

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**INFORME DE PRÁCTICAS PREPROFESIONALES**

**REALIZADO EN**

**COMPAÑÍA MINERA LLIPA S.A.C**

**ELABORADO POR**

**NILSON AMBROCIO PEÑA**

**Lima - Perú**

**2022**

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo es dedicado a mi familia por el apoyo incondicional constante, a mis amigos más cercanos a quienes agradezco su amistad, a mi estimada Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica, que fue y será mi segundo hogar.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a la empresa minera Llipa S.A.C  
por brindarme la oportunidad de realizar  
mis prácticas preprofesionales, a la Escuela  
Profesional de Ingeniería Geológica (EPIG)  
por todos los conocimientos adquiridos  
durante mi formación académica, a todos  
mis compañeros de trabajo en las  
operaciones de interior mina, a mis amigos y  
mi familia por el apoyo brindado y por  
apostar en la educación profesional.*

## **RESUMEN**

En el presente informe se describen los trabajos realizados en el programa de prácticas preprofesionales, poniendo en aplicación lo aprendido en la universidad, con el objetivo de adquirir experiencia, mayor visión de la carrera y la industria minera.

El yacimiento se ubica al oeste del distrito de Querobamba, cuenta con un clima semiseco con temperaturas que varían desde 3 °C hasta 25 °C; se sitúa en las estribaciones orientales de la Cordillera Occidental de los Andes, posee laderas escarpadas y valles en forma de “V”. El depósito mineral se encuentra emplazada en el Complejo Querobamba, son sienogranitos metamorfoseados.

Las actividades realizadas fueron las de cartografiado geológico superficial, levantamiento de planos en planta de galerías subterráneas, cartografiado de vetas en galerías, realización de mapas GIS y esquemas digitales, coteo, supervisión en interior mina, administración y de gestión.

Asimismo, se presentan los resultados del estudio e interpretación geológica. El espesor promedio de las vetas es de 0.2 m y la orientación promedio es de 110°. La mineralogía de la mena está compuesta de calcopirita, cobres grises, bornita, covelita y calcosina. La mineralogía de la ganga está compuesta de pirita, calcita, malaquita, hematita, goethita, cuarzo, feldespatos potásicos, arcillas, óxidos de Mn y Fe, cloritas y epidota. Se finaliza con las respectivas conclusiones y recomendaciones de las prácticas preprofesionales.

## ABSTRACT

This report describes the work done in the preprofessional internship program, applying what was learned at the university, with the objective of acquiring experience and a better vision of the career and the mining industry. In the first chapter there is a brief description of the general data of the company where the internship was developed, as well as its mission and vision.

The deposit is located west of the district of Querobamba, with a semi-dry climate and temperatures that vary from 3°C to 25°C. The study area is located in the eastern foothills of the western Andean Mountain range, with steep slopes and V-shaped valleys. The mineral deposit is located in the Querobamba Complex, composed mainly of metamorphosed syenogranites with granofidic texture.

The activities carried out were surface geological mapping, surveying of subway galleries, mapping of veins in galleries, preparation of GIS maps and digital diagrams, surveying, supervision inside the mine, administration, and management.

The results of the geological study and interpretation are also presented. The average thickness of the veins is 0.2m and the average orientation is 110°. The ore mineralogy is composed of chalcopyrite, gray copper, bornite, covellite and chalcocite. The gangue mineralogy is composed of pyrite, calcite, malachite, hematite, goethite, quartz, potassium feldspars, clays, Mn and Fe oxides, chlorites and epidote. It ends with the respective conclusions and recommendations of the pre-professional practices.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b>	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	iii
<b>RESUMEN</b>	iv
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>ÍNDICE</b>	vi
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	ix
<b>LISTA DE TABLAS</b>	xii
<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</b>	13
1.1    Datos de la empresa	13
1.1.1    Misión y Visión	14
1.1.2    Objetivos estratégicos	15
1.2    Plan de prácticas	16
1.2.1    Descripción general de los trabajos a desarrollar	17
1.2.2    Aplicación a los objetivos de la empresa	20
1.3    Ubicación y acceso	21
1.4    Clima y vegetación	24
1.5    Recursos locales	26
<b>CAPÍTULO II: MARCO GEOLÓGICO</b>	28
2.1    Geología regional	28
2.1.1    Estratigrafía	28
2.1.2    Control estructural	35
2.2    Geología local	38

2.2.1 Geomorfología	38
2.2.2 Geología estructural	40
2.2.3 Geología económica	41
<b>CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PRÁCTICA</b>	<b>46</b>
3.1 Toma de datos y recorrido general	46
3.1.1 Toma de datos estructurales	46
3.1.2 Medición de ancho de vetas	48
3.1.3 Reconocimiento de las operaciones mineras	48
3.2 Levantamiento subterráneo de labores horizontales	50
3.2.1 Metodología del levantamiento con brújula y wincha	50
3.3 Cartografiado geológico superficial	52
3.3.1 Puntos de observación geológica (POG)	52
3.3.2 Descripción petro-mineralógica de las muestras	53
3.3.3 Metodología del cartografiado geológico	55
3.4 Cartografiado geológico subterráneo	57
3.4.1 Metodología del cartografiado subterráneo	57
3.5 Realización de mapas GIS y esquemas digitales	59
3.6 Supervisión geológica y cateo	61
3.6.1 Supervisión geológica y en seguridad	61
3.6.2 Prospección y cateo	62
3.7 Gestión y administración del campamento	62
3.8 Resultados del trabajo del estudiante	63
3.8.1 Interpretación del tectonismo y la geología regional	64
3.8.2 Geomorfología de la concesión minera	68

3.8.3 Hidrogeología	69
3.8.4 Geología local	71
3.8.5 Interpretación de la historia geológica local	72
3.8.6 Geología estructural	73
3.8.7 Geología económica	76
<b>COMENTARIOS GENERALES DE LA PRÁCTICA</b>	<b>79</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>80</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>82</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO</b>	<b>86</b>

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.1	Organigrama de la empresa minera Llipa S.A.C	14
Fig. 1.2	Mapa de ubicación de la concesión minera Cuprífera I	22
Fig. 1.3	Mapa de la concesión minera Cuprífera I	23
Fig. 1.4	Mapa de accesibilidad vía terrestre al distrito de Querobamba	24
Fig. 1.5	Mapa de cobertura vegetal de la región Ayacucho	25
Fig. 1.6	Especies de plantas predominantes en la concesión minera.	26
Fig. 1.7	Campamentos de mineros informales circundante al proyecto	27
Fig. 2.1	Evento magmático del Complejo Querobamba en el Paleozoico	33
Fig. 2.2	Columna estratigráfica regional del Cuadrángulo de Querobamba	35
Fig. 2.3	Mapa geológico del cinturón plutónico de la Cordillera Oriental	37
Fig. 2.4	Distribución regional de las edades de intrusivos	38
Fig. 2.5	Laderas de pendiente moderada con vegetación de la zona	39
Fig. 2.6	Presencia de rocas aborregadas y lisas en el km 18	40
Fig. 2.7	Principales lineamientos estructurales que controlan la geología	41
Fig. 2.8	Mapa de índice de mineralización epitermal	43
Fig. 2.9	Mapa de índices de mineralización de pórfidos de Cu	44
Fig. 3.1	Toma de datos estructurales en campo	47
Fig. 3.2	Correcta medición del ancho de veta	48
Fig. 3.3	Reconocimiento del proceso de perforación	49
Fig. 3.4	Dinamita y mecha rápida con fulminante (cebo)	49
Fig. 3.5	Transporte del mineral hacia la planta metalúrgica	50

Fig. 3.6	Metodología para el levantamiento de labores horizontales	51
Fig. 3.7	Levantamiento de labores horizontales con brújula y wincha	51
Fig. 3.8	Levantamiento del Nivel 1, labor cortada	51
Fig. 3.9	Ubicación de los puntos de observación geológica	52
Fig. 3.10	Puntos de observación geológica	53
Fig. 3.11	Muestra del POG-3	53
Fig. 3.12	Muestra del POG-6	54
Fig. 3.13	Muestra del POG-10	54
Fig. 3.14	Muestra del POG-11	55
Fig. 3.15	Metodología del cartografiado geológico superficial	56
Fig. 3.16	Mapa geológico superficial fáctico escala 1/1000 digitalizado	57
Fig. 3.17	Metodología del cartografiado subterráneo geológico y de vetas	58
Fig. 3.18	Cartografiado geológico en el Nivel 1, Veta Cortada	58
Fig. 3.19	Mapa de componentes mineros de la concesión Cuprífera I	59
Fig. 3.20	Mapa geológico de la concesión minera según INGEMMET	60
Fig. 3.21	Mapa de la concesión minera mostrando los ríos y los vértices	60
Fig. 3.22	Esquemas geológicos de los frentes de las labores en producción	61
Fig. 3.23	Labor con carga mineral en el frente de la labor Petter	62
Fig. 3.24	Veta de sulfuros de cobre en el frente de la labor Petter	62
Fig. 3.25	Muestra de mano con mineralización de cobre, cateau	62
Fig. 3.26	Planilla de los colaboradores	63
Fig. 3.27	Campamento minero de la concesión Cuprífera I	63
Fig. 3.28	Metodología para la interpretación del tectonismo y geología	64

