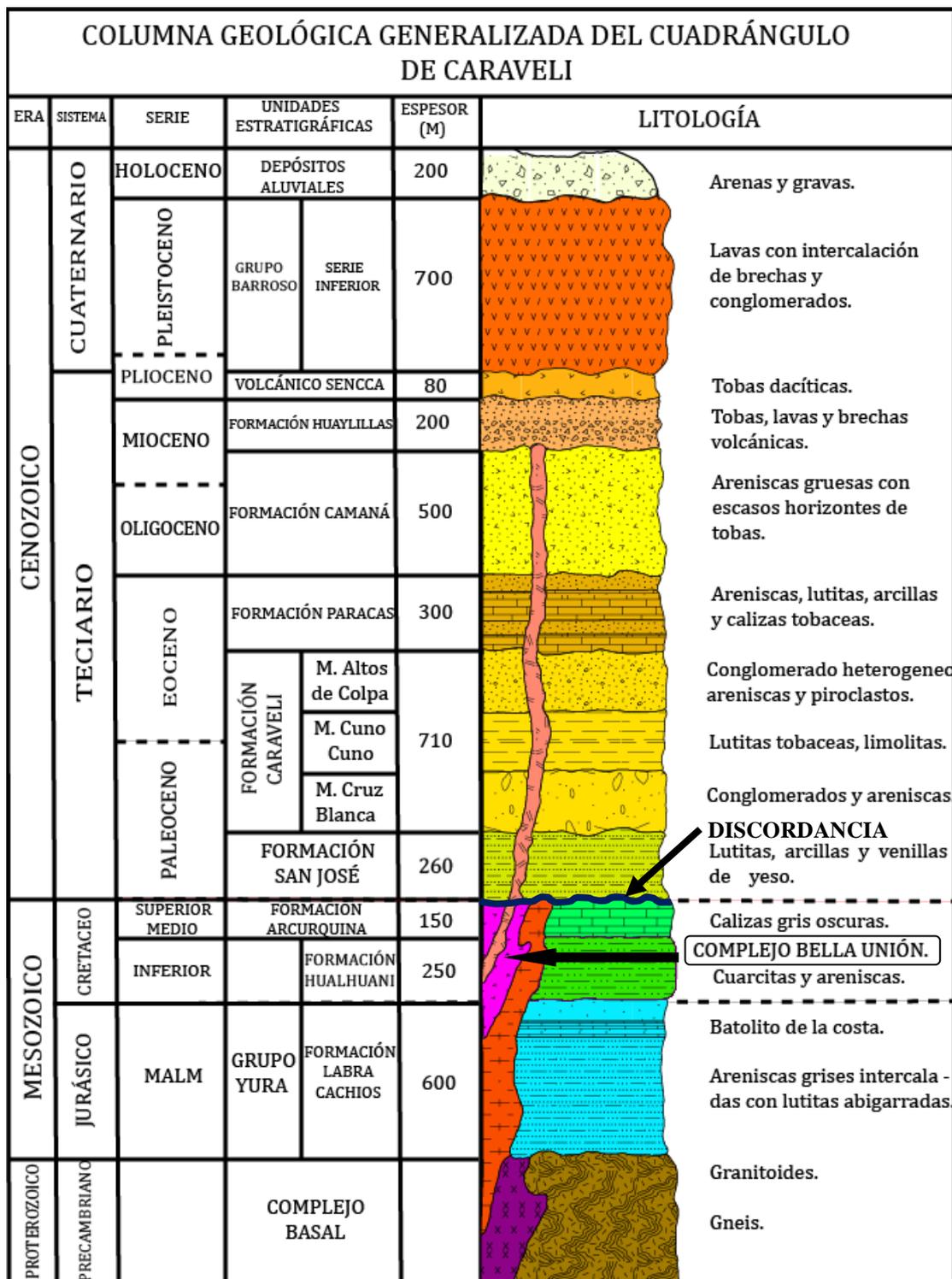


FIGURA N° 05. Columna estratigráfica del cuadrángulo de Caraveli; intrusiones Sub – Volcánicas del Complejo Bella Unión con incidencia posterior al Batolito de la costa, su ocurrencia se da desde el Cretáceo Inferior hasta finales del Cretáceo Superior. (INGEMMET).

Macroscópicamente se observa, a simple vista, feldespatos, cuarzo, laminillas de biotita y vidrio volcánico. Tienen una coloración blanca o blanco rosado, que por intemperismo pasa a un color gris amarillento o rojizo. Esta formación se presenta en bancos compactados formando cornizas verticales o en forma de depósitos de lapilli, que se intercalan con arena gruesa y tobas re-trabajadas. Se encuentra cubriendo discordantemente a rocas intrusivas, hipabisales y sedimentarias.

Yacen discordantemente en forma horizontal, cubriendo rocas de diferentes edades que van desde el Jurásico superior hasta el Terciario. Su tope se encuentra unas veces cubierto por rocas del Volcánico Barroso (TQ-vb) y otras por depósitos aluviales y piroclásticos recientes.

2.26.1.4 Depósitos Cuaternarios – (D-q)

Se considera a los depósitos aluviales, fluviales, eluviales, coluviales y eólicos, formados por materiales sueltos de diferentes composiciones, mal seleccionados, que se encuentran como cobertura reciente o juvenil producto de la erosión y transporte ya sea por acción del agua, viento o simplemente efectos de gravedad; estas se encuentran formando coberturas de grosores variables, y con el paso del tiempo fueron sedimentándose, formando diferentes horizontes suprayacentes a rocas más antiguas.

2.26.1.5 Súper Unidad Incahuasi - (Ks-gd/to-in) / (Ks-di-in)

La Súper-unidad Incahuasi, está integrada principalmente por intrusivos tonalíticos, granodioríticos y dioríticos, originados por fases de pulsaciones magmáticas y por el emplazamiento de cuerpos dispersos y alargados, con rumbo noroeste-sureste, siguiendo una zona de gran fracturamiento de cuerpos tardíos representados por monzodioritas y dioritas a hornblenda, esta Super-

Unidad está constituida por una asociación de granodiorita y tonalitas, es difícil de delimitar mediante un contacto, ya que son mayormente gradacionales. Además se han observado afloramientos de monzogranitos y dioritas, aforando en áreas pequeñas, sin ser claramente visibles sus contactos, tal como los que se exponen en la margen derecha del río Ocoña, entre Chaca y Llauce. La granodiorita, generalmente se presenta en forma homogénea, de un color gris claro, en roca fresca; en algunos lugares contiene xenolitos de microdiorita con diámetros entre 2 y 5 cm.

La composición mineralógica aproximada es de es la siguiente: Minerales esenciales: Plagioclasa 48%, Ortosa 16% y Cuarzo 12%, Minerales accesorios: biotita 5% y como minerales secundarios calcita, uralita y sericita 12%. Estas rocas han sido clasificadas como granodioritas y se caracterizan por presentar cristales anhedrales de plagioclasas bien desarrolladas, con más de 2 a 3 mm. de diámetro.

La diorita, como parte constituyente de la Superunidad Incahuasi, se extiende a partir de Llauce hacia el norte, formando los cerros Encanto, Chaquelomachico y Tantarpatá.

Los Drs. W. Pitcher y J. Cobbing, en base a mediciones radiométricas por el método K-Ar, asignaron una edad de 95 M.A. a esta Súper - unidad, que corresponde al Cretáceo superior.

2.26.1.6 Súper Unidad Tiabaya - (Ks-gd-ti).

Siendo de naturaleza mayormente granodiorítica, caracterizada por sus grandes cristales bien formados de ferromagnesianos que le dan una tonalidad más oscura que las anteriores súper-unidades.

La roca tiene un color gris a gris claro, bien cristalizado, de grano medio a grueso, constituida por: cuarzo, feldespatos y abundante contenido de elementos ferromagnesianos, bien desarrollados, entre 1 y 3 mm. de longitud.

Los elementos félsicos están agrupados en áreas de mayor dimensión que en la Súper - Unidad Incahuasi, entre los cuales destaca la hornblenda en forma de grandes prismas. Con más de 3 mm., de largo, dentro de este conjunto, la biotita se presenta en cristales de 1 a 2 mm. de longitud en forma tabular, característica que sirve para diferenciar a esta Súper unidad de las anteriores.

Otra característica de esta Súper-unidad es la presencia más constante de xenolitos redondeados, de grano más fino, con diámetros de 5 a 15 cm. y abundantes diques de composición microdiorítica.

El estudio demuestra que la Súper-unidad Incahuasi, está constituida por plagioclasas 42%, ortosa 20% y cuarzo 32%, lo que comparado con otras muestras nos indica que sus proporciones son más o menos constantes. Como minerales secundarios se observa la hornblenda en mayor cantidad que la biotita, encontrándose a veces cloritizada. En proporciones menores, se encuentra microclina, esfena, apatita, zircón y otros minerales opacos.

2.27 GEOLOGIA LOCAL

En el área de estudio del proyecto PAITITI se identificaron rocas de naturaleza ígneas plutónicas en variedades de granodioritas perteneciente a la Super - Unidad Tiabaya (Ks-gd-t), dioritas granodioritas y tonalitas pertenecientes a la Super Unidad Incahuasi (Ks-t-i), ambas de edad Mesozoica pertenecientes al Cretácico Superior estas hospedan estructuras filonianas de diferentes grosores que van desde los 0.5 cm. Hasta los 3 m; sus extensiones son relativas y están controladas por un trend estructural dominante (NE-SW),

estas estructuras filonianas presentan forma tabular cuya característica principal es de rosario (formas lenticular de grosor mayor a 1 m.), la mineralización económica se acrecenta en los mismos determinando la ocurrencia de mineralización económica del metal precioso oro (Au).

Estas estructuras filonianas mineralizadas en su mayoría se encuentran cortadas por rocas volcánicas hipabisales pertenecientes al Complejo Bella Unión; que son una serie de cuerpos de composición andesítica y dacítica, cuyo afloramiento es discontinuo y se observan en forma de intrusiones que siguen un patrón estructural indistinto.(ver imagen N° 06)

2.27.1 Complejo Bella Unión – (Kms-bu).

Está constituido por una serie de pequeños cuerpos de composición andesítica a dacítica, que afloran discontinuamente, Petrográficamente su composición varía de una andesita afanítica a una dacita porfirítica, en las rocas dacíticas el cuarzo se encuentra en cristales euhedrales pero en menor porcentaje que las plagioclasas, estas intruyen y metamorfosean a rocas del complejo Basal; estas rocas hipabisales han originado zonas mineralizadas en sus contactos con rocas metamórficas ígneas.

2.27.2 Batolito de la costa

El Batolito Costanero se ha diferenciado cinco grandes súper unidades que son: Pataz, Pampahuasi, Incahuasi, Linga y Tiabaya. En el proyecto PAITITI, solamente afloran las Super unidades Incahuasi y Tiabaya, cubiertas en algunos casos por formaciones terciarias; estas se encuentran intruidas por rocas metamórficas del Complejo Basal así como hipabisales del Complejo Bella Unión. El cuerpo principal está constituido por una asociación de diorita, granodiorita, monzonita y tonalita, donde la composición de feldespato potásico

(ortoclasa) es muy variable, por lo que es muy difícil separar a estas unidades, especialmente las que se encuentran dentro del proyecto. Esta asociación de rocas está intruída por un grupo más joven de rocas hipabisales de naturaleza sub-volcánica, en forma de diques y pequeños apófisis.

Topográficamente la parte superior de este macizo se encuentra erosionada, formando una superficie de abrasión marina, levemente horizontal, inclinada al sur y afectada por un número grande de fallas y fracturas con levantamientos y hundimientos verticales en cuya superficie se han depositado las formaciones terciarias.

2.27.3 Depósitos Cuaternarios – (D-q)

En el proyecto PAITITI estos depósitos están conformados por diferentes horizontes que van desde aluviales, fluviales, eluviales, coluviales y eólicos, en forma que se encuentran como cobertura de las diferentes unidades litológicas, estas se encuentran con grosores que van desde los 10 cm.

Hasta los 3 m. producto de la erosión y post sedimentación, en algunos casos en los niveles superiores forman estratos gruesos que fueron transportados por consecuencia de huaycos y fueron sedimentados en forma de estratos con clastos angulosos de diferentes orígenes, la ocurrencia de estos horizontes juveniles se encuentra recubriendo los afloramientos de las diferentes estructuras mineralizadas y las diferentes unidades litológicas presentes en el área de estudio.

2.27.4 Súper – Unidad Incahuasi - (Ks-gd/to-in) / (Ks-di-in)

Se encuentra constituida principalmente por intrusivos tonalíticos, granodioríticos y dioríticos, originados por fases de pulsaciones magmáticas y por el emplazamiento de cuerpos tardíos representados por monzodioritas y

dioritas a hornblenda, esta Súper Unidad está constituida por una asociación de granodioritas y tonalitas, es difícil de delimitar mediante un contacto, ya que son mayormente gradacionales; además se han observado afloramientos de monzogranitos y dioritas, aforando en áreas pequeñas en forma de apófisis, sin ser claramente visibles sus contactos, tal como se observa al noroeste (NW) del proyecto PAITITI.

La granodiorita, generalmente se presenta en forma homogénea, de un color gris claro, en roca fresca; en algunos lugares contiene xenolitos de microdiorita con diámetros entre 2 y 5 cm.

2.27.5 Súper – Unidad Tiabaya (Ks-gd-ti).

Siendo de naturaleza mayormente granodiorítica, caracterizada por sus grandes cristales bien formados de ferromagnesianos que le dan una tonalidad oscura, de colores gris a gris claro, bien cristalizado en algunos casos, de grano medio a grueso, constituida por: cuarzo, feldespatos y abundante contenido de elementos ferromagnesianos, bien desarrollados, entre 1 y 3 mm. de longitud.

Esta Súper-unidad es diferenciable por la presencia de xenolitos redondeados, de grano más fino, con diámetros de 5 a 15 cm. y abundantes diques de composición microdiorítica, que se pueden apreciar de manera indistinta en el proyecto PAITITI.

2.28 GEOMORFOLOGÍA

2.28.1 Topografía

La Unidad Geomorfológica Continental, corresponde a la llanura pre – andina con relieves moderadamente ondulados, y elevaciones que varían desde los 550 hasta los 1,400 m.s.n.m. además de quebradas moderadas y rellenadas

por material cuaternario; por lo cual topográficamente esta área es clasificada como semi-abrupta.

Fotografía N° 01



Fotografía tomada al NW representando el relieve agreste de la zona. (Fuente: Propia).

2.28.2 Clima

El clima que predomina en la zona es templado y cálido en la temporada de verano con esporádicas lluvias que van desde diciembre hasta marzo con temperaturas máximas de 30 °C; la temporada de invierno que abarca desde los meses de abril a noviembre se caracteriza por las densas neblinas y leves garúas.

Fotografía N° 02



Fotografía tomada al SE del proyecto. (Fuente: Propia).

2.28.3 Flora

La flora está constituida por un sin número de plantaciones realizadas por el hombre de campo a lo largo del valle del río Ocoña como: arroz, alfalfa, hortalizas, entre otros; hasta árboles frutales que son necesarios para el consumo de la población.

La zona de la Concesión es del tipo desértica característico de la costa; el cual carece de vegetación natural; sólo existen en forma muy escasa: el molle, los chilcos, los huarangos y cactus.

Fotografía N° 03



Fotografía tomada al NE del proyecto PAITITI donde se muestra flora de la zona de estudio. (Fuente: Propia).

2.28.4 Fauna

A excepción de los animales domésticos de la población, la fauna no es numerosa en la zona, se pueden observar pequeños reptiles no venenosos, variedades de arácnidos, mosquitos, aves de rapiña (gallinazos), y murciélagos.

- **Animales salvajes:** lagartijas, puma, zorrinos, comadreja.
- **Aves silvestres:** halcón, buitres, gallinazos, cóndor, guanaco y otros.

También se aprecia la presencia de zorros en los alrededores de la zona.

Es necesario mencionar que en el río Ocoña la pesca de los camarones es una actividad diaria de los habitantes de la población.

2.28.5 Drenaje e Hidrografía

El drenaje es de tipo detrítico, paralelo a la dureza y estructura de las rocas; característico de las rocas intrusivas de la zona que transcurren agua en tiempos de lluvias y luego se encuentran secos; el principal colector es el río Ocoña (ver foto N° 04).

El río Ocoña nace detrás de la Cordillera Occidental de los Andes en la Altiplanicie de Parinacochas, conocido con el nombre de Lampa; luego se une al río Cotahuasi y toma el nombre de río Ocoña para finalmente desembocar en el Océano Pacífico (distrito de Ocoña), su recorrido aproximado es de 370 Km. Este río por su caudal es el tercero de la costa, después del río Santa y el río Chira, teniendo un aforo de 1,850'000,000 metros cúbicos y una cuenca de recepción de más de 15 000 Km² es el mayor de los ríos de la región Arequipa; es navegable en balsa y constituye una principal fuente de trabajo entre los meses de Junio a Diciembre.

Fotografía N° 04



Fotografía tomada al NW se muestra claramente el drenaje e hidrografía de la zona. (Fuente: Propia).

2.29 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El bosquejo estructural en el proyecto PAITITI se encuentra dominado por dos lineamientos principales de carácter estructural regional, estas poseen direcciones dominantes (Noreste-Suroeste y Noroeste-Sureste); interpretadas como fallas normales conjugadas en un conjunto de fracturas sub-paralelas, resultantes de esfuerzos tensionales y de compresión, producto de la tectónica andina.

En el área de estudio se puede distinguir un sistema de fracturamiento conformado por tres familias, conformando un sistema principal con dirección Noreste-Suroeste; como sistema de fracturamiento hospedante de la mineralización en la que el sistema de relleno y deposición de mineralización conforma un eje principal de mineralización, cuya característica principal se encuentra dada por fracturas extensionales de salto oblicuo (Oblique-Slip Fault); estas presentan un buzamiento sub-vertical que varía entre los 60° a 80°.

2.29.1 ANÁLISIS CINEMÁTICO

Está basado en el estudio del movimiento de las fallas, sea transcurrente, normal o inverso, tomando como base la identificación y entendimiento de unas pequeñas estructuras asociadas a las estrías en los planos de fallas llamadas **tectoglifos** (ver imagen N° 06).