Fig. 3.29 Mapa geológico regional, entre los cuadrángulos 28o y 29o	67
Fig. 3.30 Valles en forma de “V” debido a la erosión fluvial	68
Fig. 3.31 Morfología de las estribaciones andinas en la concesión minera	69
Fig. 3.32 Mapa satelital regional de la zona de estudio	70
Fig. 3.33 Mapa geológico interpretado a escala 1/1000	71
Fig. 3.34 Bandeamiento incipiente y blastos de ortosa	73
Fig. 3.35 Interpretación estructural de la zona de la concesión minera	75
Fig. 3.36 Geología estructural de la zona de la concesión minera	76

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1.1	Plan de prácticas en la Compañía Minera Llipa S.A.C	17
Tabla 1.2	Objetivos del plan de prácticas	21
Tabla 1.3	Vértices de la concesión minera Cuprífera I	22
Tabla 1.4	Acceso al campamento minero Cuprífera I	24
Tabla 3.1	Materiales para el cartografiado geológico superficial	55
Tabla A.1	Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 1	86
Tabla A.2	Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 2	86
Tabla A.3	Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 3	87
Tabla A.4	Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 4	87
Tabla A.5	Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 5	88
Tabla A.6	Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 6	88
Tabla A.7	Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 7	89
Tabla A.8	Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 8	89
Tabla A.9	Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 9	90
Tabla A.10	Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 10	90
Tabla A.11	Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 11	91
Tabla A.12	Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 12	91
Tabla A.13	Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 13	92

## **CAPÍTULO I**

### **GENERALIDADES**

La práctica preprofesional fue realizada en la Compañía Minera Llipa S.A.C, en la concesión del proyecto minero Cuprífera I, que abarca 300 ha de extensión y está localizada dentro de la jurisdicción del pueblo de Poma, distrito de Querobamba, provincia de Sucre, región Ayacucho.

Se realizó la práctica preprofesional desde el 13 de julio del 2021 hasta el 14 de noviembre del 2021.

#### **1.1 Datos de la empresa**

Compañía Minera Llipa es una empresa especializada en extracción de minerales metalíferos no ferrosos. Fue creada y fundada en el año 2018, registrada dentro de las sociedades mercantiles y comerciales como una sociedad anónima cerrada.

La razón social es COMPAÑÍA MINERA LLIPA S.A.C, con RUC 20603439423. La empresa cuenta con una empresa contratista con razón social DENVER CONTRATISTAS S.A.C y RUC 20601774233.

En la Fig. 1.1 se muestran los cargos y funciones de los representantes de la empresa en la concesión minera Cuprífera I

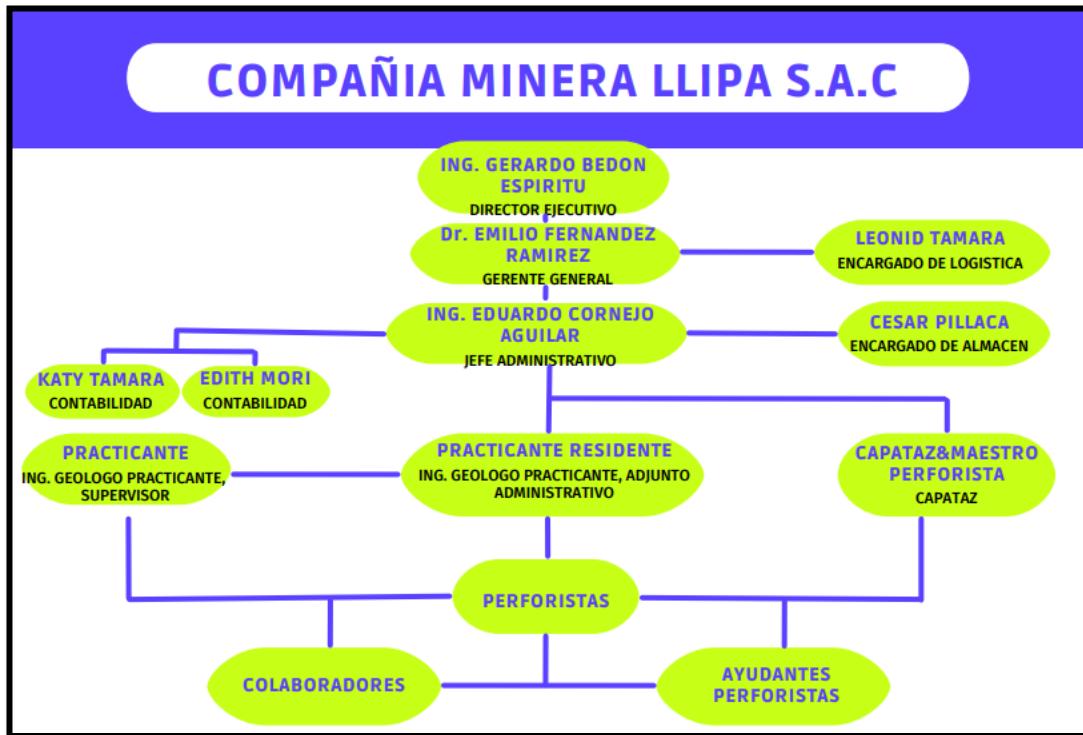


Fig. 1.1. Organigrama de la empresa minera Llipa S.A.C. Tomado de Minera Petter, (2018).

### 1.1.1 Misión y Visión

La compañía minera Llipa S.A.C ha definido recientemente la visión y misión de la empresa, siendo indispensable para visualizar el rumbo hacia su desarrollo (Minera Petter, 2018).

#### *Misión*

Pequeña empresa minera dedicada principalmente a la extracción de metales no ferrosos, buscamos generar el desarrollo colaborativo con productores mineros artesanales y empresas vecinas, desarrollo sostenible para la comunidad y para los futuros profesionales del sector minero. Ofrecemos un buen clima laboral y social, así como oportunidades de crecimiento. Nuestros valores son responsabilidad, respeto y solidaridad.

## *Visión*

Posicionarnos como empresa minera polimetálica, de extracción subterránea, reconocida por buenas prácticas en el sector minero, en mejora continua y con excelente desempeño operacional, comprometida con la seguridad, la comunidad e impulsador del crecimiento sostenible.

### 1.1.2 Objetivos estratégicos

#### *Objetivos a largo plazo (>5 años)*

Llegar a ser mediana empresa minera mecanizada mediante la mejora continua en las áreas operativas, accionistas estratégicos, negociaciones estratégicas de colaboración con productores mineros artesanales y empresas vecinas en general, mejora de la seguridad en el trabajo mediante capacitaciones e implementación del IPERC y PETS.

#### *Objetivos a mediano plazo (3-5 años)*

- Expandirnos mediante planes exhaustivos de prospección y exploración para el aumento de los recursos y reservas minerales.
- Mejorar la calidad de la ley mediante el sub-área de Ore control
- Mejoras en los procesos de las áreas operativas, gestión del tiempo, rendimiento de perforación, voladura y transporte.
- Mejoras en el planeamiento minero de corto, mediano y largo plazo.
- Realizar la estimación de recursos mediante el método de bloques.
- Creación de áreas especializadas de operaciones mina, geología de minas, geología de exploraciones, mantenimiento de maquinaria y equipos mecánicos, logística, relaciones comunitarias y seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.

- Negociaciones estratégicas con productores mineros artesanales y con empresas vecinas del rubro transportes.
- Implementar un Supervisor SSOMA por cada labor en producción.

*Objetivos a corto plazo (1-3años)*

- Incrementar la producción a 35 TM/día
- Incrementar la exploración, programas de cotejo y generar más labores en producción.
- Tener trabajadores o colaboradores comprometidos y disminuir el índice de rotación.
- Controlar e incrementar la calidad de la ley a 5 % mediante blending y pallaquito.
- Construir más zonas de winche y plataformas.
- Agilizar la construcción de labores, winche, compresoras y rápida puesta en producción.
- Agilizar el pago a los colaboradores y la creación del área de Contabilidad en el campamento minero.
- Diálogo estratégico con productores artesanales y empresas vecinas.
- Implementar charlas de capacitación en seguridad, salud y medio ambiente.
- Supervisar ágilmente el rendimiento de perforistas y colaboradores.

## 1.2 Plan de prácticas

El plan de prácticas se dividió en 5 fases, como se muestra en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1

*Plan de prácticas en la Compañía Minera Llipa S.A.C*

Mes	Fase	Actividad
Julio	I	Reconocimiento de campo Toma de datos estructurales Reconocimiento de las operaciones
Agosto	II	Levantamiento de labores horizontales Cateo y reconocimiento de nuevas vetas
Septiembre	III	Cartografiado geológico superficial Cartografiado subterráneo de vetas
Octubre	IV	Supervisión geológica y en seguridad  Realización de mapas digitales
Noviembre	V	Gestión y administración del campamento Interpretación y redacción del informe geológico final

Tomado de Minera Petter, (2018).

### 1.2.1 Descripción general de los trabajos a desarrollar

#### *Fase I*

En la primera fase se realiza el reconocimiento de campo, la toma de datos estructurales y el reconocimiento de las operaciones mineras. En el reconocimiento de campo se describió algunas muestras de las litologías presentes en la concesión minera, la geomorfología local y el posicionamiento de la concesión minera en imágenes satelitales. Los cursos académicos que han sido complementados por esta actividad fueron Mineralogía Descriptiva, Geomorfología y fotogeología y Petrografía.

Como datos estructurales se tomó azimut y buzamiento de fallas y familia de diaclasas según la regla de la mano derecha para el uso de la brújula, estos datos son importantes para la caracterización estructural del depósito y para el conocimiento geocientífico de la zona.

En el reconocimiento de las operaciones mineras, se realizó recorridos dentro de las labores subterráneas y en canchales para conocer los procesos de perforación, voladura, limpieza de carga, pallaqueo, transporte de carga hasta plataformas, carguío a los volquetes con cargador frontal y envío de volquetes hacia la planta metalúrgica. Los cursos académicos que han sido complementados por estas actividades fueron las de Geología estructural y Geología minera.

#### *Fase II*

En la segunda fase se realiza el levantamiento de labores horizontales con brújula y wincha y el reconocimiento de nuevas vetas mediante exploración local y cateo.

En el levantamiento de labores horizontales con brújula y wincha se realizó la medición de la posición de la bocamina mediante el GPS y se midió las distancias izquierda y derecha, perpendiculares a la wincha tensada. Esta actividad permite la ubicación de las labores en un plano y permite el mapeo geológico de las vetas y su posterior interpretación. Los cursos académicos que han sido complementados por esta actividad fueron las de Geología de Campo y Geología de Campo I.

En el reconocimiento de nuevas vetas mediante la exploración local y cateo, se buscó indicios de mineralización de sulfuros de cobre en las laderas y en las quebradas, mediante el cateo se descubrió una nueva veta de sulfuros de cobre al norte de las vetas que están en producción. Los cursos académicos que han sido complementados por esta actividad fueron las de Mineralogía Descriptiva, Geología de Campo y Geología de Campo I.

#### *Fase III*

En la tercera fase se realiza el cartografiado geológico superficial y el cartografiado subterráneo de las vetas en las labores horizontales. En el cartografiado geológico

superficial se realizó travesías a lo largo de carreteras y vías de acceso, describiendo las características litológicas, mineralógicas, de alteración y estructurales. En el cartografiado subterráneo de vetas en labores horizontales se realizó la proyección de las vetas a la altura de la cintura, describiendo la mineralogía de mena y las principales estructuras. Los cursos académicos que han sido complementados por estas actividades fueron las de Mineralogía Descriptiva, Geología estructural y Geología de Campo I.

#### *Fase IV*

En la cuarta fase se realiza la supervisión geológica y la realización de mapas digitales. En la supervisión geológica se realizó el seguimiento de las vetas en las galerías, el control de la dilución y la supervisión con relación a la seguridad de los trabajadores. En la realización de mapas digitales se descargó imágenes satelitales de la concesión minera, datos geológicos de repositorios públicos y con ello se realizaron mapas de la ubicación de la concesión minera, mapa de componentes mineros, mapa de ubicación de las labores en producción y mapas geológicos en base a la digitalización del cartografiado local realizado.

El posicionamiento de la concesión minera en imágenes satelitales y su georreferenciación permite facilidad en la búsqueda de información geocientífica dentro y cerca de la zona. Se descargó la imagen satelital a partir de SASPlanet y su posterior procesamiento se realizó en el software ArcGIS 10.3. Los cursos académicos que han sido complementados por estas actividades fueron las de Introducción al SIG y a partir de talleres extracurriculares de AutoCAD, ArcGIS, MS Excel y seguridad en minería.

### *Fase V*

En la quinta fase se realiza la gestión y administración del campamento y por último la interpretación y redacción del informe geológico final. En la gestión y administración del campamento se realizó las charlas matutinas de seguridad y producción, se realizó la administración del almacén, se gestionó la planilla y el contrato de los trabajadores, así como también se realizó diálogos y acuerdos con representantes de artesanos vecinos y con autoridades del DREM de la región de Ayacucho. En la redacción del informe geológico se realizó el acopio de los datos geocientíficos y de mapeo realizados, se realizó la interpretación geológica y la redacción de las conclusiones. Los cursos académicos que han sido complementados por estas actividades fueron las de Gestión de proyectos, Yacimientos minerales, Yacimientos metálicos, Petrología de rocas ígneas y metamórficas, Redacción y comunicación.

#### 1.2.2 Aplicación a los objetivos de la empresa

Los principales objetivos de la empresa minera Llipa S.A.C son aumentar nuevas vetas en producción y el conocimiento geológico de la concesión minera.

En la Tabla 1.2 se muestra como las actividades desarrolladas en el plan de prácticas preprofesionales se alinean con los objetivos principales de la empresa y generan un desarrollo en las competencias del practicante.

Tabla 1.2  
*Objetivos del plan de prácticas*

MES	FASE	ACTIVIDAD	OBJETIVO/COMPETENCIAS
JULIO	I	Reconocimiento de campo	Conocimiento de la geología local
		Toma de datos estructurales	Conocimiento de obtención de datos geológicos
AGOSTO	II	Reconocimiento de las operaciones	Conocimiento de las operaciones mineras a supervisar
		Levantamiento de labores horizontales	Actualización del levantamiento de labores
SEPTIEMBRE	III	Cateo y reconocimiento de nuevas vetas	Ampliación de las vetas productivas
		Cartografiado geológico superficial	Caracterización geológica superficial del depósito
OCTUBRE	IV	Cartografiado subterráneo de vetas	Caracterizar la geometría, dirección y mineralogía de las vetas
		Supervisión geológica y en seguridad	Control del seguimiento de las vetas, de la dilución y supervisión en seguridad.
NOVIEMBRE	V	Realización de mapas digitales	Mapa geológico y de componentes mineros.
		Gestión y administración del campamento	Gestión del almacén y del campamento en general.
		Interpretación y redacción del informe geológico final	Incrementar el conocimiento geológico para la búsqueda de nuevos tárgetas.

Tomado de Minera Petter (2018)

### 1.3 Ubicación y acceso

El área de operaciones de la Compañía minera Llipa S.A.C – unidad minera Cuprífera I se ubica dentro de la jurisdicción del centro poblado de Pomac, distrito minero de Querobamba, provincia de sucre, región Ayacucho (véase Fig. 1.2) y a una altitud promedio de 3310 m.s.n.m.

Las coordenadas UTM WGS84 Zona 18 sur del campamento minero son:

Este: 627526 E

Norte: 8458858 N

La concesión minera Cuprífera I abarca una extensión de 300 ha, y las coordenadas UTM de sus vértices son las que se muestran en la Tabla 1.2 (véase la Fig. 1.3).

Tabla 1.3  
Vértices de la concesión minera Cuprífera I.

Vértice	Norte	Este
1	8460000	628000
2	8459000	628000
3	8459000	629000
4	8458000	629000
5	8458000	627000
6	8460000	627000

Tomado de Minera Petter (2018)

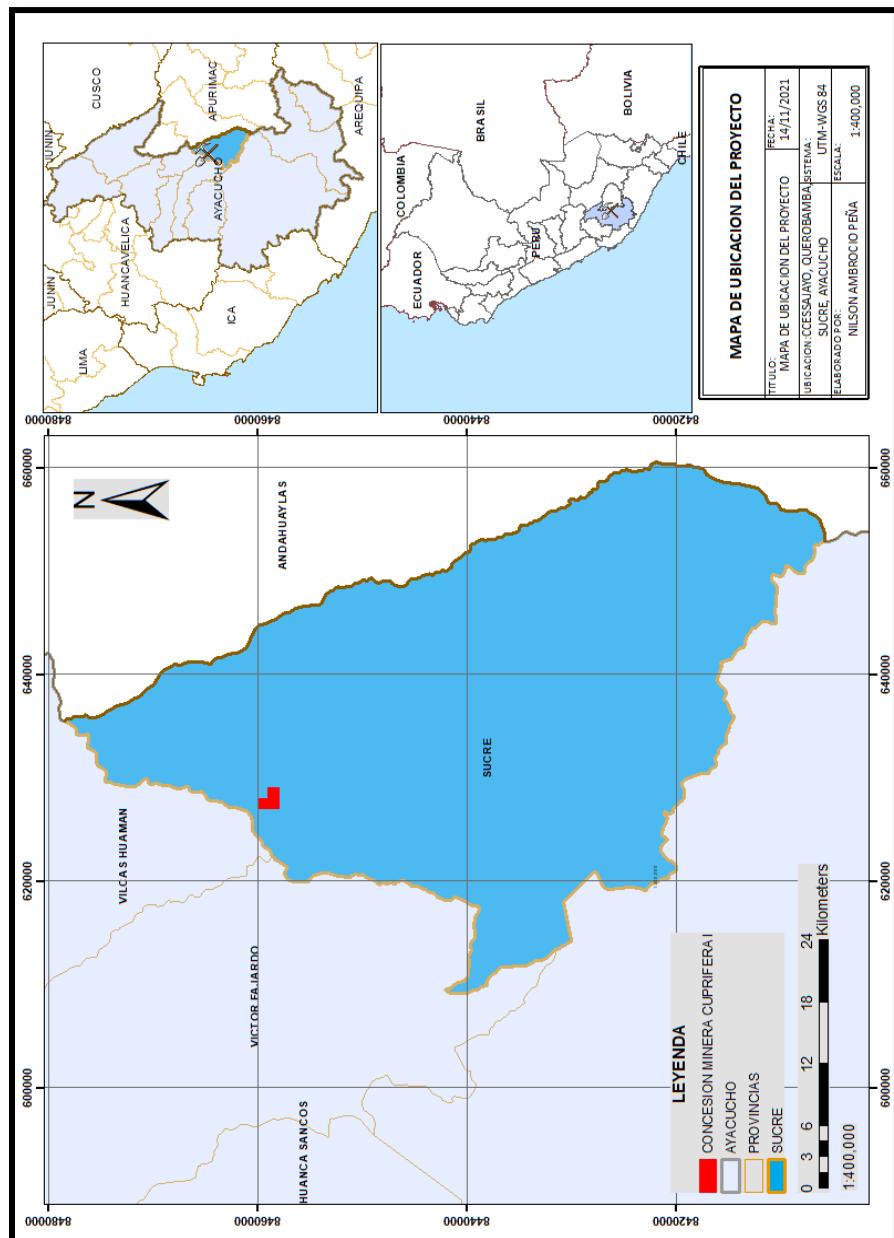


Fig. 1.2. Mapa de ubicación de la concesión minera Cuprífera I. Tomado de Minera Petter (2018).