El conocimiento del comportamiento de las fallas es de suma importancia debido a la influencia de estas sobre la geometría de un yacimiento, esto es si estuvieron activas durante la mineralización sirvieron como zona de precipitación de los fluidos y en caso contrario si son post mineralización

modifican la geometría inicial del yacimiento. Tectoglifos (Quispe J., 2006. et al Macharé J. 2001).

2.29.1.1 FUNDAMENTO

Las fallas presentan movimientos compuestos, es decir vienen a ser normal dextral, inversa - sinistral y las demás combinaciones posibles. La dirección del desplazamiento en una falla, está dada por la orientación de las estrías de fricción; el Pitch de la estría está definido como el ángulo entre línea horizontal del plano de falla y la estría. Los datos de importancia a tomar en un levantamiento estructural en un ambiente de deformación frágil son los siguientes:

- Rumbo y buzamiento del plano de falla.
- Sentido del movimiento de la falla.
- Pitch y sentido de inclinación de las estrías del plano de falla.

Estos datos son ingresados a un programa generará proyecciones estereográficas a fin de determinar la dirección e inclinación de los principales esfuerzos:

- Sigma I (compresivo).
- Sigma II (Intermedio).
- Sigma III (tensional), causantes de la deformación.

2.29.1.2 INDICADORES CINEMÁTICOS

Los indicadores cinemáticos o tectoglifos son una serie de estructuras de variables dimensiones (milimétricas a métricas), desarrolladas en medio frágil y asociadas a falla es de importancia para determinar el sentido de movimiento de una falla.

A continuación se describirán las características de relevancia:

- A) Elemento estriador.-** Al cabo de la estría. Este puede ser un fragmento de roca.
- B) Material triturado al cabo de la estría.-** Está constituido por material arrancado del plano de falla y depositado a un extremo de la estría.
- C) Banqueta al cabo de la estría.-** En este caso, el material arrancado del plano de falla es acumulado al extremo de la estría en forma de un pequeño promontorio.
- D) Nichos de arranque.-** Se manifiestan como micro deslizamientos; se trata de potenciales y peligrosas laderas factibles de deslizamientos repentinos. También ocurren en zonas que han sido explotadas sin los recaudos necesarios, etc. El nicho de arranque se da cuando hay una fuerte pendiente en la cabecera o parte más alta del deslizamiento, casi en vertical, seguido de una contra pendiente y un cuerpo ondulado por donde desciende el movimiento rápido en masa. En estos casos la zona está se clasifica como de alta peligrosidad. Los movimientos son desencadenados principalmente por el agua y la gravedad.
- E) Escama de arranque.-** Cuando se presentan este tipo de tectoglifos, las estrías tienen uno de sus extremos levantados, arrancando material del plano de falla y dejando como resultado una superficie irregular.
- F) Colas de mineral.-** Durante este proceso se tiene presencia de minerales a un extremo de las estrías, mientras que hacia el lado opuesto se tiene polvo de mineral, dispuesto a manera de microbandas.

G) Lomos al abrigo.- Para que se genere este tectoglifo se requiere de un elemento estriador endentado en el plano de falla, de tal manera que durante el desplazamiento relativo de bloques, el material arrancado del plano de falla se deposita a manera de lomas y es protegido por el elemento estriador endentado.

H) Planos ondulados.- Según sea el movimiento, los planos de falla ondulados presentan facetas estriadas y lustradas ó no estriadas y con presencia de óxidos. El sentido de movimiento, será determinado por la orientación de las facetas estriadas.

I) Cristalización al abrigo.- Dentro de las estrías se producen ciertos desniveles y se produce el crecimiento de minerales como el cuarzo, calcita, zeolitas o sulfatos, en la dirección del movimiento.

J) Fallas de Riedel.- El sistema de Riedel (según RIEDEL, 1929) son un conjunto de varias estructuras tectónicas a causa de dos fallas de rumbo (fallas principales):

1. Fallas conjungadas (dextral o sinistral); las fallas que corren entre los dos sistemas principales.
2. Estructuras de compresión: Cabalgamientos, fallas inversas, horst.
3. Estructuras de expansión: Diques, vetas, fallas normales, graben.

K) Lúnulas de Tracción.- Son fracturas abiertas algunas veces a manera de semicírculos. La superficie de fractura es irregular y no presenta estrías. Forman un ángulo entre 30° y 40° con el plano de falla principal.

La dirección de buzamiento de las fracturas o la parte cóncava de los semicírculos nos indican el sentido de movimiento.

Imagen N° 06

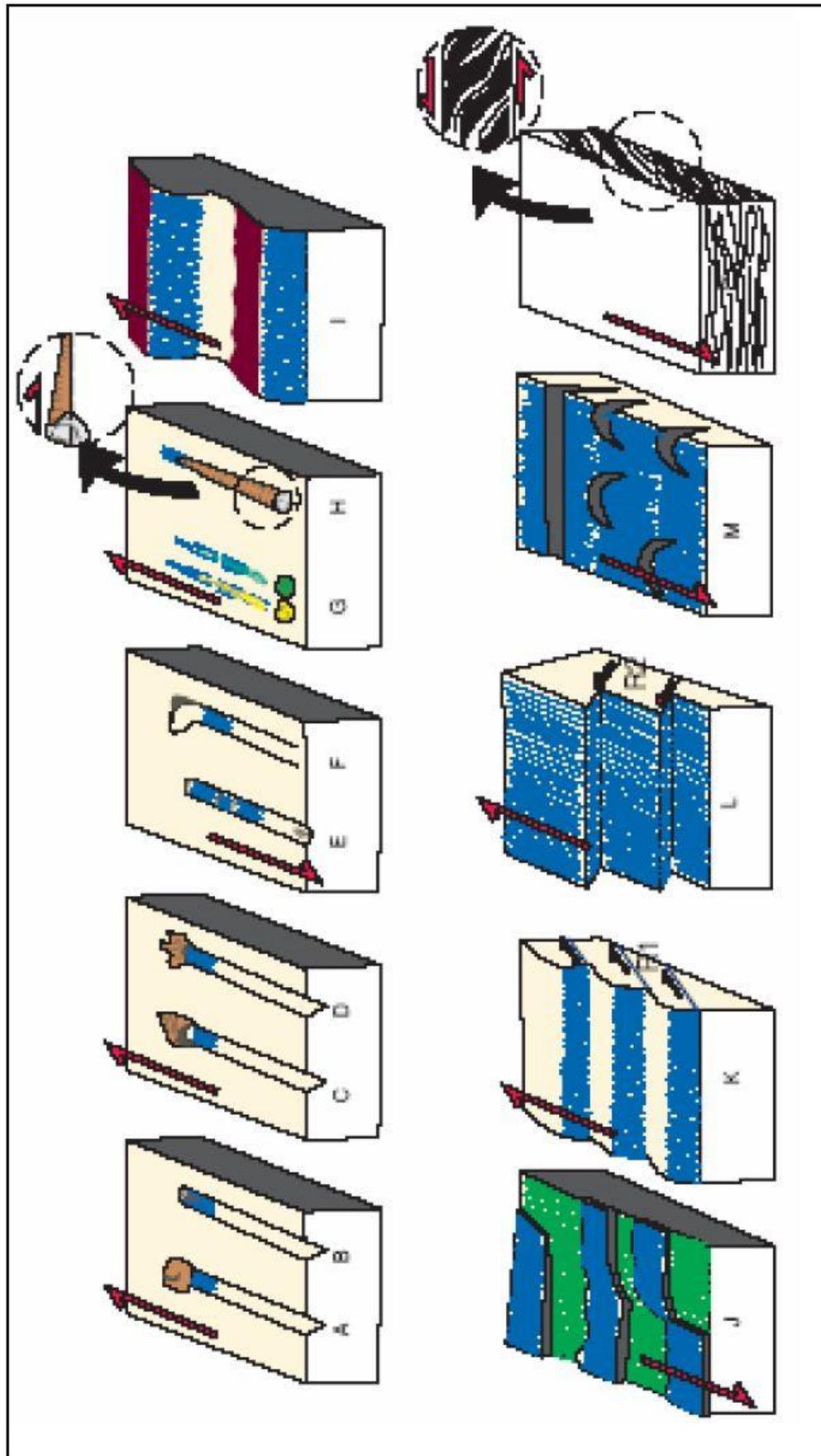


FIGURA N° 06 Tectoglijfos (Quispe J., 2006. et al Macharé J. 2001).

2.30 MODELOS DE FRACTURACIÓN

La fracturación es considerada, como una deformación continua debido a la acción de los esfuerzos σ_1 , σ_2 y σ_3 . Los modelos de fracturación conocidos han sido desarrollados a partir de observaciones múltiples durante ensayos de mecánica de rocas o en zonas cizallantes naturales.

2.30.1 Fracturas Desarrolladas en una zona de cizallamiento – Modelo de Riedel

H. Cloos y W. Riedel (1928 - 1929), fueron los pioneros en realizar experimentos de cizallamiento y determinaron dos tipos de fallas a las que denominaron R1 y R2. Posteriormente, numerosos autores complementaron el modelo inicial, proponiendo otros tipos de deformación asociadas a zonas de cizallamiento:

- Fallas conjugadas R1 y R2, hacen ángulos aproximados de $\Phi/2$ con las direcciones teóricas de máximo cizallamiento.
- Fracturas tensionales T desarrolladas por tracción indirecta, aproximadamente forman un ángulo de 45° con la dirección de cizallamiento principal. Determinadas por Cloos (1955) y Wilcox (1973).
- Fracturas tipo P, simétricas a las fallas o R1; definidas por Skempton (1966) en zonas de cizallamiento natural.
- Pliegues en echelón, formando un ángulo de 45° con el cizallamiento principal y perpendiculares a las fracturas de tracción T. Determinadas por Wilson (1970).
- Desarrollo de esquistosidad perpendicular a los planos de fracturas de tracción T. Evaluadas por Vialon (1976).

Por lo expuesto en el modelo descrito las fracturas tensionales asociadas a cizallamiento son muy importantes, debido a que son las más favorables para albergar mineralización, ocurren a diferentes escalas y pueden adoptar geometrías complejas (ver Figura N° 07).

2.31 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

El proyecto PAITITI se encuentra dominado por dos lineamientos principales direcciones dominantes (Noreste-Suroeste y Noroeste-Sureste); interpretadas como fallas normales.

El patrón estructural dominante mineralizado tiene una dirección promedio N235°, estas poseen características propias al formar clavos mineralizados, en el que la ley del metal económico (Au) aumenta proporcionalmente, determinando un control estructural importante para determinar la génesis y zonas de alto potencial económico.

Algunas fracturas hospedantes de mineralización con dirección NW-SE presentan características similares pero albergan una mineralización pobre y poco económica, sin embargo su estudio de muy importante para la determinación de estructuras pre-mineralizadas y determinación de eventos posteriores.

Los indicios encontrados evidencian una posible reactivación posterior a la mineralización, conjugada por un sistema de relleno de brechas con clastos sub-redondeados de la veta inicial y se encuentra generalmente acompañando al sistema de fracturamiento hospedante de la mineralización o dominante; esta evidencia posiblemente demostraría la reactivación del sistema como una segunda etapa mineralizadora. (ver imagen N° 08).

Imagen N° 07

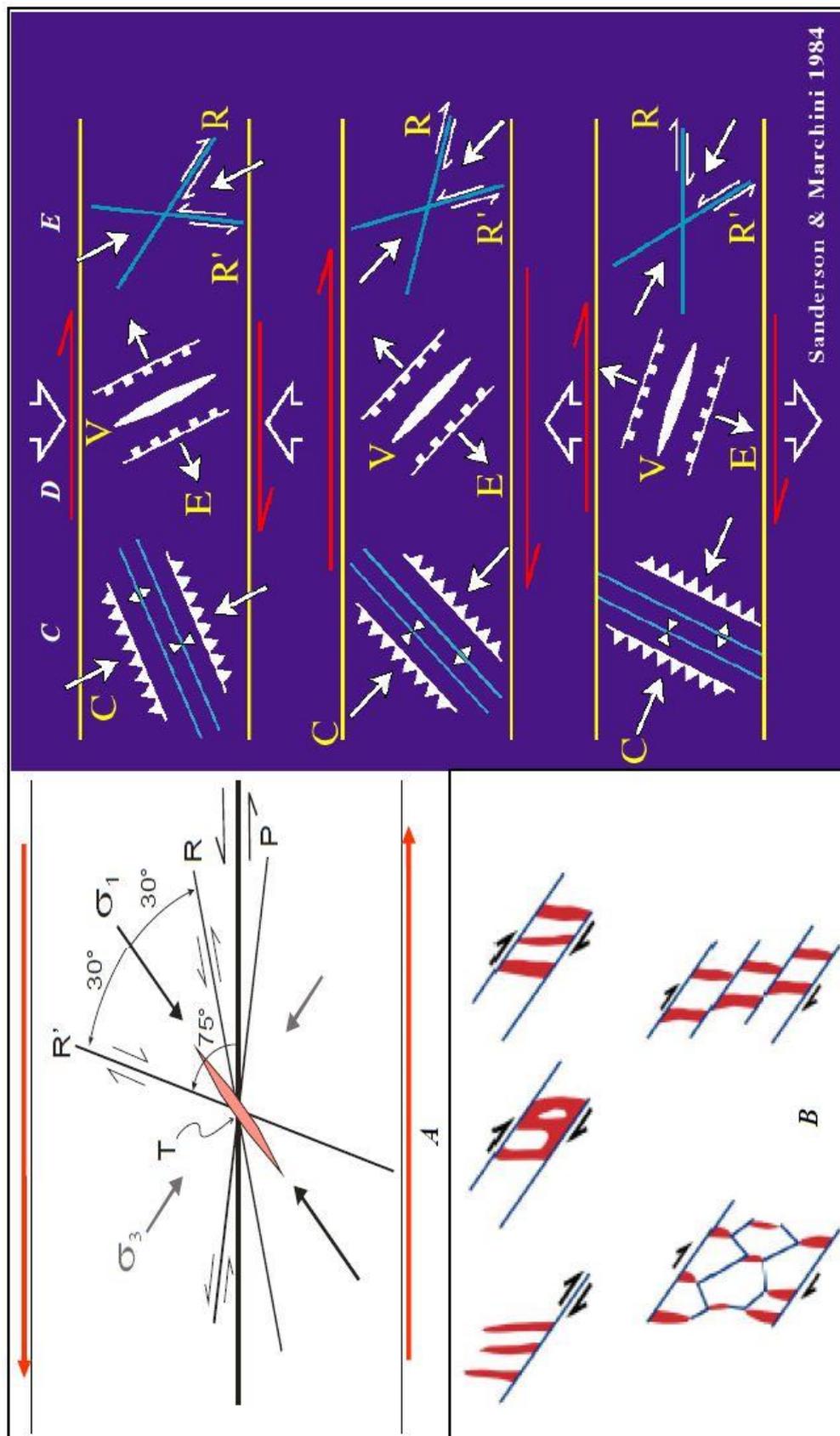


FIGURA N° 07 Modelo de fracturación A) Modelo de fracturación de Riedel, R1 y R2, P: fallas de Skempton, T: fracturadas por tracción B) Modelo de fracturación tensional en zonas de cizalla (Dubé & Guha, 1992). C) Zona de Transensión.D) Zona de Transgresión E) Ejes de compresión de fallas conjugadas (modificado Quispe, 2006).

Imagen N° 08

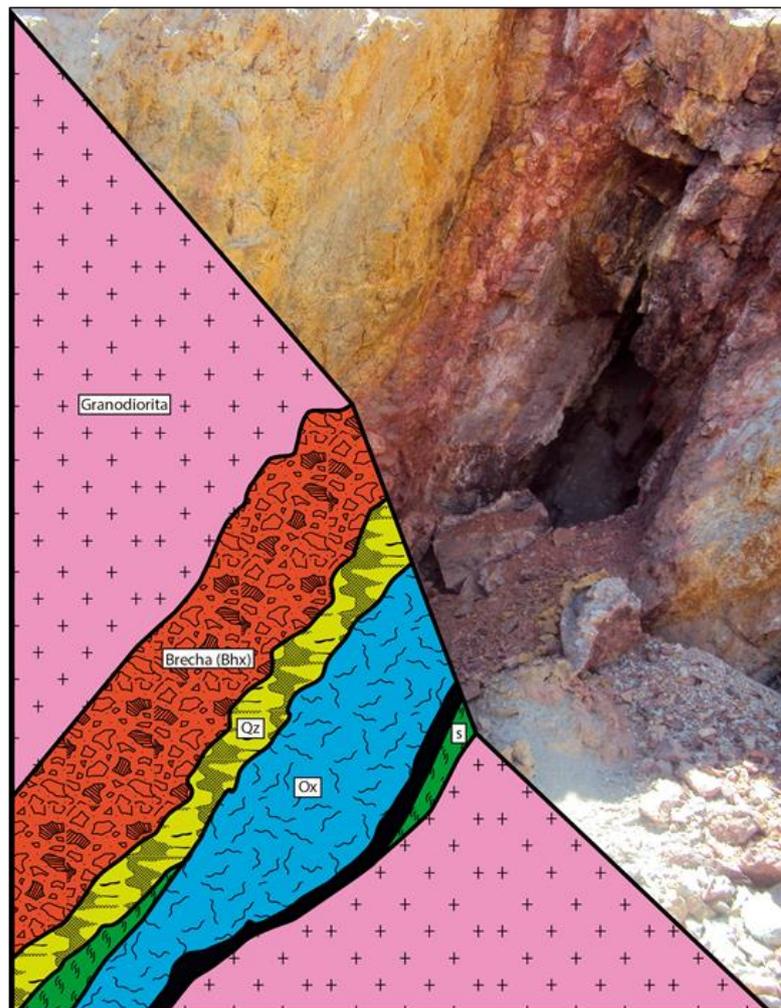


FIGURA N° 08 Brecha hidrotermal (HBX) emplazado como segundo evento en la misma estructura (*Elaboración propia*).

2.32 METALOGENIA

El proyecto PAITITI, se encuentra dentro de la franja metalogenética IX correlacionada con depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusivos del cretáceo superior, las estructuras mineralizadas de cuarzo – oro – sulfuros se encuentran hospedadas en granitoides del Cretáceo Superior del Batolito de la costa. Las estructuras mineralizadas están controladas por fallas con orientaciones NO-SE, N-S y E-O, que están constituidas en el sistema de fallas Nazca - Ocoña, entre los principales depósitos de esta franja se puede mencionar a:

- Orión.
- Caraveli.
- Ishihuinca.
- Calpa.
- Chaparra.
- Posco.
- Eugenia.
- Arirahua.
- San Juan de Chorunga
- Alpacay, fuente tomada de INGEMMET (ver imagen N° 09).

Imagen N° 09

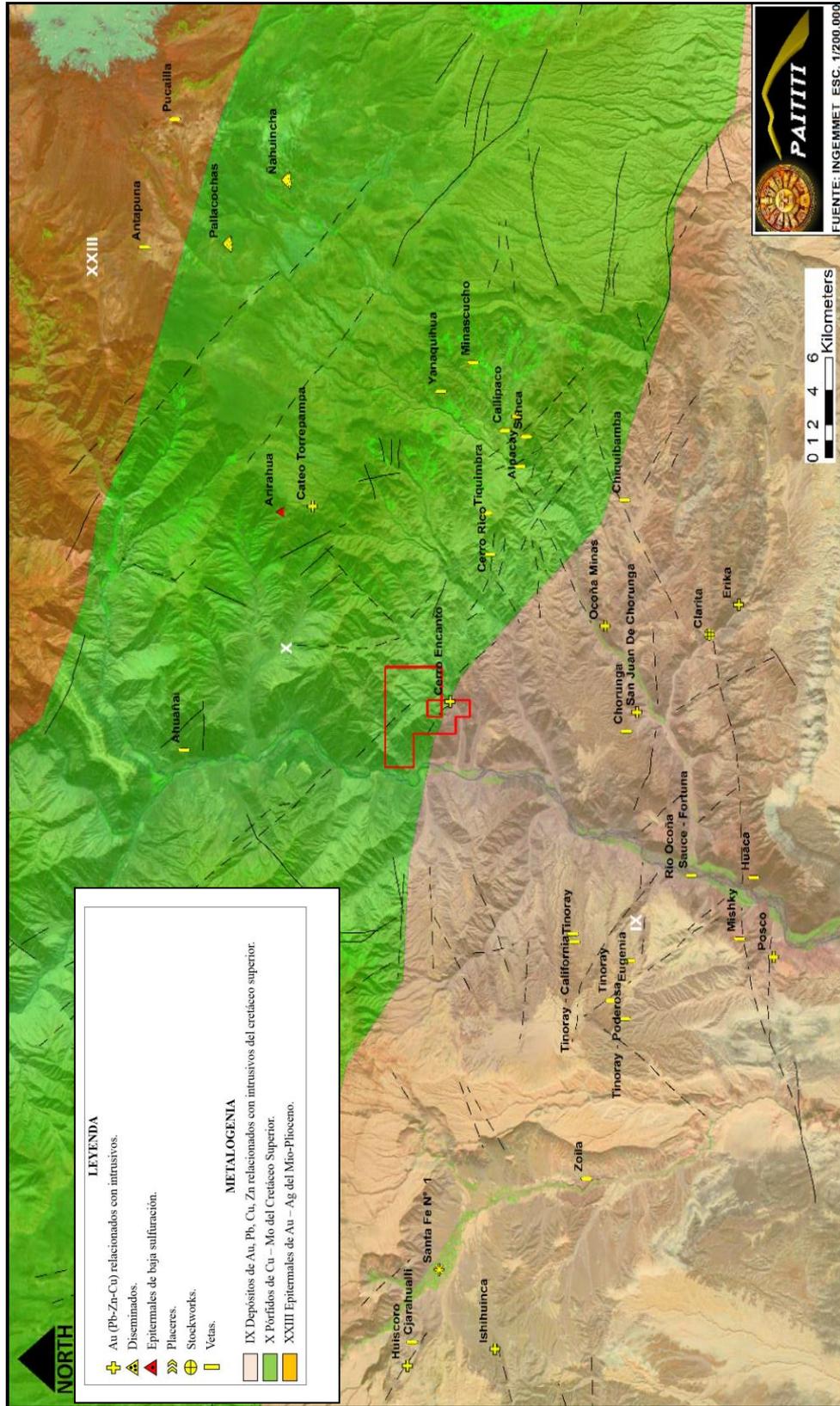


FIGURA N° 09. Imagen Proyecto PAITITI, se puede afirmar que se encuentra dentro de la franja metalogénica IX; por estar relacionado a intrusivos del cretáceo (Fuente: *INGEMMET*).

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación se desarrolló de acuerdo al siguiente procedimiento metodológico:

3.1.1 Recopilación y revisión de información bibliográfica.

Todo el material bibliográfico recopilado y disponible fue y sigue siendo analizado, la búsqueda de información consistió en recurrir a diversas fuentes tales como bibliotecas, hemerotecas, informes relacionados a la investigación, mapas geológicos, informes anteriores de la zona; así como la búsqueda de temas relacionados a la materia de investigación a través de los navegadores de red (internet).

3.2 TRABAJO DE CAMPO

- Cartografiado geológico mediante trabajos de campo a escalas, 2k, 5k y 10k.
- Reconocimiento de rocas y minerales.

- Toma de muestras de roca y estructura mineralizada previa determinación de los blancos elegidos.

Esta etapa fue fundamental para nuestra investigación ya que ella engloba todo el proceso de este Proyecto es decir la exploración afinada y detallada donde se pudo obtener los datos necesarios, lo cual nos permitió llegar a la mejor interpretación posible.

3.3 TRABAJO DE GABINETE

3.3.1 Evaluación geológica del yacimiento

- Generación de mapas geológicos
- Generación de mapas estructurales
- Elaboración de perfiles y secciones geológicas

En base a los planos levantados y trabajos de campo conjuntamente con el cartografiado local, se determinó los diferentes tipos de litología, estructuras mineralizadas, anomalías y alteraciones.

3.3.2 Procesamiento e identificación de los resultados de muestras

En base a los resultados alcanzados por el laboratorio (ALS PERU), los cuales confirman la presencia de oro (Au) en vetas y en las cajas de las vetas, estos resultados del muestreo; confirman el potencial esperado, es por ello el interés de seguir explorando el Proyecto PAITITI.

Los análisis y resultados de muestras que se hizo en el laboratorio (ALS PERU).se muestran en las imágenes A-B-C.

3.3.3 Redacción del documento final.

Se llevó a cabo de acuerdo al esquema establecido de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica.

3.4 INSTRUMENTOS EQUIPOS Y MATERIALES

Los materiales utilizados para el estudio y evaluación del proyecto PAITITI, han sido cuidadosamente seleccionados, en cuanto a su exactitud y precisión, dichos materiales definieron los parámetros de cartografiado y obtención de muestras para análisis geoquímico; dicho materiales son:

- GPS Garmin.
- Brújula tipo Brunton.
- Lupa Iwamoto.
- Lápiz rayador.
- Lápiz imantado.
- Tablero.
- Martillo de geólogo.
- Ácido Clorhídrico (HCL)
- Protactor de diferentes escalas.
- Bases topográficas.
- Colores.
- Lápices HB-2H.
- Bolsas de muestreo (20x40cm)
- Tarjetas de codificación para muestras.
- Equipos de Protección Personal (EPP).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARTOGRAFIADO SUPERFICIAL

- Se realizó el cartografiado superficial de la Litología, alteración, vetas y estructuras a escala 10k, 5k y 2K, dentro de la concesiones del proyecto PAITITI.
- Se tiene actualizado el Folio del Proyecto PAITITI a escala 2K.

4.2 MUESTREO

- Se realizó muestreo geoquímico de tipo selectivo en las vetas y en las cajas de veta.
- El muestreo geoquímico se realizó en 2 fases, donde se colectaron un total de 84 muestras. (Ver fotografía N° 05)
- El objetivo de estas 2 fases de muestreo fue definir la existencia de mineralización económica y evaluación de rentabilidad del proyecto PAITITI.

Fotografía N° 05



Fotografía N° 05. Recolección, embalado y codificación de muestras. (Fuente: propia).

4.3 MARTHA TRES

En la primera fase se reconocieron seis estructuras principales de veta, los ensambles característicos de las vetas son:

- Cuarzo - Óxidos de Fierro (hematita - jarosita - limonitas) diseminada.
- En zonas de sulfuros pirita diseminada.
- En la mayoría de casos la roca encajonante se encuentra brechada.

Las vetas presentan azimuts que varían entre N230° a N240° y buzamientos entre 60° a 80° al NW; con potencias que van de 0.3 a 1.5 m. y longitudes variables de 200 a 600 m. (ver imagen N° 10).

Imagen N° 10

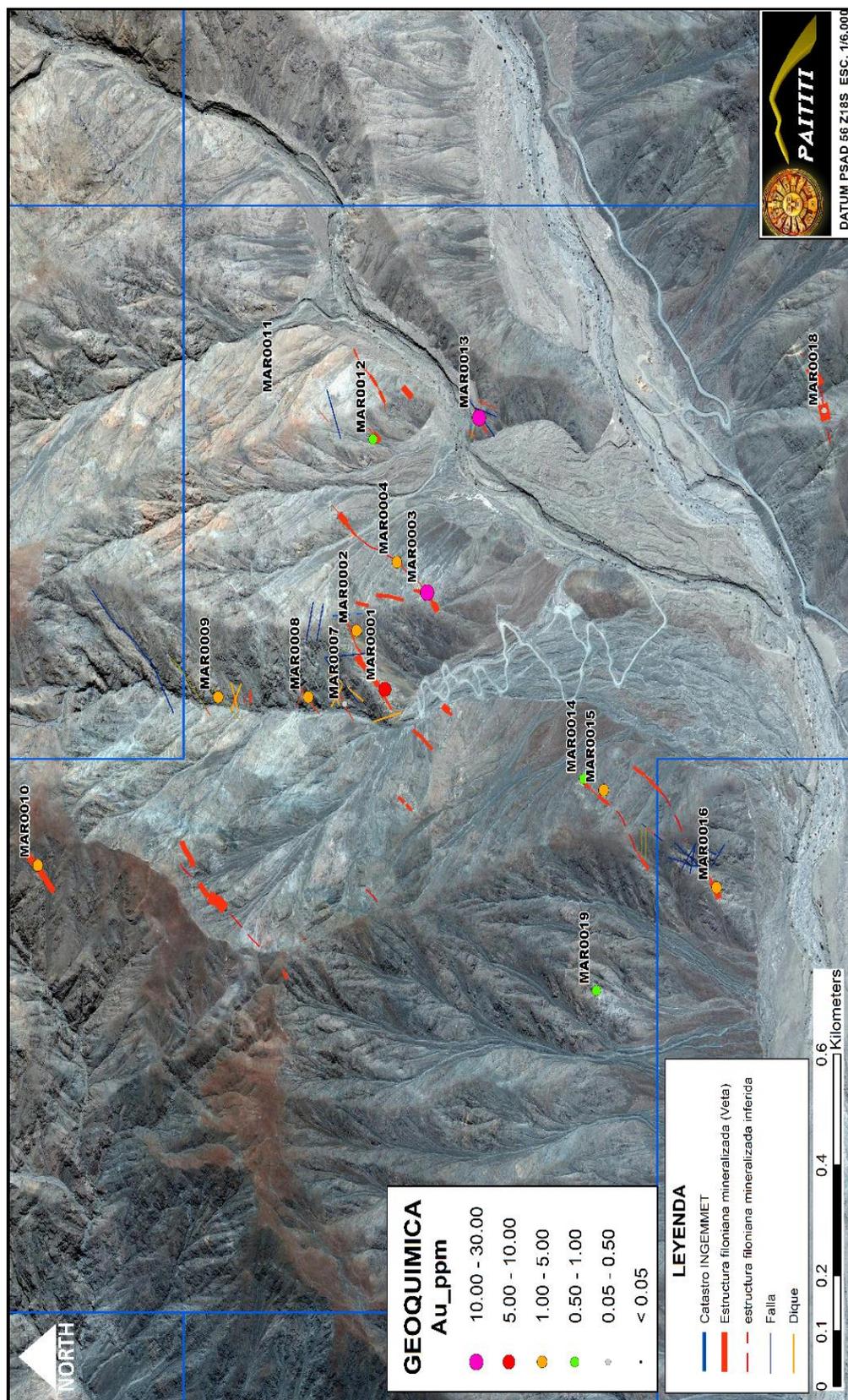


FIGURA N° 10 Primera etapa de exploración del Proyecto PAITITI, concesión MARTHA TRES. (Elaboración propia).

4.4 GEOQUÍMICA

La información del muestreo geoquímico de la primera fase donde se pudo coleccionar 20 muestras, y segunda fase 64 muestras confirman la mineralización de oro (Au), en las estructuras filonianas.

A la vez el oro se encuentra en las cajas de las vetas, estos resultados del muestreo confirman; el potencial esperado y se está a la expectativa que las demás estructuras presenten valores similares o mejores, es por ello el interés de exploración en el Proyecto PAITITI. (ver cuadro N° 16).

4.5 INTERCEPTOS OBTENIDOS EN LA PRIMERA FASE DE EXPLORACIÓN

La información del muestreo geoquímico por canales de una primera fase donde se coleccionaron 20 muestras. (Ver cuadro N° 10-11).

Muestreo en superficie realizado en las vetas y cajas de veta son:

- Resumen total de muestras, valores máximos , mínimos y promedio:

Cuadro N° 10

N° MUESTRAS	VALOR	Au ppm
20	Máximo	28.3
	Mínimo	0.05
	Promedio	4.444

FUENTE: Elaboración propia.

- Rangos geoquímicos para oro y plata.

Cuadro N° 11

Au (ppm)		
De	A	Color
0.05	0.5	
0.50	1	
1	5	
5	10	
10	> 28	

FUENTE: Elaboración propia

4.6 INTECEPTOS OBTENIDOS EN LA SEGUNDA FASE DE EXPLORACIÓN

La información del muestreo geoquímico en la segunda fase donde se pudo coleccionar (64 muestras), confirman la mineralización de oro (Au); en las estructuras filonianas y oro en las cajas de las vetas, estos resultados del muestreo geoquímico selectivo confirman el potencial. (Ver cuadro N° 12-13)

- Resumen total de muestras, valores máximos , mínimos y promedio:

Cuadro N° 12

N° MUESTRAS	VALOR	Au ppm
64	Máximo	28.3
	Mínimo	0.05
	Promedio	4.85

FUENTE: Elaboración propia.

➤ Rangos geoquímicos para oro y plata:

Cuadro 13

Au (ppm)		
De	A	Color
0.05	0.5	
0.50	1	
1	5	
5	10	
10	> 28	

FUENTE: Elaboración propia.

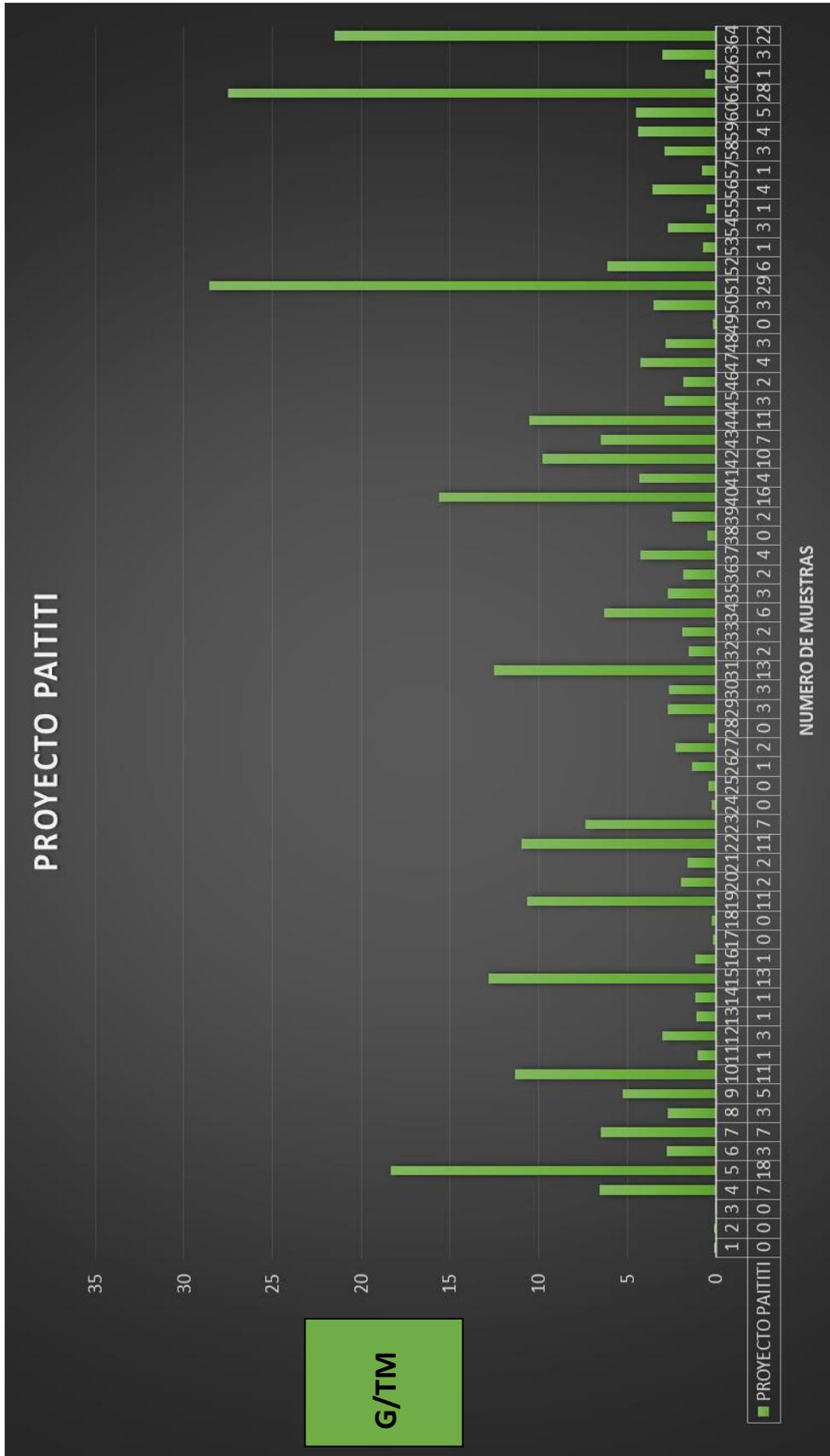
4.6.1 CUADROS ESTADÍSTICOS

Cuadro N° 14 Leyes de la primera fase de exploración.



FUENTE: Elaboración propia.

Cuadro N° 15 Leyes de la segunda fase de exploración.



FUENTE: Elaboración propia.