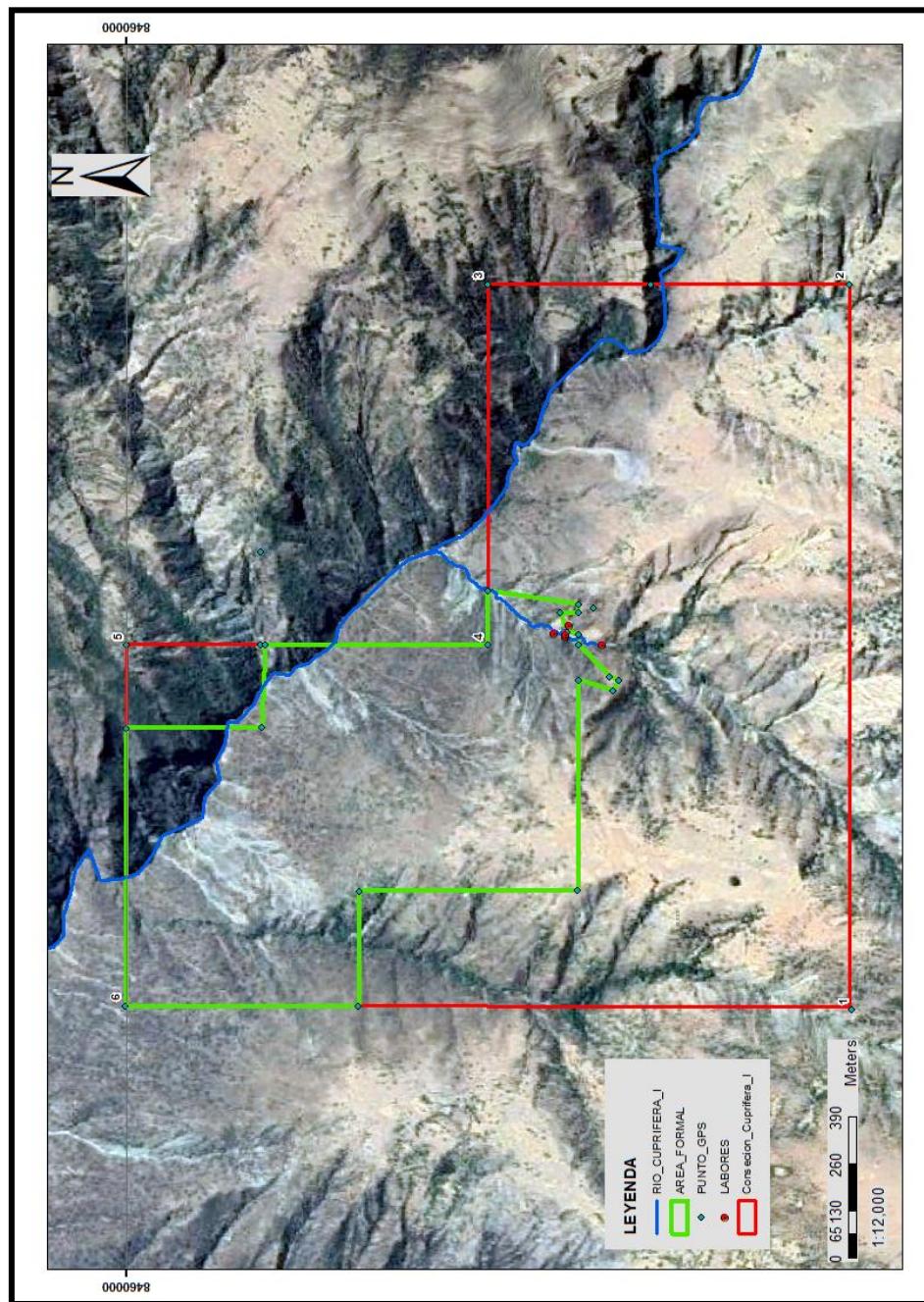


Fig. 1.3. Mapa de la concesión minera Cuprífera I, de borde rojo. Tomado de Minera Petter (2018).

El acceso al campamento minero se puede realizar por vía terrestre o por vía mixta (aérea y terrestre) desde la ciudad de Lima-Perú. La primera opción (véase la Fig. 1.4) es una ruta de 16 h 40 min de duración, el estado de la carretera es mixto (asfaltada y trocha carrozable), la segunda opción es una ruta de 8 h 20 min de duración, el estado

de la carretera es también mixta. En la Tabla 1.4 se muestran las rutas hacia la unidad minera.

Tabla 1.4  
*Acceso al campamento minero Cuprífera I*

Vía	Ruta	Distancia km	Tiempo H	Estado
Terrestre	Lima-Huamanga	560	9	Asfaltada
Terrestre	Huamanga-Querobamba	206	6	Asfaltada
Terrestre	Querobamba-UM	34	1.6	Trocha Carrozable
<b>Total Terrestre</b>	<b>Lima-UM</b>	<b>800</b>	<b>16.6</b>	<b>Mixto</b>
Aérea	Lima-Huamanga	560	0.7	Aérea
Terrestre	Huamanga-Querobamba	206	6	Asfaltada
Terrestre	Querobamba-UM	34	1.6	Trocha Carrozable
<b>Total Mixto</b>	<b>Lima-UM</b>	<b>800</b>	<b>8.3</b>	<b>Mixto</b>

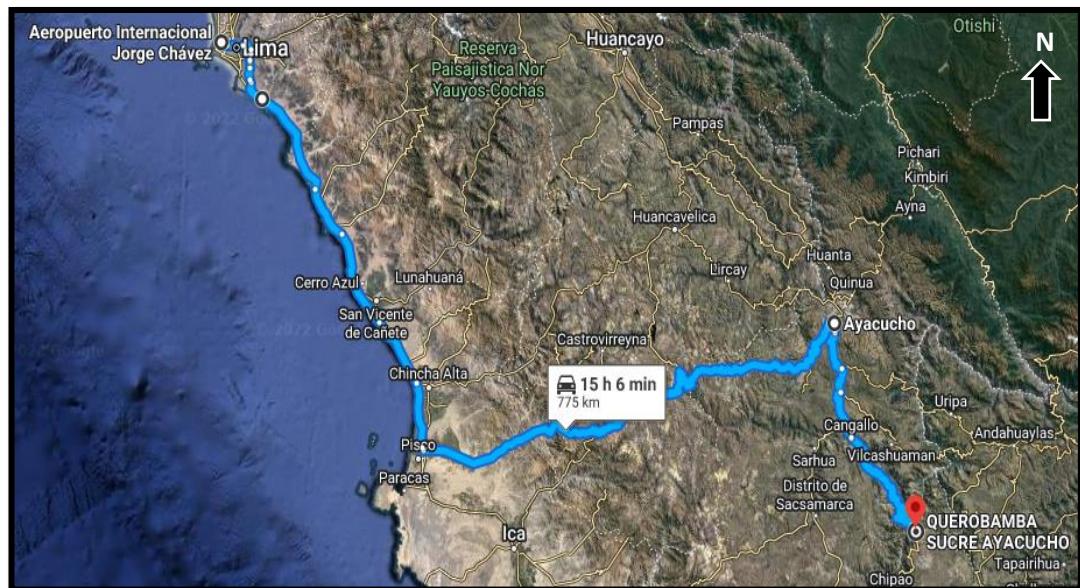


Fig. 1.4. Mapa de accesibilidad vía terrestre al distrito de Querobamba, provincia de Sucre.

#### 1.4 Clima y Vegetación

Posee un clima semiseco, con temperaturas mínimas alrededor de 3°C durante la noche y temperatura máxima de 25°C durante el día, la evaporación es superior a la precipitación en verano. La temperatura máxima promedio fluctúa de 21°C a 25°C, la

temperatura mínima promedio fluctúa de 3°C a 11°C y la precipitación anual promedio fluctúa de 700 mm a 2000 mm aproximadamente (SENAMHI, 2020).

La nubosidad de la zona es moderada, con la presencia de nubes tipo cúmulos, cumulonimbos, stratus y cirrus, en los que se genera ocasionales precipitaciones líquidas y algunas veces de granizo, con la presencia de rayos si se trata de cumulonimbus o sistemas de nubes convectivas.

El porcentaje de plantas presente en la zona de estudio es entre 20 % y 40 %, mayormente están en las laderas de forma silvestre, y un 10 % a 20 % son árboles de gran altitud que están cercanos a la cima de los cerros y poblados.

Según el mapa de cobertura vegetal de la región Ayacucho, la zona de estudio presenta matorrales arbustivos, de color verde en el mapa (véase la Fig. 1.5), compuestos de asociaciones arbustivas y están mezclados con suculentas y herbáceas de vida efímera. Además, la zona de estudio presenta bosques secos de valle interandino, de color gris en el mapa de la Fig. 1.5, compuesto por la especie arbórea dominante denominado “pasallo” y son localizados en los valles de la zona norte de la concesión minera (Vílchez, 2019).