Imagen N° 11

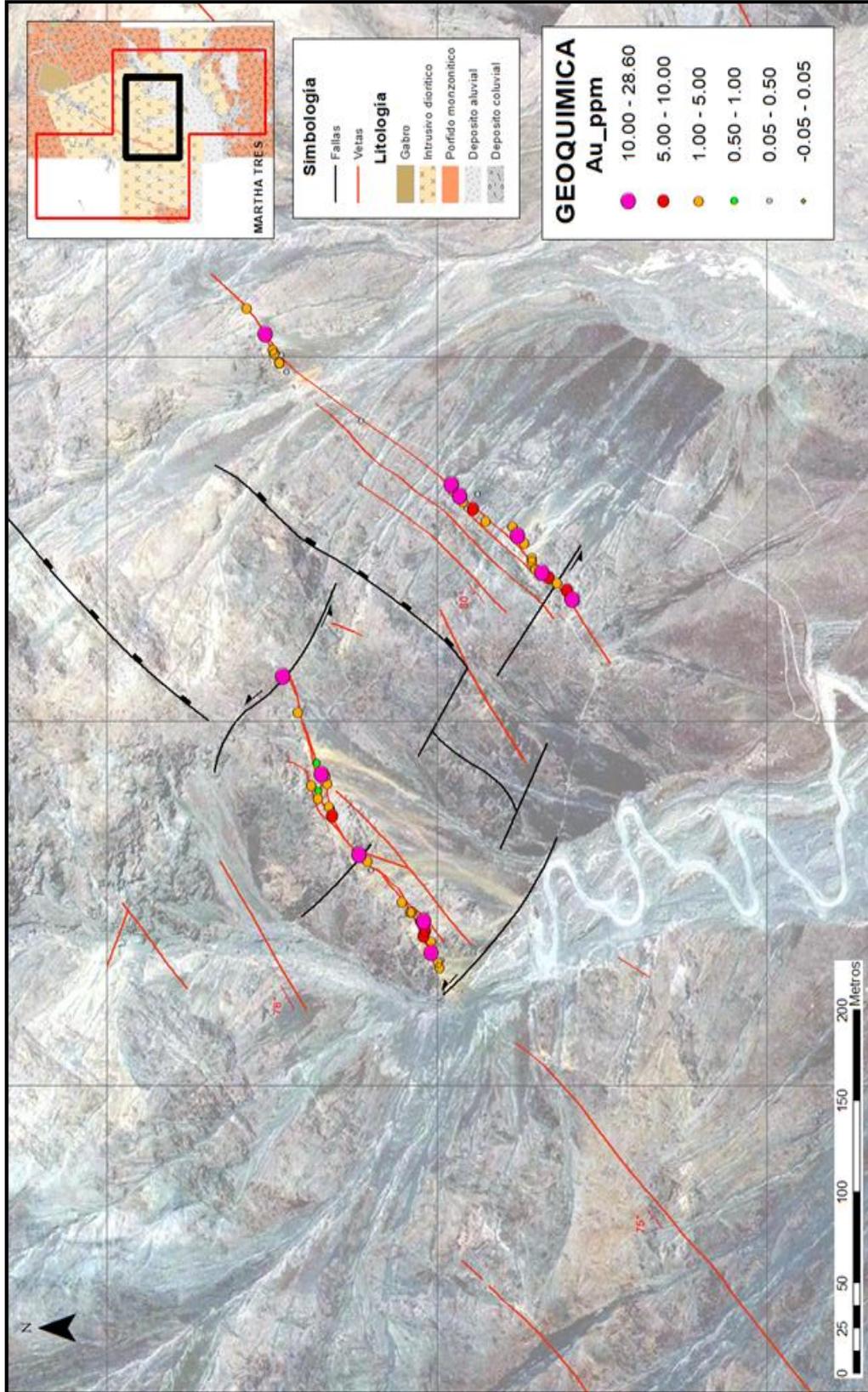


FIGURA N° 11. Valores geoquímicos obtenidos en las dos etapas de exploración realizadas. (Elaboración propia).

4.7. ESTUDIO GEOFÍSICO DEL PROYECTO PAITITI

4.7.1 TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA (RESISTIVIDAD)

La Tomografía eléctrica es un método de resistividad multi-electródico, basado en la modelización 2-D de la resistividad del terreno mediante el empleo de técnicas numéricas (elementos finitos o diferencias finitas). Destacar que actualmente se está avanzando en la modelización 3-D.

De uso generalizado tanto en Europa como en EE.UU, en la resolución de un amplio abanico de problemas ingenieriles e hidrogeológicos, en España continúa siendo una técnica poco extendida y conocida bajo el nombre genérico de Tomografía eléctrica.

No obstante destacar que en la bibliografía, se distinguen dos nomenclaturas en función de la disposición de los electrodos en el terreno:

“Electrical imaging” en el caso que se dispongan en superficie (fig. 12), o

“Electrical tomography” si se hallan en el interior de sondeos verticales. (fig. 13) anglosajona (i.e. Dahlin).

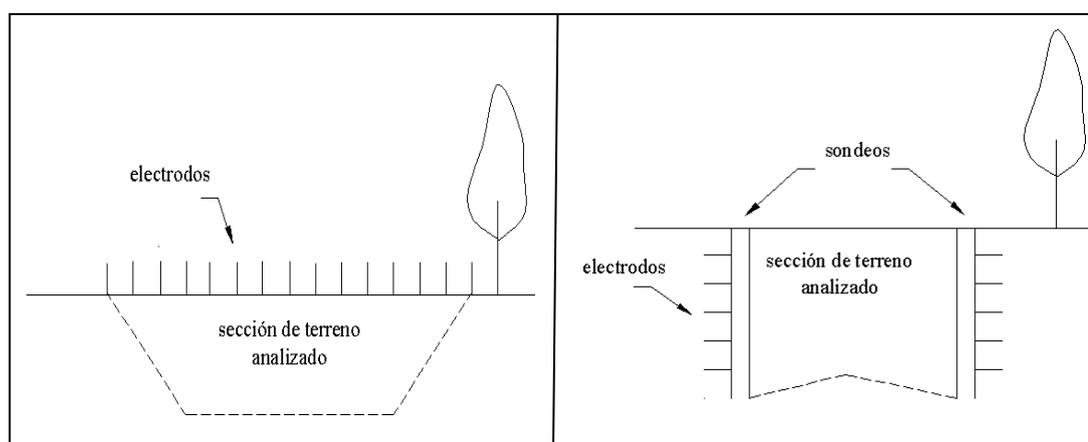


Figura 12 Esquema del “Electrical imaging”. Figura 13 Esquema del “Electrical tomography”.

Si bien a nivel teórico no existen diferencias significativas entre ambas variantes, en esta tesina solo nos centraremos en la descripción del “Electrical imaging”, ya que además de ser la técnica más adecuada para el estudio de problemas de filtración (en donde se precisan perfiles de gran longitud), es también la variante más económica, fácil y rápida de implementar en el campo.

La aparición de la Tomografía eléctrica ha supuesto un salto cualitativo espectacular con respecto a los métodos de resistividad convencionales, técnicas que aunque se han estado utilizando durante varias décadas en estudios de filtración de agua, su limitada resolución 2-D les confería en general un papel secundario frente a otras técnicas.

Este avance se debe fundamentalmente a dos razones:

- En primer lugar porque estos métodos convencionales solo utilizan 4 electrodos, siendo necesario para cada medida variar manualmente sus posiciones en el terreno (proceso relativamente lento y pesado). En cambio el método de Tomografía eléctrica es una técnica multi-electródica, en el que todo el proceso de adquisición de datos está totalmente automatizado.

Esto nos permitirá poder realizar un gran número de medidas, tanto en profundidad como lateralmente, en un breve espacio de tiempo (del orden de 500 medidas en una hora y media), obteniendo por tanto modelos 2-D de gran resolución.

- En segundo lugar porque el empleo de técnicas numéricas nos permitirá poder procesar eficazmente todo este gran volumen de información.

4.7.1.1 Objetivo del método.

El objetivo de este método se basa en obtener una sección 2-D de resistividades reales del subsuelo, modelo a partir del cual podremos determinar la presencia o no de filtraciones de agua en profundidad, mediante la localización de áreas en donde tengamos una disminución anómala del valor de la resistividad del terreno.

Para ello será preciso el empleo de un programa de inversión, con el que transformaremos las resistividades aparentes obtenidas de la campaña de campo, a valores de resistividad real (ver figura N° 14).

4.7.1.2 Esquema básico del funcionamiento del método.

Independientemente de que la Tomografía eléctrica sea una técnica multielectródica, la base teórica de su funcionamiento es análoga al de los métodos de resistividad convencionales.

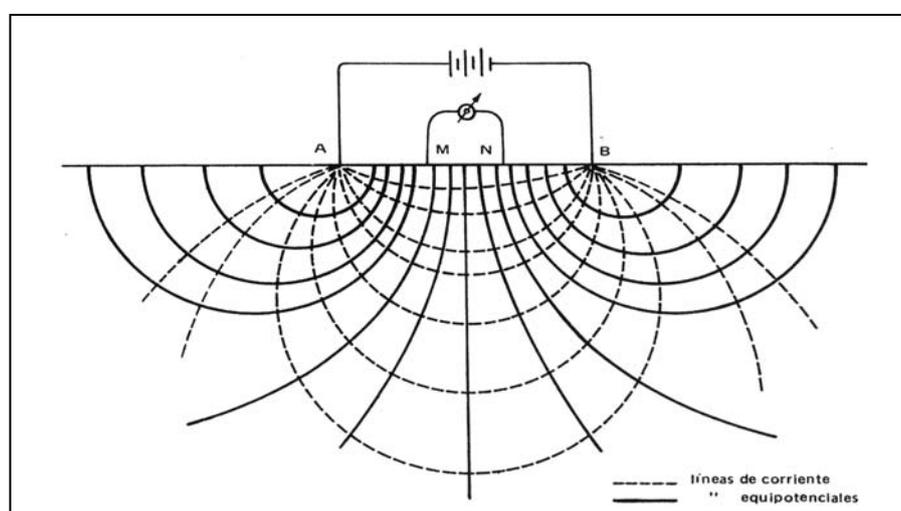


Fig. 14. Esquema básico de los métodos de resistividad .

Escogido el dispositivo y realizada la primera medida, si lo que se persigue es medir como varía la resistividad del terreno sobre la vertical del punto medio "o", iremos expandiendo los electrodos que en el caso de usar el dispositivo

Wenner, deberán ser los 4 (para mantener la condición de $AM=MN=NB$), mientras que para Schlumberger (o Wenner-Schlumberger) solo expandiremos los electrodos A y B. Este análisis de la variación vertical del valor de la resistividad es lo que se conoce con el nombre de ***sondeo eléctrico vertical “SEV”***.

En cambio si lo que pretendemos es medir la variación lateral de la resistividad del terreno, bastará con mover los 4 electrodos solidariamente (tanto para Wenner como Schlumberger) hacia uno u otro lado. Esto es lo que se conoce como ***calicata eléctrica***.

4.7.1.3 La resistividad eléctrica.

Cuando introducimos corriente eléctrica en el terreno, ésta se puede propagar de tres maneras diferentes a través del subsuelo: *conducción dieléctrica* (asociada a materiales muy poco conductivos o aislantes), *conducción electrónica* (asociada a materiales con electrones libres, i.e. los metales) y *conducción electrolítica* (asociada al movimiento de los iones presentes en el fluido intersticial del terreno).

La conducción electrolítica es el modo de propagación más importante, y en el que se basa los métodos de resistividad.

4.7.1.4 Factores que afectan a la resistividad.

La resistividad eléctrica es un parámetro que varía en función de las características del terreno. Algunos de los factores que lo influyen son:

- El grado de saturación del terreno.
- La temperatura.
- Porosidad y la forma de los poros.
- La salinidad del fluido.

- El tipo de roca.
- Los procesos geológicos que afectan a los materiales.
- La presencia de materiales arcillosos con alta capacidad de intercambio catiónico.

Es precisamente esta estrecha relación entre la resistividad eléctrica y el grado de saturación del terreno, lo que permite el utilizar estos métodos de resistividad en la búsqueda de focos de filtración de agua en el subsuelo. En este sentido, incrementos del contenido en agua del terreno provocarán disminuciones de la resistividad.

En lo que concierne a los otros factores, destacar que la salinidad del fluido, la porosidad del terreno, y la temperatura (si bien éste es un factor poco importante), presentan un comportamiento análogo al del grado de humedad.

Un caso curioso es el de la sal, ya que ésta se comporta como un excelente aislante en estado seco, mientras que en disolución confiere al terreno una alta conductividad.

4.7.1.5 Equipo requerido.

El equipo que se precisa para la ejecución del método consta de:

- Electrodo: no son más que unas barras metálicas cuyo número variará en función del problema
- Cable: es de gran longitud, con conexiones cada cierto intervalo a fin de poder conectar los electrodos.
- Conectores: son unos pequeños cables de cobre con pinzas en los extremos. Son los que se encargan de conectar los electrodos al cable.
- Ordenador portátil: en él tenemos el software que nos permite por un lado determinar las variables de trabajo: tipo de dispositivo electrónico,

número de electrodos, espaciado entre ellos, número de medidas a realizar, etc., y por otro lado procesar y visualizar los resultados obtenidos.

- Unidad central (resistivímetro): es el cerebro de todo el dispositivo. Se encarga de ejecutar de forma automática toda la secuencia de medidas predeterminada, verificar el buen estado de las conexiones, así como almacenar digitalmente todos los resultados de campo.
- Una batería: es la fuente de alimentación de todo el sistema.

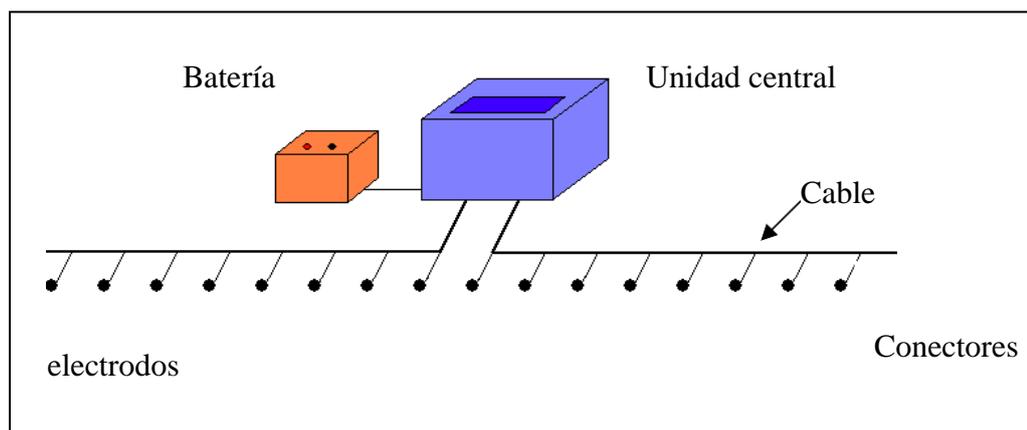


Fig. 15 Esquema del dispositivo requerido.

4.7.1.6 Metodología de campo.

4.7.1.6.1 Planificación de la campaña de reconocimiento.

Los aspectos más importantes que deberemos definir en la fase de planificación de la campaña de campo son:

- Delimitar los objetivos perseguidos.
- El número de perfiles a realizar y su ubicación.
- Profundidad máxima de investigación.
- El dispositivo electródico, número y separación de los electrodos.

- Medidas preventivas que se deben adoptar para asegurar la calidad de los datos.

El “Electrical imaging” se basa en la obtención de perfiles 2-D de resistividad del terreno por lo en el caso de analizar posibles filtraciones en alguna estructura lineal (i.e. presa), bastará simplemente con disponer el perfil (o perfiles) de electrodos lo más paralelo posible a la traza de la estructura.

En la imagen N° 16, observamos la tomografía eléctrica realizada en el Proyecto PAITITI, en la tercera etapa de exploración.

Imagen N° 16

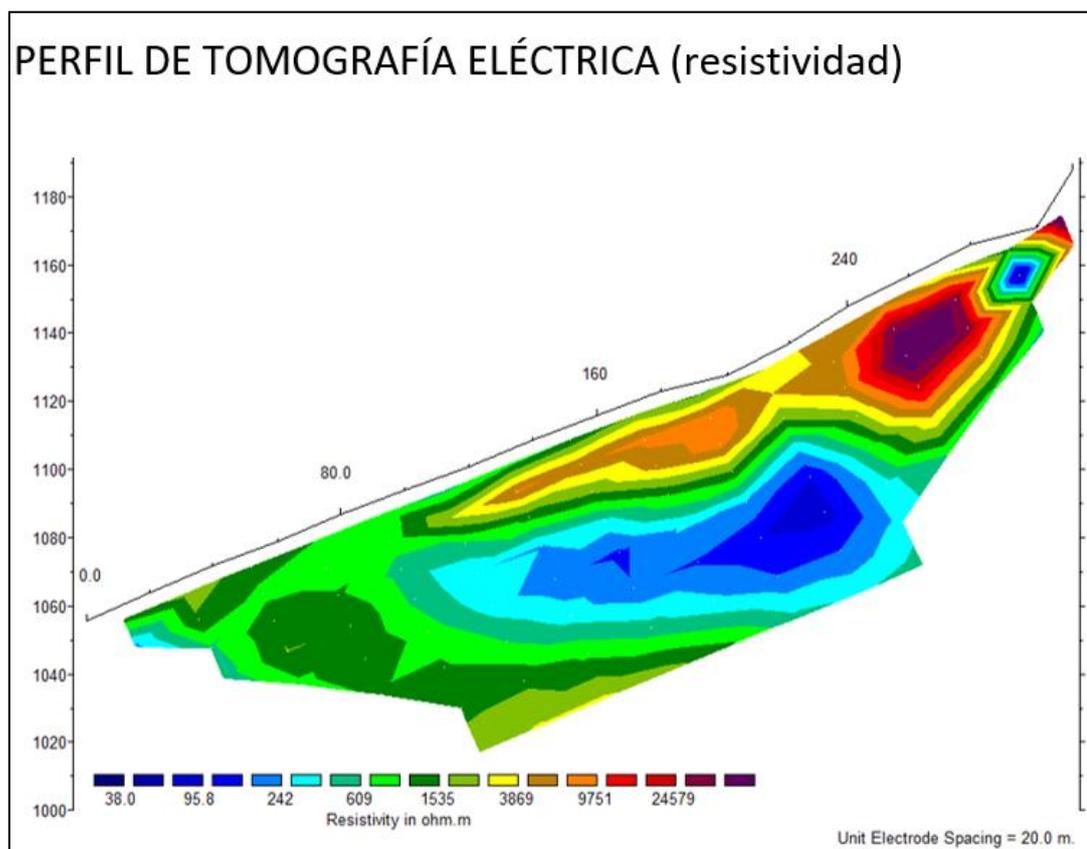


FIGURA N° 16. Perfil de tomografía eléctrica (*Empresa Minera Mar E.I.R.Ltda.*).