Fig. 1.5. Mapa de cobertura vegetal de la región Ayacucho, la zona de estudio está en la elipse de color rojo. Tomado de Vílchez, (2019).

Las especies de plantas principales presentes en la concesión minera son arbustos y herbáceas (véase la Fig. 1.6).



Fig. 1.6 Especies de plantas predominantes en la concesión minera. A. *Stipa ichu* b. Aliso (*agnus acuminata*) c. *Astrocytropuntia subulata* d. *Dodonaea viscosa*. E. *Baccharis salicifolia* f. *Puya raimondii* (Bromeliaceae) g. Tuna (*Opuntia ficus-indica*).

## 1.5 Recursos locales

### *Agricultura*

Debido al clima y a las laderas de alto pendiente, hay poca aplicación de la agricultura como sustento económico, siendo observada solo en planicies de la cima de los cerros.

Se observó la plantación de tunas alrededor y dentro de la concesión minera, véase Fig. 1.6.g.

#### *Ganadería*

En el pueblo de Pomac y alrededores, la ganadería como sustento económico es baja a moderadamente practicada, se observó grupos de ganados vacunos, ovejas y equinos alrededor y dentro de la concesión minera.

#### *Minería artesanal*

Representa la principal actividad económica del distrito de Querobamba, se observó un alto índice de informalidad debido a la dificultad de ingreso a las labores para la fiscalización por parte de la Dirección Regional de Energía y Minas de la región Ayacucho (véase la Fig. 1.7). Además, las operaciones de la Unidad Minera Catalina Huanca se encuentran a pocos kilómetros de la concesión minera en estudio. Los depósitos minerales existentes dentro y alrededor de la concesión minera son principalmente metálicos vetiformes en donde explotan principalmente Cu, Au, Ag, Pb y Zn.



Fig. 1.7. campamentos de mineros informales circundante al proyecto

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO GEOLÓGICO**

#### **2.1 Geología regional**

##### **2.1.1 Estratigrafía**

El área del proyecto comprende la parte sur del cuadrángulo de Chincheros y la zona norte del cuadrángulo de Querobamba, regionalmente afloran rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas, cuyas edades varían desde el Paleozoico hasta el Cuaternario reciente (Acuña, 2021). Las rocas más antiguas corresponden al Paleozoico inferior y son facies metamórficas. Sobre ellas, descansa una gruesa serie de sedimentos continentales y marinos, depositados con algunas interrupciones entre el Pérmico superior y el Cretácico superior. A partir del Cretácico superior ocurrieron una serie de fases tectónicas correspondientes a la Orogenia Andina, acompañadas por sedimentación continental y vulcanismo intenso, el mismo que se prolongó hasta el Cuaternario. Los eventos mencionados dieron lugar a un conjunto de unidades discordantes entre ellas, que cubrieron la mayor parte de la región y que sufrieron (al igual que las rocas más antiguas) períodos de intensa denudación desde el Terciario hasta la actualidad. Las acumulaciones recientes están representadas por depósitos morrénicos, fluvioglaciares, fluviales y fluvioaluviales. (LAGESA-C.F.G.S., 1996).

### ***Paleozoico***

Las rocas del Paleozoico afloran a lo largo de la Cordillera Occidental y en un pequeño sector de la Cordillera Oriental, conformando el núcleo principal de estas cadenas montañosas. Sus exposiciones pertenecientes al Grupo Mitu se encuentran en las áreas norte y sur del cuadrángulo de Chincheros. (LAGESA-C.F.G.S., 1996)

- Grupo Mitu (Pérmico Superior-Triásico inferior)

Afloran alrededores de la zona de proyecto, está constituida principalmente por secuencias andesíticas, brechas, tobas y aglomerados. Esta unidad aflora a 9 km al NW del proyecto por los poblados de Runcua y Erapata. Están compuestos de intercalaciones de lavas andesíticas de textura porfirítica de color gris rojizo, brechas volcánicas de color gris rojizo y tobas de lapilli de color gris rojizo y verdoso, rica en cristales de feldespato y líticos de volcánicos andesíticos. Aglomerado volcánico de color gris rojizo a pardo, clastos subredondeados y subangulosos de granito y subvolcánicos. (Acuña, 2021)

### ***Mesozoico***

- Grupo Pucará (Triásico Superior – Jurásico Inferior)

Acuña (2021) afirma que: “afloran al oeste de la zona de proyecto aproximadamente a 20 km cerca de la localidad de Querobamba” (p. 09). Su litología está constituida por calizas intercaladas con proporciones subordinadas de areniscas y lutitas; ocasionalmente se encuentran lentes de evaporitas y horizontes de conglomerados. Las calizas se presentan masivas o en bancos gruesos bien estratificados de 0.30 a 1.0 m de grosor; son generalmente detríticas con contenido de numerosos fragmentos de fósiles: lamelibranquios y crinoideos en pobre estado de conservación. A menudo son bituminosas y de olor fétido; en corte fresco presentan un color gris oscuro, mientras

que en superficies meteorizadas adoptan una coloración blanquecina. (LAGESA-C.F.G.S., 1996). Está compuesto por las Formaciones Chambará, Aramachay y Cordonsinga.

- **Grupo Yura (Jurásico superior)**

Corresponde a una serie sedimentaria de lutitas, areniscas, cuarcitas y calizas que corresponden a las Formaciones Puente Cachíos, Labra, Gramadal y Hualhuani del Jurásico superior y Cretáceo inferior, afloran aproximadamente a 8 km al norte y al oeste del proyecto reposando con leve discordancia sobre los Grupos Pucará y Mitu. A 3 km al oeste del proyecto aflora parte de Grupo Yura (Fm. Gramadal) de forma directa sobre el Complejo Querobamba, en el poblado de Huicci. (Acuña, 2021, p. 09). “Los sedimentos del Grupo Yura corresponden a un mar de plataforma (nerítico o playero) con corrientes de alta movilidad” (LAGESA-C.F.G.S., 1996, p. 37).

- **Cretácico (Arcurquina y Murco)**

Constituido por una secuencia de calizas expuestas en la zona norte y al oeste del proyecto, pertenecientes a la Formación Arcurquina, estos sobreyacen a intercalaciones de limoarcillas y areniscas de grano medio con tonalidades rojizas, areniscas cuarzosas de color blanquecino pertenecientes a la Formación Murco. (Acuña, 2021, p. 10)

### ***Cenozoico***

Aflora la Formación Ausangate, constituida por areniscas arcósicas de grano fino intercaladas con limoarcillas, sobreyace a las calizas de la Formación Arcurquina.

En el sector oeste se exponen una secuencia de areniscas y limolitas tobáceas de color gris a beige alternadas con conglomerados polimicticos de color gris a gris rojizo y

niveles de tobas de ceniza gruesa rica en cristales de cuarzo, plagioclasa y biotita pertenecientes a la Formación Castrovirreyna.

La secuencia sedimentaria, de las formaciones precedentes están cubiertas por flujos volcánicos tobáceos, cenizas volcánicas de color blanquecino rico en cristales de biotita, plagioclasa y cuarzo, que constituyen el centro volcánico Yacotingo y Carhuarazo, con amplia difusión en las cercanías de Ccollcabamba (Acuña, 2021).

### **Depósitos cuaternarios**

“Durante el Cuaternario reciente, la región estuvo sometida a intensos fenómenos de degradación y agradación, actuando como agentes modificadores de la superficie el intemperismo y el agua bajo el dominio de determinadas condiciones climáticas” (LAGESA-C.F.G.S., 1996, p. 65).

- Depósitos Fluvioglaciares

Se distribuyen en diferentes sectores de Querobamba, estos depósitos se caracterizan por una estratificación muy pobre de guijarros, gravas y arenas gruesas (LAGESA-C.F.G.S., 1996). Estos depósitos se evidencian en los causes de los ríos Cangallo (NW del proyecto) y río Soras, al NE del proyecto (Acuña, 2021, p. 10).

- Depósitos Aluviales

Litológicamente están compuestas por niveles intercalados de arenas, limos, arcillas y conglomerados polimícticos y heteromícticos, los cuales se ubican al pie de las quebradas (LAGESA-C.F.G.S., 1996).

### ***Rocas ígneas y metamórficas***

El macizo intrusivo granítico de edad Paleozoico, denominado Granito Querobamba es la unidad de mayor exposición (...), su edad ha sido claramente evidenciada en diversos puntos del área por su posición infrayacente al Grupo Mitu en cuya base se

encuentran brechas y/o conglomerados con clastos provenientes de la roca subyacente. (LAGESA-C.F.G.S., 1996, p. 65)

- Granito Querobamba

Se ha denominado Macizo de Querobamba a una intrusión batolítica que aflora entre los  $13^{\circ}31'$  y  $14^{\circ}15'$  de Latitud sur aproximadamente, entre los departamentos de Ayacucho y Apurímac, con una orientación SE-NO (INGEMMET, 1995). LAGESA-C.F.G.S. (1996) ha cartografiado al Complejo Querobamba en los cuadrángulos de Huancapi y Querobamba. Consisten en extensos afloramientos de granitos en el que se observan numerosos cates y trabajos antiguos siguiendo vetillas de cuarzo blanco y limonitas con estructuras de rumbo promedio NW (Cabello, 2008).

Según LAGESA-C.F.G.S. (1996) e INGEMMET (1995), basado en suposiciones interpretativas por la semejanza de batolitos graníticos rojizos del Paleozoico ubicados en la Cordillera de la Costa y en el valle del Marañón, consideran que el emplazamiento del Granito de Querobamba tuvo lugar en el Paleozoico inferior (véase Fig. 2.1). Dataciones radiométricas realizadas en la región de Sucre (Querobamba-Sucre) arrojan edades  $751.7 \pm 8.1$  Ma (Neoproterozoico temprano) para  $13.9^{\circ}$  de latitud sur y edades de emplazamiento de  $1123 \pm 13$  Ma (Mesoproterozoico tardío) para granitos ubicados a  $14^{\circ}$  de latitud sur en la localidad de Querobamba-Sucre (Miskovic et al., 2009). Por lo tanto, se establece que el Complejo Querobamba se emplazó en el rango de Mesoproterozoico tardío a Neoproterozoico temprano.

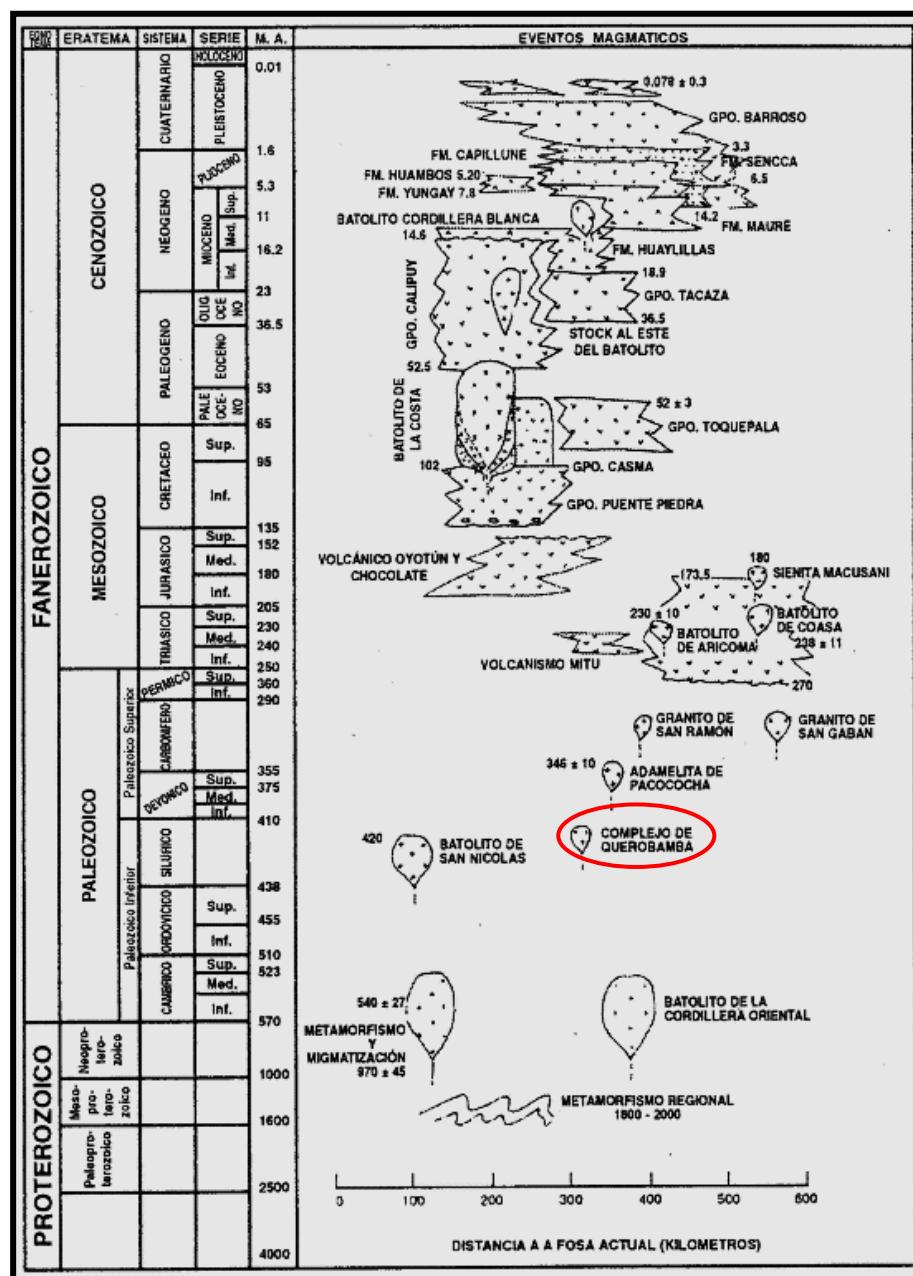


Fig. 2.1 Evento magmático del Complejo Querobamba en el Paleozoico. Tomado de INGEMMET (1995).

Macroscópicamente la roca fresca tiene colores grises blanquecino, crema, rosado pálido, amarillento y rojo salmón, en menor proporción es rojo oscuro. Presenta granos variables de 1 a 6 mm de diámetro de forma subhedral a anhídrica, de fractura irregular, a veces rellena por epidota en sigmoides centimétricos a milimétricos.

Presenta textura granofídica por la presencia de blastos de ortosa y cuarzo, un desarrollo incipiente de estructura gneisoidal y el cuarzo presenta deformaciones y microfracturamiento incipiente.

En Paucaray el Granito Querobamba presenta un color gris, con foliación N50°W 45°NE y fracturas principales N 10°W 40°SW. Encima del granito se observa un conglomerado (Grupo Mitu) que contiene clastos de granito de diversos tamaños, sobre el que se apoya el Grupo Yura que a su vez se encuentra cortado por una diorita de color gris verdoso (LAGESA-C.F.G.S., 1996).

### ***Intrusivos cretácicos***

Según INGEMMET (1995) en el cuadrángulo de Querobamba se presentan afloramientos en pequeños cuerpos (apófisis) de rocas intrusivas dioríticas, que varían en granularidad, color, textura y proporciones de minerales máficos, se encuentra cortando a rocas del Grupo Pucará, Formación Socosani, Grupo Yura, Formaciones Ferrobamba y Huancaray (véase la Fig. 2.2) y se encuentran cubiertos por depósitos del Plioceno (Formación Sencca). Por lo tanto, este intrusivo diorítico, se emplazó entre el Cretácico superior al Plioceno.

En el noreste del área, están presentes emplazamientos intrusivos triásicos de composición diorítica de tonalidades mesocráticas, textura fanerítica de grano medio, presenta cristales de plagioclásas y feldespato potásico e intrusiones graníticas de tonalidades leucocráticas, textura fanerítica de grano medio. Presenta cristales de feldespato potásico, cuarzo, plagioclasa, biotita cloritizada. Además, presenta bandeamiento de cristales. Las intrusiones más recientes se registran al norte del área de proyecto, se trata de intrusivos dioríticos mesocráticos de textura porfirítica, se

exponen con claridad la presencia de cristales de plagioclasas y cuarzo, referidas como Unidad Parco (Acuña, 2021).

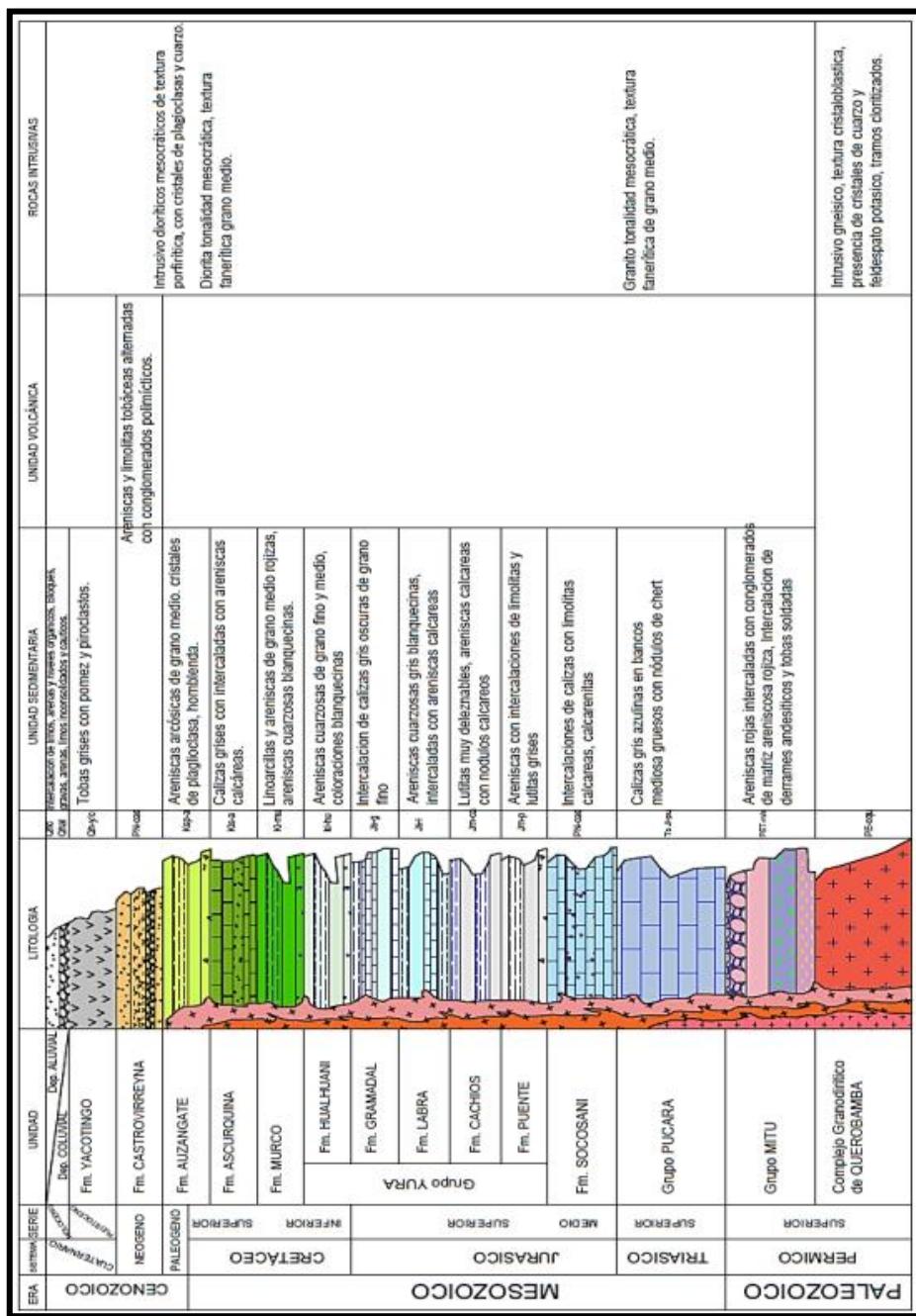


Fig. 2.2 Columna estratigráfica regional del Cuadrángulo de Querobamba. Tomado de Acuña (2021).