4.7.2 POLARIZACIÓN INDUCIDA (CARGABILIDAD)

El método de la polarización inducida aplicado la primera vez el fin de la década 1940 ha sido utilizado frecuentemente en la búsqueda de depósitos de sulfuros diseminados. Durante la década 1960 se volvió el método más empleado de todas las técnicas geofísicas superficiales en la exploración minera.

4.7.2.1 Fundamentos

Algunas rocas y depósitos minerales no exhiben un potencial propio. Solo al dejar pasar una corriente por las rocas a través de un par de electrodos de corriente se genera una polarización inducida en ellos, un proceso comparable a la carga de un acumulador. Después de la interrupción de la corriente el potencial generado se puede medir un cierto intervalo de tiempo todavía, mientras que se disminuye lentamente.

Se puede demostrar el voltaje inducido midiendo la diferencia de potencial entre dos electrodos colocados en la superficie un intervalo de tiempo definido después de la interrupción de la corriente.

4.7.2.2 Procedimiento en el terreno

Las técnicas empleadas en el terreno para medir la polarización inducida semejan en muchos aspectos a las empleadas para las mediciones de la resistividad. La corriente se introduce en el subsuelo con dos electrodos. Para la transmisión de la corriente en el subsuelo se emplean transmisores.

Por ejemplo el 'Induced Polarization Transmitter' (N250 I.P. Transmitter) de Crone se caracteriza por una potencia de 250W y un rango de voltaje de -120V, 212V (intensidad de corriente correspondiente $I = 1,18A$), 300V, 425, 600V y 850V ($I = 0,3A$). El potencial se mide entre dos otros electrodos después de

haber interrumpido la corriente. Generalmente se mantiene la configuración de los electrodos uniforme y solo se varía la posición de la configuración lateralmente a lo largo de un perfil. Esta técnica es muy bien adecuada para el reconocimiento de áreas todavía no conocidas.

La corriente introducida en el subsuelo puede ser de:

- De forma de pulsos, generalmente formados como ondas cuadráticas o
- De forma de corrientes alternas de frecuencias muy bajas (1Hz o menos).

Los datos provenientes de las corrientes alternas de frecuencias muy bajas usualmente se comparan a una variedad de frecuencias.

Dos técnicas de introducir los pulsos de corriente en el subsuelo se emplean comúnmente.

Una técnica consiste en una sola interrupción repentina de la corriente directa pasando por el subsuelo y en mediciones subsecuentes de las características de disminución del voltaje. La corriente pasa por el subsuelo un intervalo de tiempo de 1 a 5 min. antes de interrumpirla.

La duración del pulso debe ser registrada precisamente. El voltaje transitorio se registra en intervalos poco espaciados después de la interrupción de la corriente o se lo registra continuamente. Comúnmente se mide el área situado debajo de la curva voltaje-tiempo (hasta el tiempo para que el voltaje no se puede registrar más) para determinar el sobre voltaje generado durante el corrido de la corriente.

La otra técnica hace uso de una serie de pulsos idénticos repetidos en intervalos cortos y uniformes. La forma de la señal puede ser distinta en comparación con la señal generada por un solo pulso también si el intervalo

entre los pulsos repetidos es largo, pues que la señal disminuyéndose del primero pulso puede superponer la señal correspondiente al siguiente pulso. El voltaje observado durante el periodo entre dos pulsos se promedia y este promedio se usa para la interpretación de los datos.

4.7.2.3 Método de frecuencia variable

Este método se aplica para medir las variaciones de la resistividad aparente en función de cambios de frecuencia.

La polarización que se opone a la disminución del potencial externamente aplicado tendría el mismo efecto como una resistencia conectada en serie con la resistencia actual de las formaciones excepto el caso que el efecto variaría con la frecuencia.

En las rocas, que no llevan minerales que responden a la polarización inducida se producirá una disminución muy pequeña de la resistividad cuando se aumenta la frecuencia, usualmente la disminución es menor a 1%. En el caso de rocas, que responden a la polarización inducida la disminución de la resistividad será mucho mayor, de vez en cuando puede llegar a 10 o 20% para un incremento de la frecuencia de 10 veces.

El porcentaje P de la disminución se puede expresar por la formula siguiente:

$$P = \frac{(\rho_2 - \rho_1)}{\rho_1} \times 100\%$$

Donde:

ρ_2 = resistividad medida a una frecuencia determinada.

ρ_1 = resistividad medida a una frecuencia 10 veces mayor.

Cuadro N° 16 Valores de ρ para algunas rocas.

TIPO DE ROCA	Porcentaje de disminución de la resistividad
Rocas con sulfuros concentrados	>10
Menas de pórfidos cupríferos con un contenido de 2 a 10% en sulfuros	5 – 10
Rocas con trazas de una mineralización con sulfuros	2 – 5
Areniscas y rocas de silt	1 – 3
Basaltos	1 – 2
Granitos	0,1 – 0,5

FUENTE: Según MARSHALL & MADDEN (1959 EN DOBRIN & SAVIT, 1988).

4.7.2.4 Aplicaciones

Exploración de sulfuros diseminados: según ROGERS (1966, en DOBRIN & SAVIT, 1988) tomando en cuenta ciertas limitaciones en lo que concierne las dimensiones, la profundidad y la concentración de los sulfuros a través de la polarización inducida se puede detectar la presencia o ausencia de un depósito de sulfuros diseminados en 80% de los casos solo aplicando este método y con un porcentaje mayor en combinación con otros métodos de exploración.

Exploración de agua subterránea: localización del nivel freático experimentos de VACQUIER et al. (1957 en DOBRIN y SAVIT, 1988)) con mezclas de arena y arcilla han mostrado, que las partículas de arcillas pueden causar una polarización formando una barrera para el flujo de fluidos, que llevan electrolitos y que pasan por el espacio poroso de la roca.

Los intercambios iónicos en las moléculas de las arcillas pueden provocar que la mezcla de arena y arcilla actúe como una membrana electronegativa. Una interpretación adecuada de los datos de la polarización inducida puede resultar

en la determinación de la profundidad, en que ocurren tales efectos y la cual coincide con el nivel freático.

4.7.2.5 Método de potencial propio o espontáneo respectivamente

Los depósitos minerales a menudo se encuentran en distintos niveles freáticos (de acuíferos respectivamente), especialmente si se extienden desde niveles cercanos de la superficie terrestre hasta profundidades mayores.

Debido a la alta conductividad de algunos depósitos minerales se genera en ellos un elemento eléctrico, cuyo efecto se puede registrar en la superficie terrestre en forma de una diferencia de potencial.

4.7.2.6 Procedimiento de medición

El potencial se mide entre dos electrodos de potencial. Uno de ellos se instala en forma fija afuera del área perturbada (matemáticamente se lo coloca en el infinito). Con el otro electrodo se establece una red de estaciones de observación dentro del área perturbada.

Los valores medidos se presentan en un mapa de líneas equipotenciales.

Dentro del proyecto PAITITI, se viene realizando la tercera etapa de exploración la cual está basada en estudios de Geofísica; esto nos permitirá determinar los blancos de perforación, para así poder realizar la cubicación de mineral respectivo.

En las imágenes N° 17 y 18 se muestra los perfiles de polarización inducida (resistividad), realizados en la zona dentro del proyecto de estudio.

Imagen N° 17

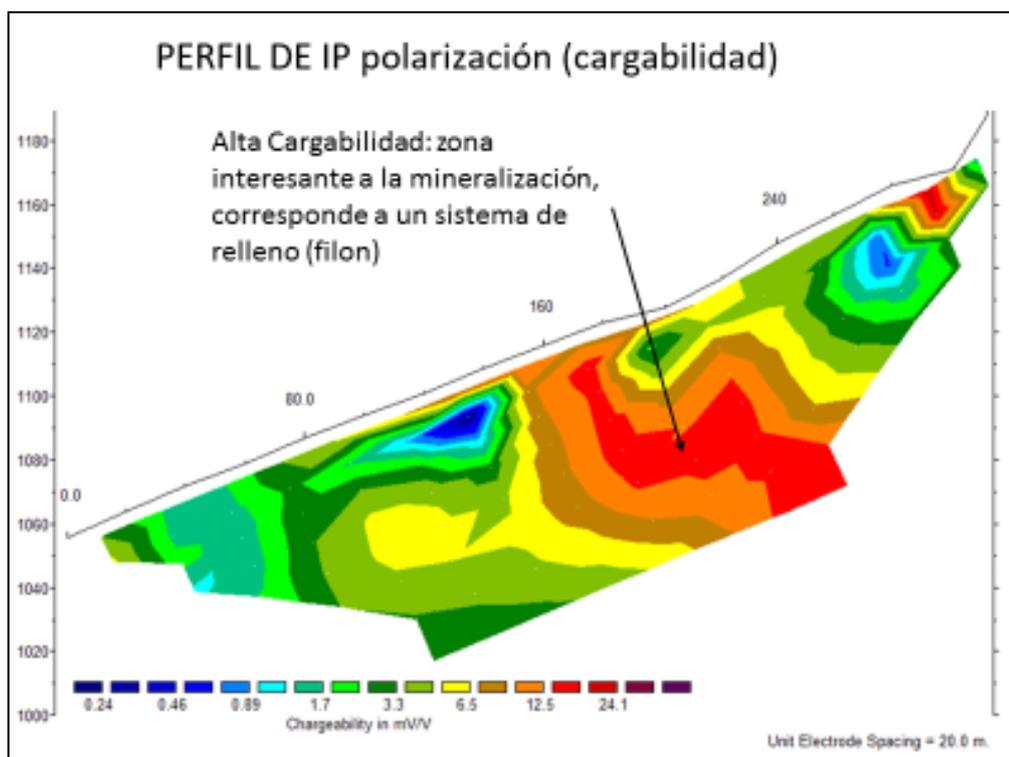


FIGURA N° 17 Perfil De IP polarización, (Empresa Minera Mar E.I.R.Ltda).

Imagen N° 18

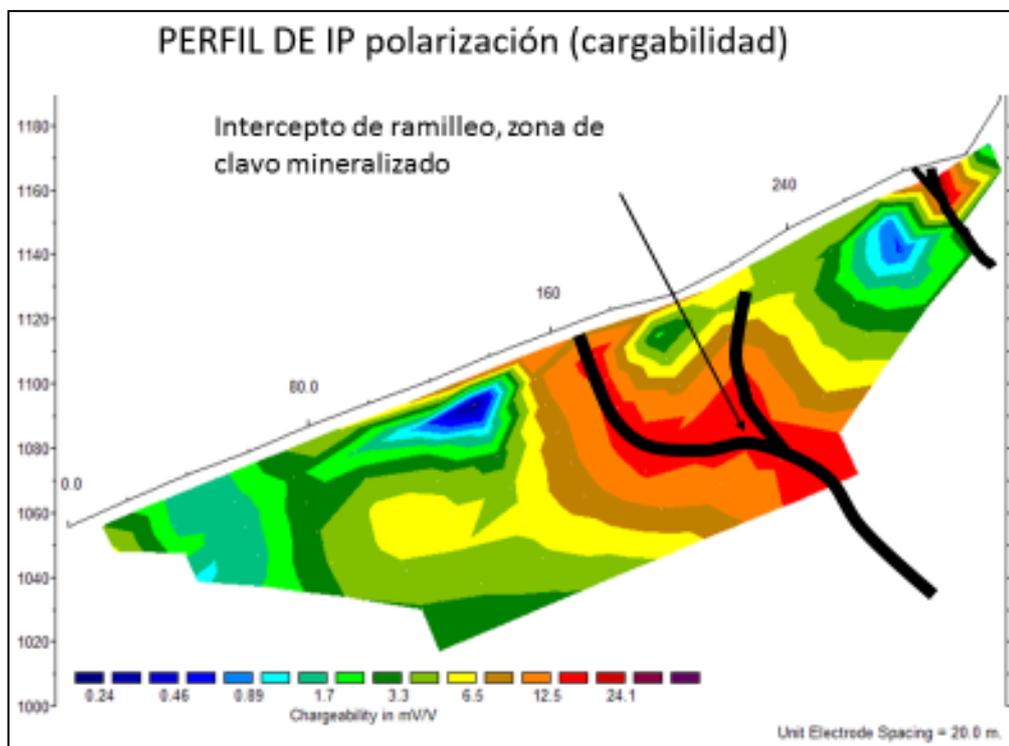


FIGURA N° 18 Perfil de IP polarización, (Empresa Minera Mar E.I.R.Ltda).

4.8 INTERCEPTOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO DE SUPERFICIE RELIZADO EN VETAS Y CAJAS

Cuadro N° 17

Interceptos de la primera y segunda fase de exploración del Proyecto PAITITI.

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN	Au/ ppm
MAR-0001	709126	8255575	1199	Qz ban_with FeOx_infill_Ja 20%, Go 5%, Hem 3%_Py 2%_Qz oqueroso	7.53
MAR-0002	709232	8255635	1252	Qz ban Oqueroso_with FeOx_infill_Jr 30%, Go 7%, Hem 5%	4.68
MAR-0003	709301	8255486	1164	Qz ban Oqueroso_with FeOx_infill_Jr 40%, Go 2%, Hem 5%_Py dis	28.30
MAR-0004	709356	8255550	1156	Qz ban granular_with FeOx_infill_Jr 60%, Go 10%, Hem 5%_Py dis	3.34
MAR-0005	709420	8255652	1156	Qz ban granular_with FeOx_infill_Jr 60%, Go 10%, Hem 5%_Py dis	7.60
MAR-0006	709435	8255664	1156	Qz_Ca with FeOx_infill_Ja 10%, Go 10%, Hem 20%_BoxWork	0.77
MAR-0007	709100	8255660	1196	Qz_bn_FeOx_infill_Ja 10%, Go 10%, Hem 15%_Ca, Clo, Ser	0.16
MAR-0008	709112	8255737	1133	Qz_bn_FeOx_infill_Ja 7%, Go 4%, Hem 3%_Clo, Py, Ca, Ser	1.10
MAR-0009	709112	8255927	1342	Qz_gr_FeOx_infill_Ja 20%, Go5%, Hem 25%_Ca, Cl,Ser?	1.56
MAR-0010	708808	8256308	1600	Qz_Ca with FeOx_infill_Ja 10%, Go 10%, Hem 20%_BoxWork	3.99
MAR-0011	709654	8255800	1121	Qz_gr_FeOx_infill_Ja 10%, Go 10%, Hem 7%_Ca, Ser	0.19
MAR-0012	709578	8255600	1103	Qz_gr_FeOx_infill_Ja 20%, Go 10%, Hem 10%_Ca, Cl	0.56
MAR-0013	709617	8255376	1076	Qz_gr_FeOx_infill_Ja 10%, Go 6%, Hem 10%_Ca, Ser	19.80
MAR-0014	708964	8255155	1063	Qz_oq_FeOx_infill_Ja 5%, Go 7%, Hem 10%_Ser?	0.55
MAR-0015	708944	8255113	1088	Qz_gr_bn_FeOx_infill_Ja 10%, Go 2%, Hem 10%_Ser?	1.51
MAR-0016	708768	8254875	984	Qz_gr_oq_FeOx_infill_Ja 10%, Go 3%, Hem 10%_Py, Ser	2.10
MAR-0017	709690	8254666	1098	Qz Oq, gr_FeOx_infill_Ja 15%, Go 5%, Hem 7%, Sericita, Clorita, Boxwork	0.05
MAR-0018	709630	8254648	1111	Qz gr_FeOx_infill_Ja 10%, Go 10%, Hem 10%, Sericita, Clorita	0.17
MAR-0019	708582	8255128	1071	Qz Oq_Py, Ga_with FeOx Ja 30%, Go 10%, Hem 10%_BoxWork	0.77
MAR-0020	706713	8258849	987	Ag Polibasita_Au electrum_Boxwork	4.15
MAR-0021	709499	8256862	1799	Vt Qz/ Halo de 20 cm	0.12
MAR-0022	709436	8256808	1775	Vt Qz/ OxFe 60% Halos de 1m al lado derecho un Dq And	0.10
MAR-0023	709437	8256810	1775	Vt Qz /OxFe 60% /vn Yz 1cm / a la derecha dq and	0.05

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN	Au/ ppm
MAR-0024	708811	8256317	1596	Vt poderosa / OxFe 60%/ Alt caja 20cm	6.57
MAR-0025	709295	8255480	1158	Vt OxFe /con 3cm de Hal ambos lados/ Ox 60% /20% Qz gra	18.35
MAR-0026	709297	8255481	1158	Vt OxFe / con Hal de 3cm / Ox 50% /Alt Si gra 20%	2.76
MAR-0027	709300	8255483	1157	Vt OxFe / con Hal de 3.5cm / Alt Si gra/ Ox 60% / S 2%	6.52
MAR-0028	709304	8255489	1155	Vt Qz /OxFe con 1 cm de Hal / Alt Si gra 15 % /Qz 40% /Ox 40%	2.69
MAR-0029	709307	8255494	1156	Vt OxFe y Qz /con 2cm de Halos /Qz 60% /Alt Si gra 3 %	5.27
MAR-0030	709310	8255498	1155	Vt Qz /pt Mn 2%/ Ox 10% /Alt Si gra 2% / 4cm de Hal	11.30
MAR-0031	709312	8255502	1160	Vt Qz y Ox/ 35 cm de Hal / Ox 60% /Alt Si gra 5%	1.04
MAR-0032	709316	8255504	1151	Vt Qz y Ox/ Alt cl Hal 2.5/ Ox 60%/ Alt Si gra	3.05
MAR-0033	709318	8255504	1150	Vt Ox y Qz/ Alt Si + Sr/ Alt Cl 10cm en Cj / Ox 60%	1.07
MAR-0034	709326	8255509	1149	Vt Qz y Ox/ Alt Cl + Si / Alt Cl 10cm en caja/ Ox 40%	1.17
MAR-0035	709330	8255513	1147	Vt Qz y Ox /Qz calcedonica + Alt Si gra / Pt Mn + Box Py	12.85
MAR-0036	709335	8255516	1149	Vt Qz y Ox / Pt Mn 1%/ Alt Si gra 4 %/ Vn Yz 1ml-5ml	1.15
MAR-0037	709353	8255537	1150	Vt Qz y Ox / Alt Si gra + Sr / vn Yz / Pt Mn /Box Py / Ox 80%	0.14
MAR-0038	709345	8255544	1150	Vt Qz y Ox / FeOx 60% / Vn Yz + Alt si gra / Box Py / Pt Mn	0.20
MAR-0039	709352	8255548	1151	Vt en Cj con Alt cl en el centro / Alt cl 66cm / Ox 30 %/ Yz 5%	10.65
MAR-0040	709353	8255547	1150	Vt Qz y Ox/ FeOx 40%/ Alt Si gra / Vn Yz / Pt Mn 1% / Box Py	1.99
MAR-0041	709355	8255552	1152	Vt Qz y Ox / Ox 30% /Alt Si gra / Vn Yz 1mm	1.58
MAR-0042	709358	8255553	1152	Vt Qz y Ox / Al Si gra /Pt Mn /Alt Prop + Ep	10.95
MAR-0043	709358	8255553	1150	Vt Qz y Ox / Alt Si gra / Ox 30 %/ Vn Yz > 1mm	7.34
MAR-0044	709393	8255608	1158	Vt Qz y Ox /Alt Cl / Hal 30 cm/Box Py 2 %/ vn Yz	0.26
MAR-0045	709420	8255653	1166	Vt Qz y Ox /Alt Si gra / Ox 20%	0.44
MAR-0046	709425	8255657	1168	Vt Qz y Ox / Hal 25cm /Box Py 2 %/ Ox 15%/ Alt Sr	1.35
MAR-0047	709425	8255657	1168	Vt Qz y Ox / Alt Sr / Box Py 3 %/ Ox 5%	2.26
MAR-0048	709429	8255656	1170	Vt Qz y Ox /Alt Si gra +Sr amigdaloides	0.41
MAR-0049	709430	8255660	1172	Vt Qz y Ox /Alt Sr/Ox 40%/ Alt Si gra / Pt Mn	2.71

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN	Au/ ppm
MAR-0050	709432	8255661	1177	Vt Qz y Ox / Alt Si gra / Box Py 1% / Ox 20 %	2.64
MAR-0051	709441	8255666	1180	Vt Qz y Ox / Alt Si gra + Sr /Box Py 12% / Ox fe 30 %	12.50
MAR-0052	709455	8255677	1183	Vt Qz y Ox / Ox fe 20 % / Alt Si /Pt Mn	1.56
MAR-0053	709349	8255546	1157	Vt Qz Ox / VnYz / Alt Si /Alt Prop + Ep	1.92
MAR-0054	709345	8255540	1156	Vt Qz y Ox / OxFe 50%/ Alt Si / Vn Yz/ Alt Prop	6.29
MAR-0055	709338	8255532	1159	Vn Qz Ox /Alt Pro en cajas / Alt Si /Pt Mn / Vn Yz	2.73
MAR-0056	709093	8255560	1151	Vt OxFe y Qz/ vn yz de 1 mm/ Ox60%	1.82
MAR-0057	709096	8255561	1151	Vt OxFe y Qz/ vn Yz de 1mm / Alt Cl +Si + Sr	4.28
MAR-0058	709097	8255559	1157	Vt Qz y OxFe/ Alt Si / Pt Mn 3%/ Qz opalino 1%/ Ox 10%	0.47
MAR-0059	709102	8255564	1161	Vt Qz y OxFe/ Alt Si gra + Sr / Ox 10%	2.48
MAR-0060	709101	8255565	1161	Vt Qz y OxFe/ Alt Si gra + Sr /Ox 15% / Hal 6 cm	15.60
MAR-0061	709107	8255565	1164	Vt Qz y OxFe / Alt Cl + Si gra / Ox 70%	4.31
MAR-0062	709110	8255570	1170	Vt Qz y OxFe / Alt Si 10 % / Ox 15% / Qz opalino 2% /Yz 3%	9.80
MAR-0063	709113	8255569	1170	Vt Qz y OxFe / Hal 15 cm / Alt Si gra /Ox 10%	6.50
MAR-0064	709118	8255570	1177	Vt Qz y OxFe /Alt Si / Pt Mn 4 %/ Ox 10% /Hal 19 cm	10.55
MAR-0065	709118	8255572	1179	Vt Qz y OxFe /Alt Si /Pt Mn 2 % /Ox 20 %/ Yz 4%/ Hal 20cm	2.87
MAR-0066	709123	8255577	1179	Vt Qz y OxFe /Alt Si gra/ Pt Mn/ Yz 3 %/ Au visible /Ep 1%	1.83
MAR-0067	709123	8255578	1179	Vt Qz y OxFe / Alt Si / Qz opalino /Ox 30 % / Alt Cl 2	4.27
MAR-0068	709129	8255583	1182	Vt Qz y OxFe / Box Py 3% / Alt Si / Ox 15%/Pt Ep	2.82
MAR-0069	709146	8255602	1194	Vt Qz y OxFe / Alt Si gra + Sr /Hal 12cm	0.18
MAR-0070	709151	8255604	1195	Vt Qz y OxFe /Alt Si+ Sr / Ep 1%/ Hal 30cm	3.49
MAR-0071	709155	8255609	1195	Vt Qz y OxFe / Alt Si gra + Cl / Yz 10 %/ Ox 20 %	28.60
MAR-0072	709176	8255625	1216	Vt Qz y OxFe / Alt Si / Pt Mn /Ox 20 % / Hal 30cm	6.13
MAR-0073	709177	8255626	1216	Vt Qz y OxFe / Ox 60 %/Yz 9 %/ Pt Mn 2 %	0.70
MAR-0075	709180	8255626	1219	Vt Qz y OxFe / Ox 70% / Alt Si/ Pt Mn	0.52
MAR-0076	709186	8255634	1227	Vt Qz / Box Py 3 % /Pt Mn 6 % / Ox 30 % / Hal 10 cm	3.55
MAR-0077	709190	8255634	1231	Vt Qz / Alt Si gra /Ox 10 % / Hal 5 cm	0.78

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN	Au/ ppm
MAR-0078	709193	8255638	1232	Vt Qz y Ox / Pt Mn / Alt Cl 2 /Box Py 1%/ Hal 10cm	2.90
MAR-0079	709194	8255628	1222	Vt Qz y OxFe /Alt Si + Sr / Vn Yz 1 mm/ Hal 10 cm	4.39
MAR-0080	709198	8255629	1224	Vt Qz y OxFe / Alt Si gra / Pt Mn 2 % /Ox 30% /Hal 9cm	4.52
MAR-0081	709199	8255632	1225	Vt Qz y OxFe / Hal 8cm / Vn Yz 1 mm / Pt Mn	27.50
MAR-0082	709205	8255635	1226	Vt Qz y OxFe / Alt Si gra / Ox 20 %/ Pt Mn 2 %/ vn Yz 1mm	0.61
MAR-0083	709233	8255646	1240	Vt Qz y OxFe / Qz opaloide / Pt Mn 2 %/ Hal 6 cm	3.03
MAR-0084	709253	8255655	1243	Vt Qz y Ox fe / Alt Si / Pt Mn / Ox 10 % / Hal 18 cm	21.50

FUENTE: Elaboración propia.

4.9 CARACTERIZACIÓN MACROSCÓPICA DE MUESTRAS.

El proyecto PAITITI se encuentra enmarcado principalmente por rocas de composición plutónica, pertenecientes al cretáceo superior (Granodioritas, Dioritas), los diferentes rasgos geológicos develan que existieron diferentes eventos de intrusiones, probablemente por reactivación las cámaras magmáticas activas, así mismo se puede asimilar que gran parte de estas intrusiones tuvieron mucho que ver en los diferentes eventos de mineralización, aun no se ha datado estos eventos.

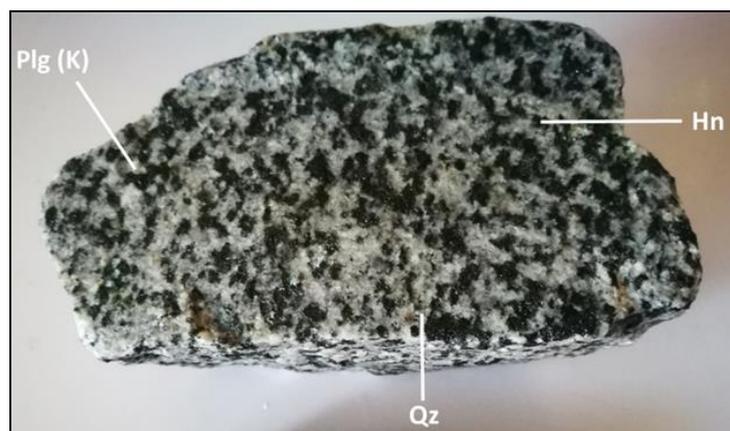
Sin embargo se pudieron diferenciar claramente 3 eventos de intrusiones, una posterior a la otra generaron gradualmente sectores con alto contenido de sílice, en forma de nodos.

Estos nodos pueden diferenciarse principalmente por el contenido de mineralización en algunos sectores, estos llegan a formar zonas con anomalías altas de Au (Oro).

Es importante también entender que los diferentes eventos de intrusiones, han aportado diferentes halos de alteración, que en algunos casos se puede diferenciar, teniendo presente que las estructuras mineralizadas tienen grosores variables, en algunos tramos, existe rasgos intactos de alteración y ensambles de mineralización.

De esta manera también, se puede decir que en la mayoría de casos no ocurre lo mismo ya que los agentes de meteorización (químicos y físicos), han debilitado la roca y las estructuras mineralizadas, de tal forma que algunos rasgos se han perdido y las evidencias no son visibles al ojo humano, generando así extensas zonas con coloración y gozan (fotografía 06).

Fotografía N° 06



FOTOGRAFÍA N° 06. Muestra de mano extraída de sectores con altas anomalías metálicas, esencialmente Au.

Sin lugar a dudas la variedad de muestras extraídas del proyecto PAITITI, han generado diferentes evidencias tanto visuales y de composición química, cabe resaltar que la presencia de rasgos estructurales mineralizado han generado halos de alteración química. En su gran mayoría en sectores cercanos a los diferentes pulsos de mineralización.

En la fotografía 07, se puede apreciar la muestra de mano colectada en sectores asociados a bajos contenidos de sílice, por ende estos sectores no han sido receptivos al 100% a la mineralización producto de los diferentes pulsos y eventos mineralizadores, sin embargo se puede entender básicamente que toda estructura de relleno emplazada directamente en sectores enmarcados por litología de composición Diorítica, presentan anomalías bajas de Oro (Au).

A la vez se ha podido diferenciar algunos diques pertenecientes al complejo BELLA UNION que se encuentran cortando directamente a los diferentes tipos de rocas presentes en el yacimiento, la presencia de estos diques de composición basáltica y andesítica, han ocasionado que la roca de composición Diorítica mejore su composición química en lo que respecta al

Sílice, en halos gradantes de forma envolvente a las estructuras aproximadamente con halos de hasta 2 metros de grosor.

Fotografía N° 07



FOTOGRAFÍA N° 07. Muestra de mano de composición Diorítica, extraída de sectores con altas anomalías metálicas, esencialmente Au el contenido principalmente de Cuarzo (Qz), (*fuentes propia*).

Los sectores con presencia de diques de composición Andesítica, controlados por estructuras de apertura, han generado halos de alteración sílica en sus bordes, véase Fotografía 08, los halos generados a partir de pulsos de origen:

Fotografía N° 08



FOTOGRAFÍA N° 08. Muestra de mano de un dique de composición Andesítica, (*fuentes propia*).

Sub – Volcánico, perteneciente a la unidad de intrusivos relacionados al complejo Bella Unión, que son en su mayoría pulsos de rocas de características andesíticas y Gabros de colores oscuros, los que son ricos en contenido de cuarzo, el aporte originado a partir de las intrusiones de esta unidad han generado sectores con anomalías altas de Oro (Au), evidentemente el aporte directo de sílice a la roca encajonante fue muy importante para la receptividad de mineralización, ya que por la composición química se ha generado blancos potenciales con altos valores químicos de Oro (Au).

La existencia de estructuras distensivas de fácil deposición y receptividad para el relleno de mineralización económica principalmente de Oro (Au), en la Fotografía 09 se puede apreciar principalmente algunos rasgos de las estructuras principales con tendencias Norte – Este.

Fotografía N° 09



FOTOGRAFÍA N° 09. Muestra de mano de una de las estructuras mineralizadas, se encuentra dominado por halos de Cuarzo (QZ) en forma de bandas y rodeado por Óxidos de Hierro (OxFe), y oro libre en las cavidades, (*fente propia*).

4.10 CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA Y TEXTURAL

El área que enmarca el Proyecto PAITITI alberga un sistema mineralizado constituido por al menos 19 cuerpos vetiformes en superficie, cuyas potencias están comprendidas frecuentemente en un rango de 0,30 a 1 m, totalizando unos 300m lineales de estructuras aflorantes de morfología tabular a lenticular, que conforman un diseño ramificado a subparalelo mas conocidos como de tipo rosario. La seis estructuras principales alcanzan una longitud de 300 m y un máximo de potencia de 1m.

Los fluidos de pH son de ambiente casi ácido los cuales generaron alteración argílica en torno a las vetas caracterizada por diferentes tipos de óxidos de hierro, (ver fotografía N° 10).

Restringida a las inmediaciones de unas pocas estructuras, se encuentra silicificación con intensidad variable de débil a fuerte.

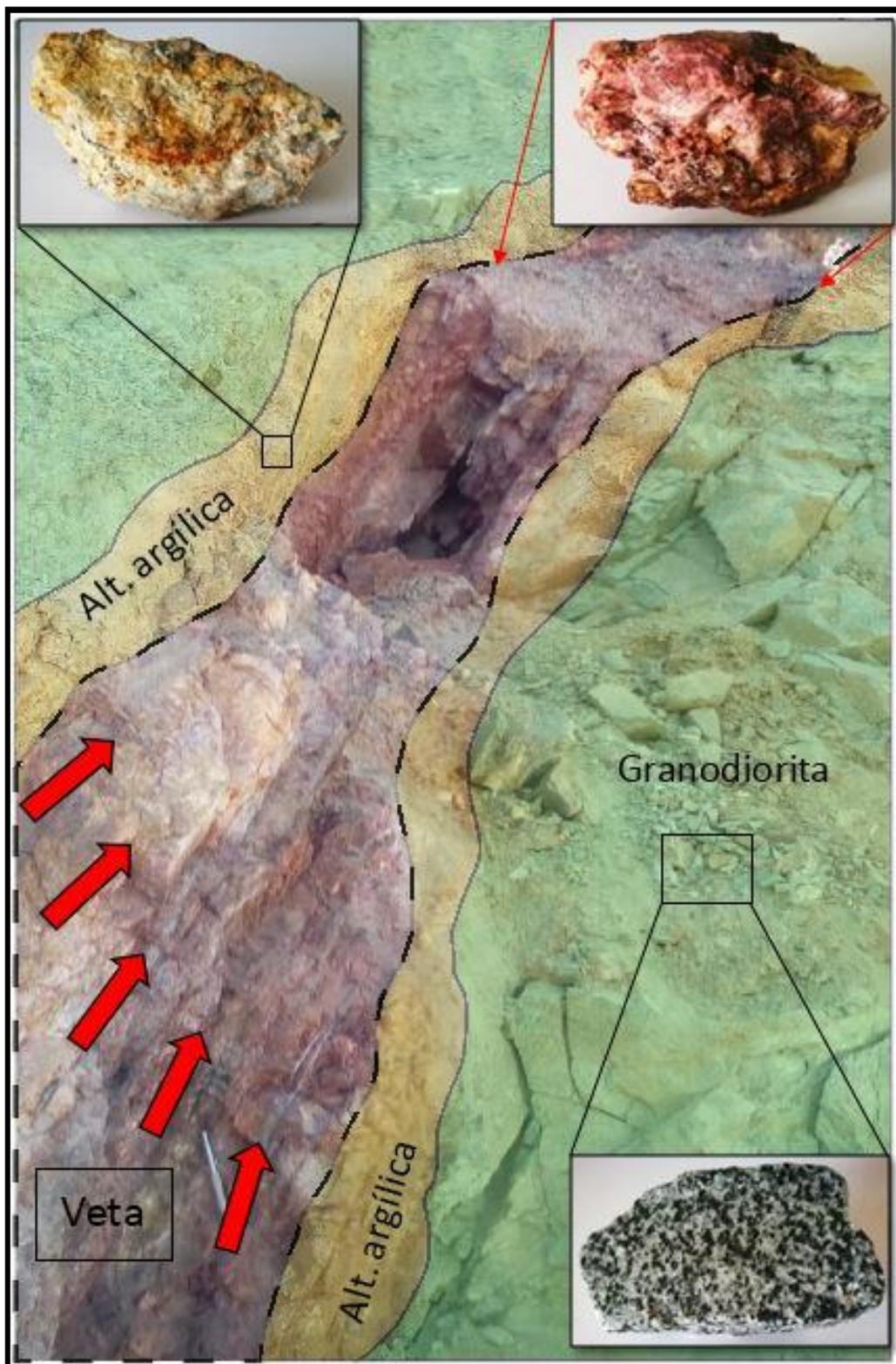
La mineralogía de las vetas está dominada carbonatos (calcita, malaquita) y cuarzo alfa y beta, como minerales que conforman la ganga, mientras que los minerales de mena corresponden casi en su totalidad a óxidos de fierro, entre ellos hematita, jarosita, patinas de pirrotita y silicatos de cobre.

Dentro de las cuales se pudo reconocer cuatro estadíos principales de precipitación hipogénica en el relleno de las estructuras, y dos de naturaleza posiblemente supergénica.

Una intensa oxidación habría generado las distintas especies de óxidos de fierro a partir de la alteración de carbonatos previamente precipitados.

A continuación se muestra en la imagen la zonación de alteración hidrotermal a partir de la estructura mineralizada principal.

Fotografía N° 9



FOTOGRAFÍA N° 10. Zonación de alteración hidrotermal a partir de la estructura mineralizada principal, con desarrollo de franjas de alteración argílica a ambos lados de la veta, Detalles de muestras de mano tomadas de la roca de caja (Granodiorita). nótese la escala en la fotografía vista hacia el NE. *(elaboración propia)*.