### 2.1.2 Control estructural

En la zona han ocurrido distintos ciclos tectónicos, entre los que más resaltan se tiene a la orogenia Grenville-Sunsás del Mesoproterozoico (Miskovic et al., 2009), el ciclo

Hercínico consta de dos fases tectónicas que afectan a las rocas del área, la primera (Eohercínica) acaecida durante el Devoniano – Mississipiano, según Mégard (1978) marca la separación entre los ciclos de sedimentación en el Paleozoico inferior y superior; la segunda fase (Tardihercínica), con evidencias de compresión y fracturamientos presentes en las rocas del Granito Querobamba, esta fase habría ocurrido durante el Permiano medio. Luego se da el Ciclo Andino que fue posterior a la etapa de sedimentación ocurrida desde el Triásico superior con presencia de rocas carbonatadas del Grupo Pucará, incluyéndose a movimientos que dieron origen a la actual altitud de los Andes. La primera parte del ciclo Andino (Fase Peruana) ocurrió durante el Cretácico superior-Senoniano, que originó el abombamiento de las secuencias del cretáceo superior en la región más occidental del distrito de Canarias (limita al este con el distrito de Querobamba) (Jaillard, 1992). La segunda parte (Fase Incaica) originó plegamientos en las secuencias sedimentarias del Mesozoico y Paleozoico, originando también movimientos compresionales coincidentes con el rumbo general de la actual estructura andina (NW-SE). La tercera etapa (Fase Quechua) modificó principalmente los emplazamientos anteriormente levantados en la Superficie Puna, originando nuevamente plegamientos y levantamientos, marcando etapas de distensión, con una posterior etapa extrusiva de andesitas con estructuras en forma de domos (Castañeda, 2013). Según Miskovic et al. (2009) existe una fábrica orientada con rumbo WNW encontrada en el conjunto de intrusivos Querobamba de la región oriental de Sucre. Esta orientación de la fábrica coincide con los datos de LAGESA-C.F.G.S. (1996) y con la orientación de las vetas.

El emplazamiento de los plutones Querobamba (SCAM-18) (véase Fig. 2.3 y 2.4) ha sido limitado a  $751.7 \pm 8.1$  Ma. Estrechamente asociados con los granitoides del

Neoproterozoico se encuentran intrusivos parcialmente foliados y de composición más diversa, también correspondiente al granito de Querobamba (SCAM-17) (véase Fig. 2.3 y 2.4) emplazado a  $1123 \pm 13$  Ma, con una herencia poco definida agrupada a 1200 Ma (edad del núcleo heredado), coincidente con la orogenia Grenville. De esta manera, se considera al conjunto de intrusivos Querobamba como el borde más occidental de la Amazonia central (Miskovic et al., 2009). Véase Fig. 2.3 y Fig. 2.4.

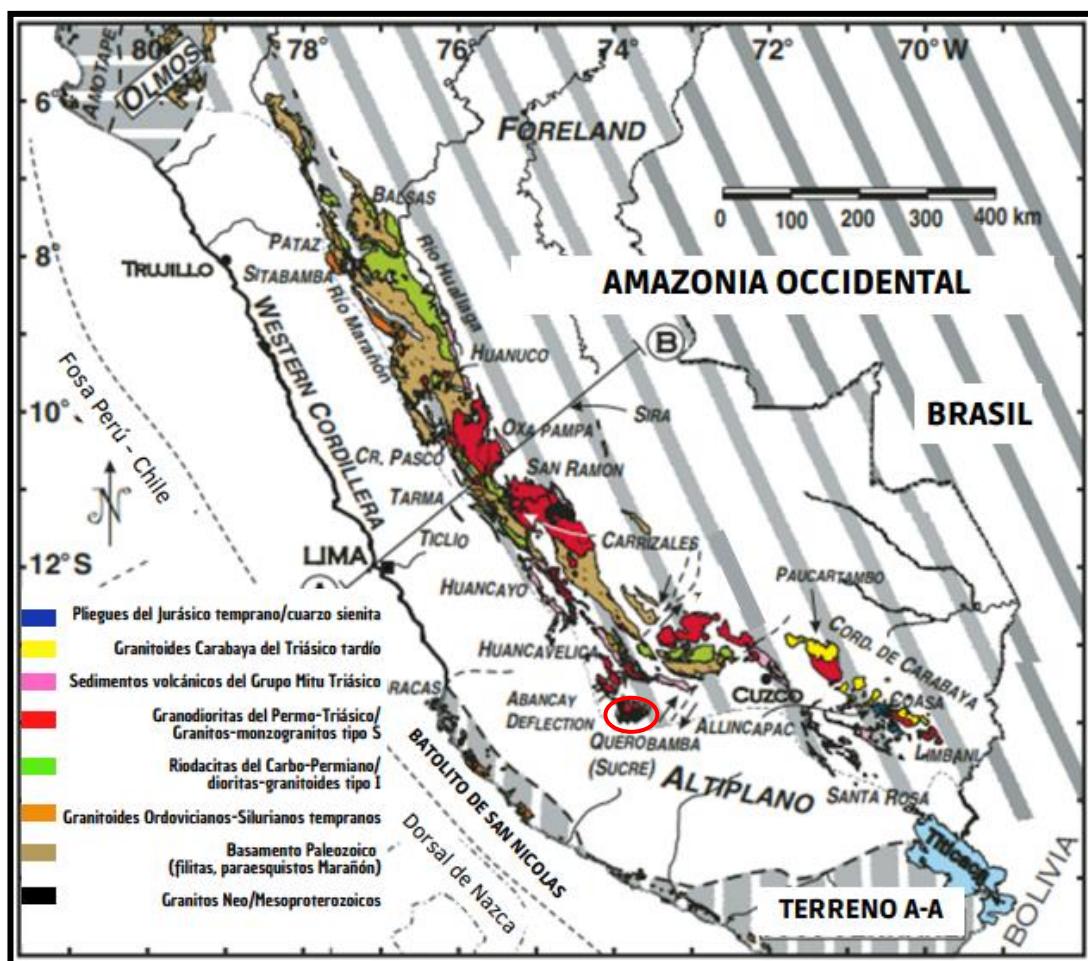


Fig. 2.3 Mapa geológico del cinturón plutónico de la Cordillera Oriental del Perú que ilustra la extensión actualmente conocida de los dominios tectónicos. Se aprecia los intrusivos Querobamba como parte del Neo/Mesoproterozoico (Miskovic et al., 2009).

Según las dataciones radiométricas mediante U/Pb en zircones (véase la Fig. 2.4) realizadas por Miskovic et al. (2009), el conjunto de intrusivos del Complejo Querobamba formaría parte del límite oeste del cráton Amazoniano.