IMAGEN N° 19

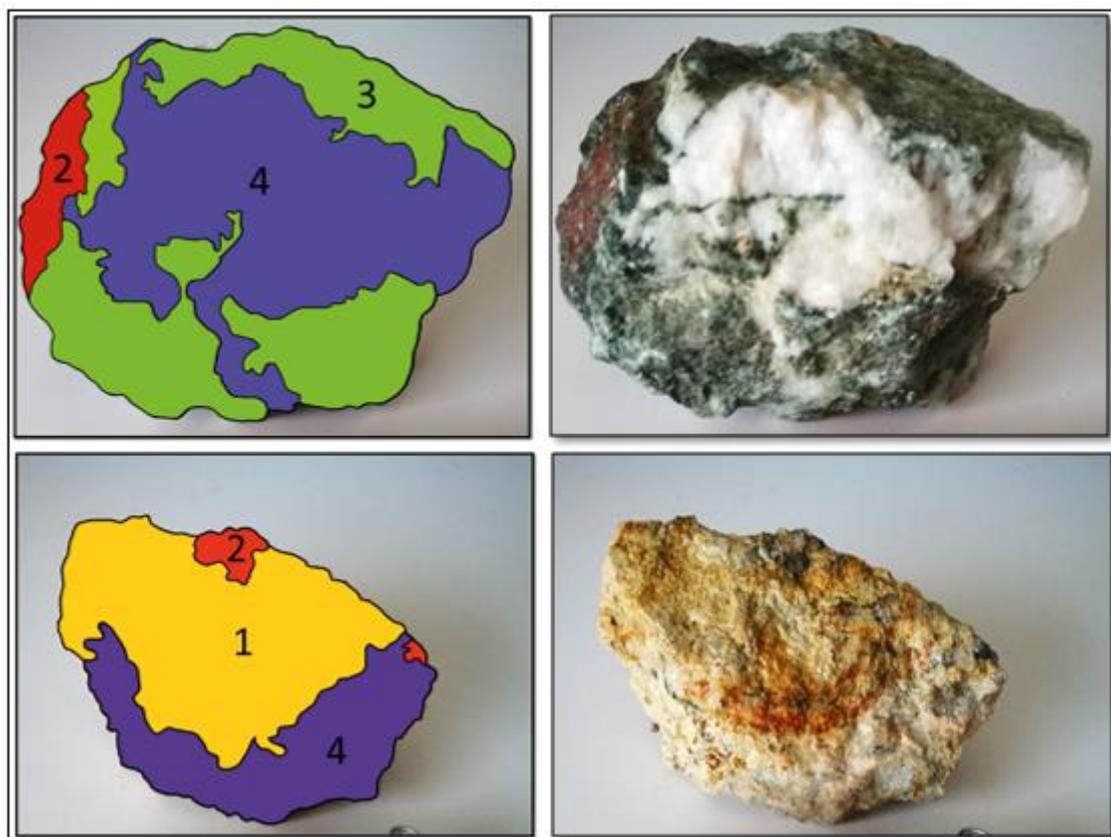
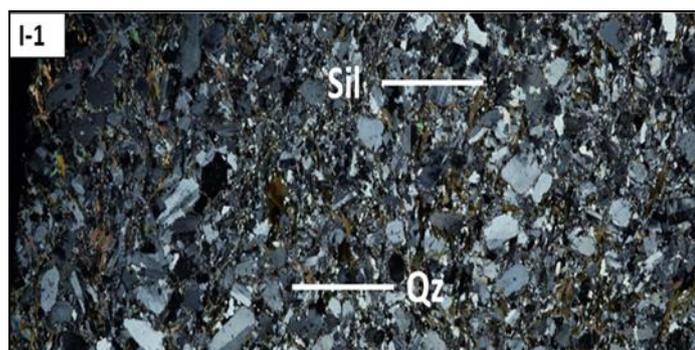


FIGURA N° 19 Muestras pertenecientes a la veta principal con los esquemas correspondientes a las relaciones de corte de los eventos mineralizantes. 1.- Carbonatos, 2.-Óxidos de hierro, 3.-Alteración clorítica, 4.-Cuarzo. (Elaboración propia).

4.11 MICROSCOPIA Y PETROGRAFÍA

De acuerdo a los ensayos realizados de láminas delgadas, se ha obtenido resultados de forma óptima que concuerdan con los estudios superficiales y geoquímicos realizados en el proyecto PAITITI, de esta forma se entiende principalmente que las rocas de composición granodiorítica con alto contenido de cuarzo mayor a las rocas de composición diorítica, han sido las más receptivas a la mineralización económica de Oro (Au), generando principalmente diferenciación en las zonas y sectores de exploración, en la imagen N° 11- I1, se puede visualizar el alto contenido de Sílice (Sil) y presencia de minerales de Cuarzo (Qz).

Fotografía N° 10



FOTOGRAFÍA N° 11,I-1 Lámina delgada de una muestra de composición granodiorítica, vista al microscópico, donde se puede diferenciar claramente la receptividad de la roca encajonante (*Fuente E.M.M.E.I.R.Ltda*).

De la misma forma para laminas delgadas de una muestra de composición Diorítica, donde principalmente se puede apreciar la presencia de altos contenidos de Feldespatos, Micas y Piroxenos.

Cabe resaltar de que la receptividad en los sectores dominados por rocas de composición Diorítica, se encuentran también con estructuras mineralizadas, sin embargo se puede definir principalmente que por naturaleza la roca no ha generado mineralización económica en rangos mayores a los 10 ppm, sin embargo es posible encontrar sectores enmarcados por este tipo de roca encajonante y clavos mineralizados que exceden 1 Onz/Tn Au.

Esto se debe principalmente a los aportes de alteración sílica producto de los diques que se emplazaron en forma de intrusiones cortando a la roca encajonante y generando halos de alteración con alto contenido de Cuarzo y sílice, así mismo se han generado interceptos de alto valor económico lo cuales son definidos como sectores potenciales para exploración. (Imagen I-2 - 12).

Fotografía N° 11



FOTOGRAFÍA N° 12, I-2; Lámina delgada de una muestra de composición Diorítica, vista al microscópico, donde se puede diferenciar claramente que la muestra posee contenidos superiores de feldespatos y muy pobre en composición de cuarzo y sílice (*Fuente E.M.M.E.I.R.Ltda*)..

4.12 AMBIENTE DE FORMACION.

El proyecto PAITITI se encuentra dominado por rocas de composición Granodiorítica y Diorítica, principalmente estas en sectores diferenciados uno del otro por la composición química, muy difícilmente a la vista humana, sin embargo es importante entender que la mineralización no es la misma en ambas litologías, sin embargo los patrones estructurales que dominan en el sector y que se encuentran compuestas por el sistema de relleno en forma de filón se encuentra en algunos sectores cortado a su vez por un nuevo patrón estructural en la misma tendencia con un sistema de relleno diferente, esta principalmente se encuentra rellena de una Brecha Hidrotermal a mesotermal por la composición de clastos juveniles y angulosos en algunos sectores, la presencia de mineralización de Oro en la matriz de la brecha nos permite entender principalmente que este evento fue ocasionado por reactivación de la cámara magmática que genero los filones o posiblemente sea un nuevo pulso originado por una nueva cámara magmática.

Los ensambles característicos de los filones corresponden al Cuarzo – Sericita – Sulfuro, típicos de yacimientos epitermales de baja sulfuración, así mismo por

la presencia de estructuras con la misma tendencia, esta vez con compósitos de brecha, nos pone en un ambiente de intermedia sulfatación, posiblemente originado en un ambiente no tan profundo y no tan cercano a la superficie, este ambiente de acuerdo a la bibliografía estudiada, no se encuentra clasificado como un yacimiento típico hidrotermal, tampoco tiene una clasificación por su ambiente de formación y la profundidad de los filones, sin embargo de acuerdo a un artículo con nombre **ORE GEOLOGY REVIEWS** propuesto por Groves 1993, Gebre-Mariam (1995) y Poulsen (1996), (ver imagen N° 20 – 21).

Este tipo de depósitos originados en profundidades medias y controladas por patrones estructurales controlados por la tectónica de formación de los Andes, debería considerarse como depósitos OROGENICOS, sin embargo aún los estudios en estos sectores son de gran interés para la comunidad geológica y se vienen generando nuevos estudios similares para poder clasificar y/o tal vez darle un espacio nuevo a la tabla de yacimientos que hasta hoy en día ya se tiene.

Imagen N° 20

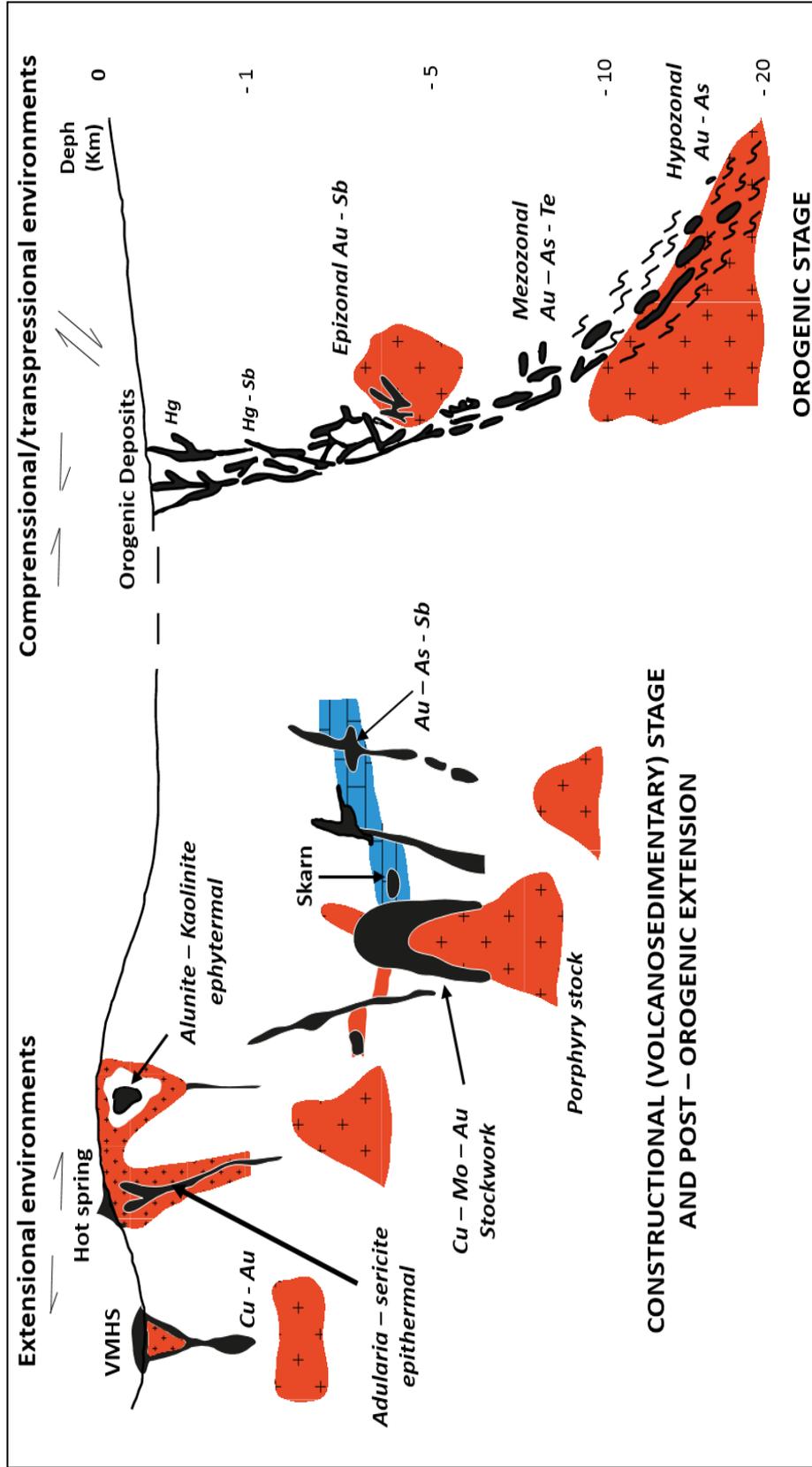


FIGURA N° 20 Representación esquemática del ambiente hidrotermal en comparación con un ambiente Orogénico, originado a partir de un control estructural bien definido, el estilo principal de este tipo de yacimientos fue propuesto y adaptado por los representantes Groves 1993, Gebre-Mariam (1991) y Poulsen (1996).

Imagen N° 21

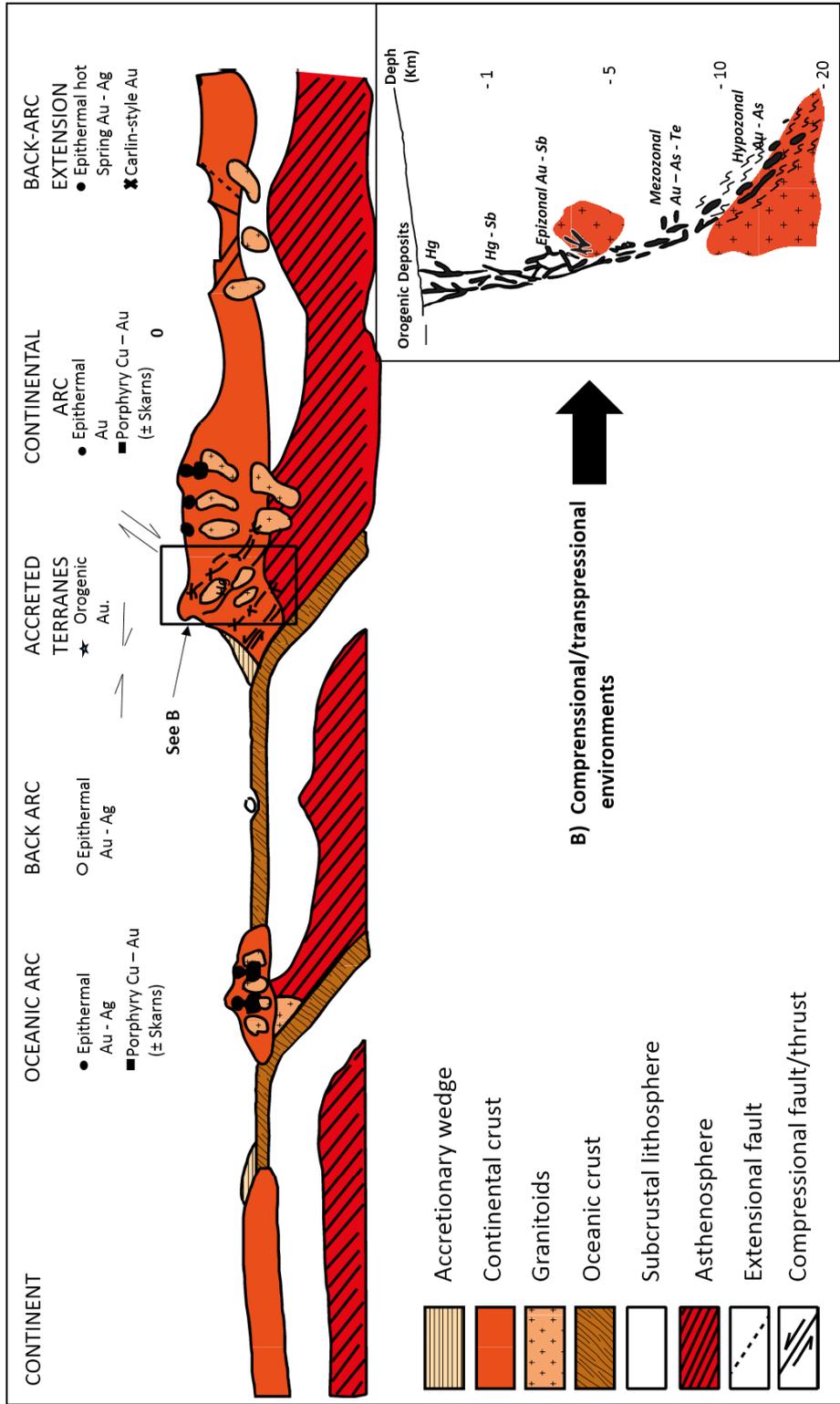


FIGURA N° 21 Representación esquemática del modelo propuesto como yacimiento de origen Oro Orogénico, formado principalmente por rasgos estructurales controlados por la tectónica andina en sus diferentes fases y los pulsos que originaron el sistema de relleno con alto contenido de mineralización metálica, principalmente Oro (Au), este modelo fue propuesto y adaptado por los representantes Groves 1993, Gebre-Mariam (1995) y Pulsen (1996).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

El tipo de yacimiento catalogado por los ensambles y minerales típicos corresponden a un tipo de baja sulfuración, típico generado por fluidos hidrotermales de baja temperatura.

En el área de estudio se identifica rocas de naturaleza ígneas plutónicas en variedades de granodioritas perteneciente a la Súper Unidad Tiabaya (Ks-gd-ti) y tonalitas pertenecientes a la Súper Unidad Incahuasi (Ks-gd/to-in) / (Ks-di-in) cortadas por estructuras filoneanas con ocurrencia de mineralización económica del oro (Au).

Se pudo observar fluidizaciones de sílice con pirita diseminada entre la roca encajonante donde se aprecia oro nativo grueso visible en forma diseminada, en la mayoría de casos el oro se encuentra asociado a la pirita. El ensamble presente es Cuarzo - Óxidos de Hierro (hematita-jarosita - limonitas) diseminada.

El proyecto Paititi presenta evidencias de estructuras mineralizadas con ensambles característicos de yacimientos Hidrotermales (Cuarzo – Sericita -

Sulfuro), así mismo se ha evidencia un segundo pulso hidrotermal que forma brechas con el yacimiento.

Existe la posibilidad de encontrar un pórfido con las mismas condiciones mineralógicas a las estructuras epitermales.

En el estudio del Proyecto PAITITI se reconocieron diecinueve (19) estructuras mineralizadas de las cuales seis son las principales, todas con mineralización de oro (Au), estas estructuras están enmarcadas dentro de la concesión MARTHA TRES de 400 Has.

Se recolectaron un total de 84 muestras realizadas en forma de canales transversales a la dirección de la estructura de veta.

El proyecto PAITITI tiene las características y condiciones para continuar con los estudios de exploración, los resultados emitidos por el laboratorio ALS PERU S.A.C. certifican que tiene alta rentabilidad económica por los interceptos con altos valores en contenido de oro (Au).

Se puede asumir que el yacimiento presenta las mismas características al proyecto TORORUME Y PECOY catalogado como pórfido de Cobre (Cu) y Oro (Au) en proEXPLO 2017, DICHO PROYECTO SE ENCUENTRA A 4 km al norte del Proyecto PAITITI.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los estudios realizados en el Proyecto Paititi, se recomienda continuar con el cartografiado y muestreo sistemático de estructuras mineralizadas, con la intención de aumentar las reservas de Oro.

Se recomienda darle interés con intención de extracción del mineral respetando los procedimientos para Minería.

En el proyecto PAITITI; se debe realizar estudios de geofísica y perforación diamantina, de acuerdo a las evidencias de minerales encontradas en las estructuras más importantes (MARTHA TRES), con la finalidad de verificar la profundidad de las vetas, y sus leyes o valores.

Aperturar galerías de exploración con la finalidad de encontrar nuevas estructuras mineralizadas en profundidad.

Mantener la buena relación y comunicación que se tiene con la comunidad de ISPACAS y así evitar problemas a futuro.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS

- ALFARO M. (2002).INTRODUCCIÓN AL MUESTREO MINERO. INSTITUTO DE INGENIEROS DE MINAS DE CHILE, SANTIAGO.
- ARRIBAS, A. JR., (1995), CHARACTERISTICS OF HIGH-SULFIDATION EPITHERMAL DEPOSITS, AND THEIR RELATION TO MAGMATIC FLUID, IN THOMPSON, J.F.H. (ED.), MAGMAS, FLUIDS AND ORE DEPOSITS: MINERALOGICAL ASSOCIATION OF CANADA, SHORT COURSE SERIES, 23, 419-454.
- ATKINSON, W. W.; SKEWES, M. A.; STERN, CH. (2007), BRECHAS HIDROTERMALES Y GEOQUÍMICA DE DEPÓSITOS HIDROTERMALES. IN: SEMINARIO: CAPITULO DE INGENIERÍA GEOLÓGICA. CIP – LIMA.
- BATEMAN, A. (1950). ECONOMIC MINERAL DEPOSITS,BATEMAN, A. (1982). YACIMIENTOS MINERALES DE RENDIMIENTO ECONOMICO.
- BERGER, B. R. (1986). DESCRIPTIVE MODEL OF EPITHERMAL QUARTZ - ALUNITE AU.

- BETEJTIN, A. (1970), CURSO DE MINERALOGÍA: SECCIÓN II. SULFUROS SULFOSALES Y COMPUESTOS SIMILARES. MOSCU. 2DA ED
- BILLINGS, M. P. (1963). GEOLOGOIA ESTRUCTURAL. BUENOS AIRES: UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES.
- CAMPRUBÍ, A., CARDELLACH, E., CANALS, À., LUCCHINI, R., (2001) B, THE LA GUITARRA AG-AU LOW SULFIDATION EPITHERMAL SYSTEM, TEMASCALTEPEC DISTRICT, MEXICO: FLUID INCLUSION AND STABLE ISOTOPE DATA, IN ALBINSON, T., NELSON, C.E. (EDS.), NEW MINES AND DISCOVERIES IN MEXICO AND CENTRAL AMERICA: SOCIETY OF ECONOMIC GEOLOGISTS SPECIAL PUBLICATION SERIES, 8, 159-185.
- CARLOTTO, V. ET AL. (2009), DOMINIOS GEOTECTÓNICOS Y METALOGÉNESIS DEL PERÚ. LIMA – PERÚ. SOCIEDAD GEOLÓGICA DEL PERÚ, VOL. 103.
- DANA, E. F. (1979). TRATADO DE MINERALOGÍA. CONTINETAL S.A. : 564 PÁG.
- DAVILA BURGOS, JORGE. (2011) “DICCIONARIO GEOLÓGICO” INGEMMET – LIMA.
- ERICKSEN, G.E., CUNNINGHAM, C.G., (1993), EPITHERMAL PRECIOUS-METAL DEPOSITS HOSTED BY THE NEOGENE AND QUATERNARY VOLCANIC COMPLEX IN THE CENTRAL ANDES, IN KIRKHAM, R.V., SINCLAIR, W.D., THORPE, R.I., DUKE, J.M. (EDS.), MINERAL DEPOSIT MODELING: GEOLOGICAL ASSOCIATION OF CANADA, SPECIAL PAPER, 40, 419-431.
- GONZÁLEZ - PARTIDA, E., (2000), EVIDENCIAS DE EVOLUCIÓN DE UN FLUIDO BÁSICO A ÁCIDO A PARTIR DEL ANÁLISIS DE LA ALTERACIÓN HIDROTHERMAL DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS AZUFRES, MICHOACÁN: REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS GEOLÓGICAS, 17, 76-82.
- GORSHKOV, Y. (1970). GEOLOGIA GENERAL. MOSCÚ: 624 PÁG.: MIR.
- HEDENQUIST, J.W., MATSUHISA, Y., IZAWA, E., WHITE, N.C., GIGGENBACH,

W.F., AOKI, M., (1994), GEOLOGY, GEOCHEMISTRY, AND ORIGIN OF HIGH-SULFIDATION CU-AU MINERALIZATION IN THE NANSATSU DISTRICT, JAPAN: ECONOMIC GEOLOGY, 89, 1-30, HEDENQUIST, J.W., REYES, A.G., SIMMONS, S.F., TAGUCHI, S., (1992), THE THERMAL AND GEOCHEMICAL STRUCTURE OF GEOTHERMAL AND EPITHERMAL SYSTEMS: A FRAMEWORK FOR INTERPRETING FLUID INCLUSION DATA: EUROPEAN JOURNAL OF MINERALOGY, 4, 989-1015.

- HUANG, W. (1981). PETROLOGÍA. MÉXICO: 567 PÁG.: PRIMERA EDICIÓN UTEHA.
- HUGO RIVERA MANTILLA (2011). GEOLOGÍA GENERAL, EDITORIAL MEGABYTE.
- JORGE VALERA (1987) “ GEOLOGÍA DE LOS DEPÓSITOS MINERALES METÁLICOS”
- JOSÉ LOPEZ GOMEZ, MARIÁN FREGENAL, JAVIER MARTIN CHIVELET “DICCIONARIO OXFORD-COMPLUTENSE DE CIENCIAS DE LA TIERRA”
- KREYTER, V. (1978). INVESTIGACIÓN Y PROSPECCIÓN GEOLÓGICA. MADRID, ESPAÑA: 456 PÁG. PARANINFO S.A.
- LADEIRA, L. Y. (1981). TÉCTONICA .
- LOUCKS, R.R., LEMISH, J., DAMON, P.E., (1988), POLYMETALLIC FISSURE VEIN MINERALIZATION, TOPIA, DURANGO, MEXICO: PART I. DISTRICT GEOLOGY,18 CAMPRUBÍ ET AL. GEOCHRONOLOGY, HYDROTHERMAL ALTERATION, AND VEIN MINERALOGY: ECONOMIC GEOLOGY, 83, 1499-1528.
- MCKINTRY, H. (1977). GEOLOGIA DE MINAS. BARCELONA: TERCERA EDICION. OMEGA.
- MONTOYA S.(2009), PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS EN EXPLORACIÓN DE MINERALES, ALS CHEMEX PERU, LIMA.

- ORCHE, G. E. (1999), MANUAL DE EVALUACIÓN DE YACIMIENTOS MINERALES: DEMUESTRE DE LOS YACIMIENTOS MINERALES. MADRID – ESPAÑA.
- PALACIOS, C., LAHSEN, A., SYLVESTER, H., (1992), LOW-SULFUR EPITHERMAL GOLD MINERALIZATION AT INCA DE ORO, NORTHERN CHILE: MINERALOGY AND FLUID INCLUSIONS: JOURNAL OF SOUTH AMERICAN EARTH SCIENCES, 6, 183-189.
- PENCZAK, R.S., MASON, R., (1997), METAMORPHOSED ARCHEAN EPITHERMAL AU-AS-SB-ZN-(HG) VEIN MINERALIZATION AT THE CAMPBELL MINE, NORTHWESTERN ONTARIO: ECONOMIC GEOLOGY, 92, 696-719.
- SHERLOCK, R.L., TOSDAL, R.M., LEHRMAN, N.J., GRANEY, J.R., LOSH, S., JOWETT, E.C., KESLER, S.E., (1995), ORIGIN OF THE MCLAUGHLIN MINE SHEETED VEIN COMPLEX: METAL ZONING, FLUID INCLUSION, AND ISOTOPIC EVIDENCE: ECONOMIC GEOLOGY, 90, 2156-2181.
- SILLITOE, R.H., (1994), INDONESIAN MINERAL DEPOSITS — INTRODUCTORY COMMENTS, COMPARISONS AND SPECULATIONS: JOURNAL OF GEOCHEMICAL EXPLORATION, 50, 1-11.
- SILLITOE, R.H., (1995), THE INFLUENCE OF MAGMATIC-HYDROTHERMAL MODELS ON EXPLORATION STRATEGIES FOR VOLCANO-PLUTONIC ARCS, IN THOMPSON, J.F.H. (ED.), MAGMAS, FLUIDS AND ORE DEPOSITS: ONTARIO, MINERALOGICAL ASSOCIATION OF CANADA, SHORT COURSE SERIES, 23, 511- 525.
- TOWNLEY, L. (2000). YACIMIENTOS MINERALES Y PROCESOS GEOLOGICOS. DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA UNIVERSIDAD DE CHILE.
- WHITE, N.C., LEAKE, M.J., MCCAUGHEY, S.N., PARRIS, B.W., (1995), EPITHERMAL GOLD DEPOSITS OF THE SOUTHWEST PACIFIC: JOURNAL OF GEOCHEMICAL EXPLORATION, 54, 87-136.

WEB GRAFÍA

- INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO.
<http://www.ingemmet.gob.pe/>
- SOCIETY OF ECONOMIC GEOLOGISTS.
<http://www.segweb.org/>
- SOCIEDAD GEOLÓGICA DEL PERÚ.
<http://www.sgp.gob.pe/>.
- <http://petroignea.wordpress.com/minerales/minerales-de-alteracion/sericita>.
- <https://www.e-sga.org/index.php?id=1284>.
- <http://www.sociedadgeologica.cl/wpcontent/uploads/2011/07/3HighSulfidati onSantiago.pdf>
- http://www.datametallogenica.com/pages/minidisc/html/chinkuashih_files/ch inkuashih-fieldmine/page.html
- <http://www.unalmed.edu.co/rrodriguez/arco-magmatico/arco-volcanico /metalogenia-arco-volcanico.htm>
- <http://www.vangold.ca/s/Fergusson.asp>

ANEXOS



ALS Peru S.A.
Calle 1 LT- 1A, Miz-D, esq. Calle A
Urb. Industrial Bocanegra Callao 01
Lima
Phone: + 51 (1) 574 5700 Fax: + 51 (1) 574 0721 www.alsglobal.com

To: **EMPRESA MINERA MAR E.I.R.L.TDA.**
JR. RIVERA DEL MAR NRO. 132 URB. LOS
CHOFERES
SAN ROMAN
JULIACA PUNO

Page: 1
Total # Pages: 2 (A)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 17- NOV- 2014
Account: XEMIRA

CERTIFICATE LI14171866

Project: MARTHA

This report is for 20 Rock samples submitted to our lab in Lima, Peru on 11- NOV- 2014.

The following have access to data associated with this certificate:

MARIO AYAMAMANI QUISE | ERICK CALIZAYA PASTOR | NELIDA CHIPA

SAMPLE PREPARATION

ALS CODE	DESCRIPTION
WEI- 21	Received Sample Weight
LOG- 22	Sample login - Rcd w//o BarCode
CRU- 31	Fine crushing - 70% <2mm
SPL- 21	Split sample - riffle splitter
PUL- 31	Pulverize split to 85% < 75 um
CRU- QC	Crushing QC Test
PUL- QC	Pulverizing QC Test

ANALYTICAL PROCEDURES

ALS CODE	DESCRIPTION	INSTRUMENT
ME- GRA22	Au Ag 50g FA- GRAV finish	WST- SIM

To: **EMPRESA MINERA MAR E.I.R.L.TDA.**
ATTN: ERICK CALIZAYA PASTOR
JR. RIVERA DEL MAR NRO. 132 URB. LOS CHOFERES
SAN ROMAN
JULIACA PUNO

Signature:

Rene Mamani, Laboratory Manager, Peru

This is the Final Report and supersedes any preliminary report with this certificate number. Results apply to samples as submitted. All pages of this report have been checked and approved for release.
***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****

To: **EMPRESA MINERA MAR E.I.R.L.TDA.**
JR. RIVERA DEL MAR NRO. 132 URB. LOS
CHOFERES
SAN ROMAN
JULIACA PUNO

Project: **MARTHA**

ALS Peru S.A.
 Calle 1 LT- 1A Mz- D, esq. Calle A
 Urb. Industrial Bocanegra Callao 01
 Lima
 Phone: + 51 (1) 574 5700 Fax: + 51 (1) 574 0721 www.alsglobal.com



Page: **Appendix 1**
 Total # Appendix Pages: **1**
 Finalized Date: **17- NOV- 2014**
 Account: **XEMIRA**

CERTIFICATE OF ANALYSIS L114171866	
	CERTIFICATE COMMENTS
Applies to Method: CRU- 31 PUL- 31	<p>Processed at ALS Lima located at Calle 1 LT- 1A Mz- D, esq. Calle A, Urb. Industrial Bocanegra Callao 01, Lima, Peru.</p> <p>LABORATORY ADDRESSES</p> CRU- QC PUL- QC LOG- 22 SPL- 21 ME- GRA22 WEI- 21

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709617	8255376	1076
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFIA N° 13: contacto entre mineralización de Cuarzo y zona de óxidos de hierro, se puede encontrar presencia de pirita diseminada y boxwork.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	708964	8255155	1063
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFIA N° 14: zona de sulfuros en proceso de alteración, la presencia de pirita ha quedado en forma de boxwork.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	708944	8255113	1088
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFIA N° 15: cuarzo oqueroso con parches de óxido de hierro y oro libre en cavidades.</p>		

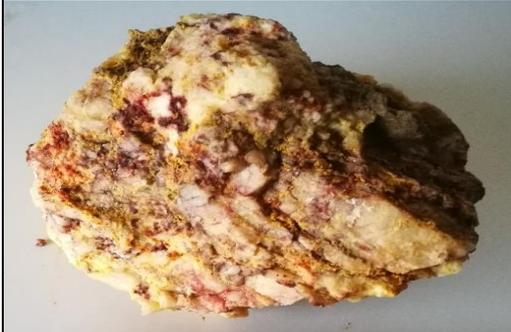
MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	708768	8254875	984
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFIA N° 16: intercepto entra zona de óxidos y zona de sulfuros con alto contenido de oro diseminado</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709690	8254666	1098
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFIA N° 17: Muestra de mano, vetilla de cuarzo en forma granular con oro libre y asociado a sulfuros como la pirita.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709630	8254648	1111
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFIA N° 18: Muestra de mano, veta principal con cuarzo blanquecino, la mineralización de Oro se encuentra asociado a la pirita.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	708582	8255128	1071
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFIA N° 19: Muestra de mano, vetilla con presencia de cuarzo cristalino, óxidos de hierro en la matriz.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	706713	8258849	987
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFIA N° 20: Muestra de mano, contacto entra una estructura mineralizada presenta alteración argílica.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709499	8256862	1799
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFIA N° 21: Muestra de mano, contacto entre una estructura mineralizada y roca de composición plutónica de carácter diorítico, presenta alteración argílica de grado 1.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709436	8256808	1775
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 22: Cuarzo oqueroso con intercalación de cuarzo amorfo y presencia de pirita.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709437	8256810	1775
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 23 :Venillas de calcita en interceptos superiores a los 2500 msnm.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	708811	8256317	1596
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 24: Sulfuros con intercalación de minerales arcillosos como la sericita.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709295	8255480	1158
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 25 : Brecha con clastos de veta con altos valores de oro en los clastos.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709297	8255481	1158
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 26: Intercepto e intercalación de roca matriz, granodiorita con alteración propilitica.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709300	8255483	1157
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 27: Muestra de mano, brechas hidrotermales con clastos provenientes de partes inferiores, en algunos casos con altos valores de oro.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709304	8255489	1155
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 28: Muestra de mano, proceso de brechamiento con los fluidos hidrotermales y la roca encajonante, oro libre en la matriz.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709307	8255494	1156
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 29: Muestra de mano, sericita y sulfuros intercalados.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709310	8255498	1155
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 30: Muestra de mano, mineralización de cuarzo amorfo en la parte superior del yacimiento, o cuarzo opalino con poca presencia de sulfuros.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709312	8255502	1160
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 31: Muestra de mano, intercepto con fluido hidrotermal en proceso de intercalación con la roca encajonante.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709316	8255504	1151
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 32: Muestra de mano, mineral de sulfuros de hierro, típico en zonas de clavo rosario.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709318	8255504	1150
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 33: Muestra de mano, pirita cúbica con oro encapsulado, en algunos casos se puede apreciar boxworks.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709326	8255509	1149
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 34: Muestra de mano, mineralización de yeso en las partes apicales de las vetas.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709330	8255513	1147
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 35: Muestra de mano, intercepto con intercalación de brecha hidrotermal con contenido de sulfuros.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709335	8255516	1149
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 36: Muestra de mano, mineralización en estructuras vetiformes con oro encapsulado en los sulfuros, como pirita y calcopirita.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709353	8255537	1150
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 37: Muestra de mano, intercepto con patinas de minerales de cobre, indicador del pórfido generador del yacimiento.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709345	8255544	1150
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 38: Muestra de mano, halo de alteración propilítica, con compuesto de minerales como epidota y clorita.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709352	8255548	1151
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 39: Muestra de mano, dique de composición andesítica, en los interceptos con las estructuras vetiformes, las leyes de oro tienden a incrementar.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709353	8255547	1150
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 40: Muestra de mano, roca encajonante, de carácter plutónico, y de composición granodiorítica.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709355	8255552	1152
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 41: Muestra de mano, halo de mineralización económica con compuesto de sulfuros y cuarzo con pátinas de manganeso.</p>		

MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA
	709358	8255553	1152
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>FOTOGRAFÍA N° 42: Muestra de mano, cuarzo granular con patches de limonitas y sulfuros en forma diseminada.</p>		