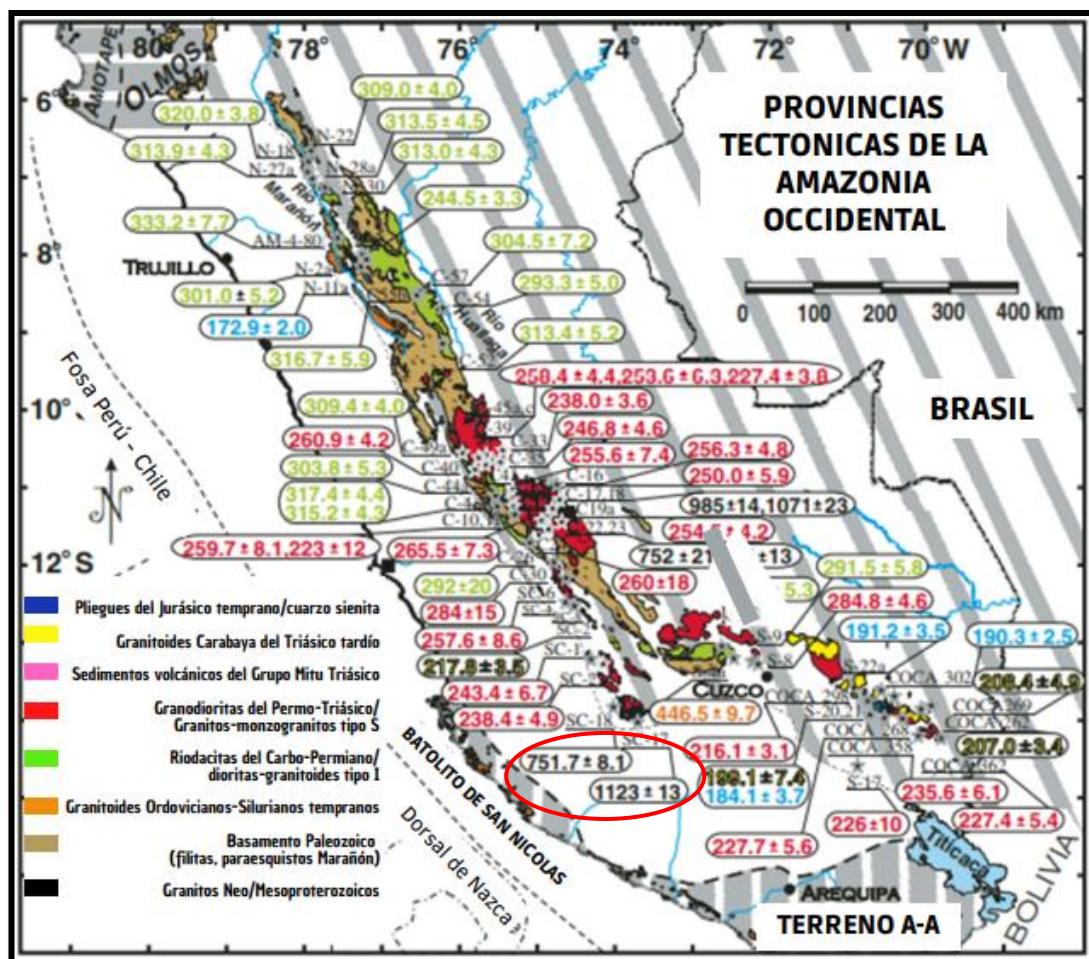


Fig. 2.4 Distribución regional de las edades de intrusivos a lo largo de la Cordillera Oriental peruana, se muestra que los intrusivos Querobamba poseen una edad de 1123 Ma y de 751 Ma (Miskovic et al., 2009).

## 2.2 Geología local

### 2.2.1 Geomorfología

La zona de estudio se sitúa en las estribaciones orientales de la Cordillera Occidental de los Andes en el centro del Perú, la configuración topográfica muestra relieves con

pendientes moderada a abruptas (escarpes). Se diferencian unidades que se clasifican principalmente en base a su morfología y la altitud:

Valles en forma de “V”: debido a la erosión fluvial predominante en la zona.

Laderas: Se observan laderas de montaña fuertemente empinadas (véase la Fig. 2.5), topografía accidentada que al actuar con agentes geomorfológicos produce deslizamientos, están constituidas por rocas ígneas. La mayor parte de estas zonas están cubiertas por vegetación natural. (Acuña, 2021)

Escarpes: Se observa principalmente en Seccejayoc, con una pendiente mayor a 45°, en todos los alrededores de la zona, como un tipo de salto que interrumpe la continuidad del paisaje, que se encuentra sujeto a procesos erosivos. (Acuña, 2021)



Fig. 2.5 Laderas de pendiente moderada con vegetación de la zona de Seccejayoc Tomado de Acuña (2021).

Zonas Glaciares: Se observa entre los km 16-22 de la carretera Querobamba – Potongo, en las partes más altas de la Cordillera Occidental (véase la Fig. 2.6). Se aprecia pequeñas lagunas glaciares escalonadas y rocas aborregadas (Acuña, 2021).



Fig. 2.6 Presencia de rocas aborregadas y lisas en el km 18 de la carretera Querobamba-Potongo. Tomado de Acuña (2021).

Deslizamientos: Se observa movimientos de masa de tierra acompañados de bloques de roca provocado por la inestabilidad del talud y la precipitación en los alrededores del campamento minero y el centro poblado de Potongo (Acuña, 2021).

### 2.2.2 Geología estructural

En las cercanías del yacimiento, los intrusivos poseen biotita cloritizada, con orientación preferencial (bandeamiento gnéisico ligero) entre  $320^{\circ}$  y  $350^{\circ}$  de azimut e inclinación oscilante entre  $50^{\circ}$  y  $75^{\circ}$ . En zonas de metamorfismo más avanzado se presentan facies gnéisicas con recristalización de cuarzo (Acuña, 2021).

El horizonte que contiene la mineralización está controlado por fallamientos de primer orden, producto de ellos se tienen las quebradas profundas (rumbo andino), este

fallamiento tiene orientaciones en el orden de  $135^{\circ}$  de azimut (véase la Fig. 2.7). A través de las reactivaciones de estas fallas se han producido movimientos relativos entre sí, dando origen a fallamientos paralelos al rumbo andino y dando origen a las fallas tensionales, evidenciados en el levantamiento topográfico de las labores, así como elaborados en la interpretación de las imágenes satelitales de Google Earth. El fallamiento tensional ha propiciado mayor circulación de los fluidos mineralizantes dando como resultado el entrampamiento y precipitación de minerales de Cu y Au. Es posible que se puedan encontrar más fallas tensionales dentro del bloque mineral debido a que la ocurrencia de una falla tensional aislada no es frecuente en los modelos estructurales (Acuña, 2021).

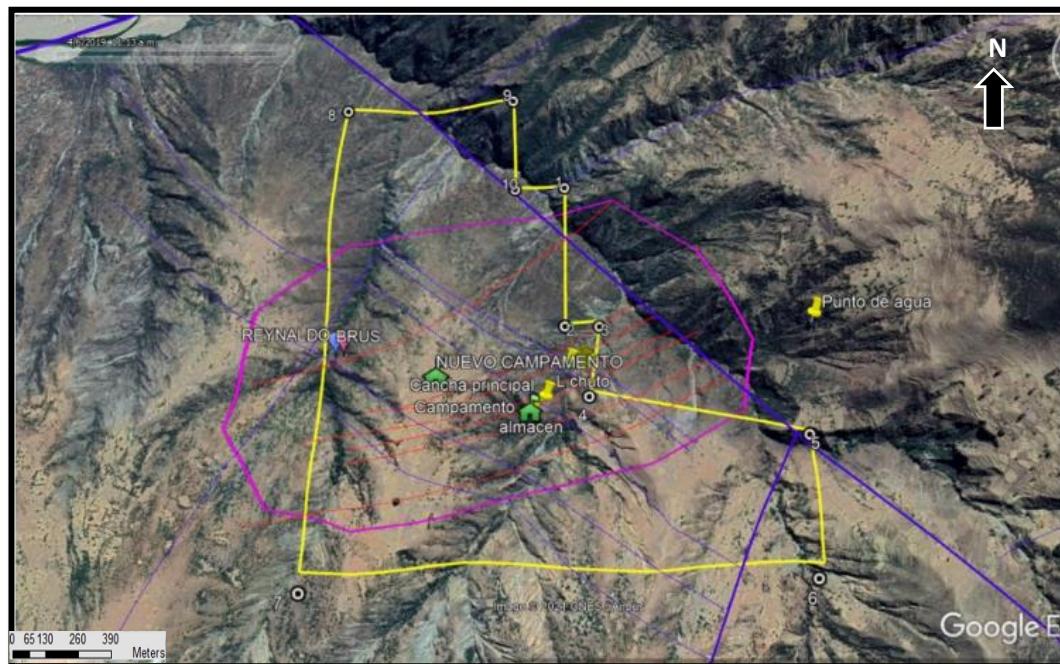


Fig. 2.7 Principales lineamientos estructurales que controlan la geología estructural de la zona. Tomado de Acuña (2021).

### 2.2.3 Geología económica

Regionalmente la concesión minera se ubica en la “Sub-provincia polimetálica de la Cordillera del sur”, caracterizado por la ocurrencia de yacimientos de Cobre, Zinc,

Plomo y Plata (Cabello, 2008). La concesión minera se ubica dentro de la franja metalogenética de epitermales XXI denominada “epitermales de Au-Ag y depósitos polimetálicos con superposición epitermal del Mioceno” (Quispe et al., 2008). La mineralización principalmente de Cu se encuentra llenando zonas de debilidad como fallamiento y fracturamiento concordante a la orientación gnésica. Además, según reportes petro-mineralógicos realizados se ha encontrado ocurrencias de oro con dimensiones micrométricas dentro de los granos de cuarzo.

El yacimiento se encuentra alojado en el complejo metamórfico Querobamba, en el área se presenta como un granito gneisificado, las alteraciones que acompañan a la mineralización son la cloritización y alteración potásica, los procesos hidrotermales han interactuado con el metamórfico y la alteración ha producido áreas de color verdoso típico de la cloritización, dentro de esta aureola se presenta también sericita. La mineralización de Cu (calcopirita, calcosina, cobres grises) y Au, se emplaza en estas aureolas de alteración como puntos, venillas y llenando espacios del fallamiento como vetas en “Rosario” de rumbo S70°-80° E y buzamiento subvertical (Acuña, 2021).

Estudios geoquímicos realizados alrededores de la zona de estudio muestran una mineralización principalmente de cobre y poco de oro (véase la Fig. 2.8 y Fig. 2.9). En el mapa de índices de mineralización epitermal (véase la Fig. 2.8) se evidencia que al norte de la concesión minera hay mayores valores de índices de mineralización de Au-Ag y se correlaciona con algunos proyectos de epitermales presentes al norte.

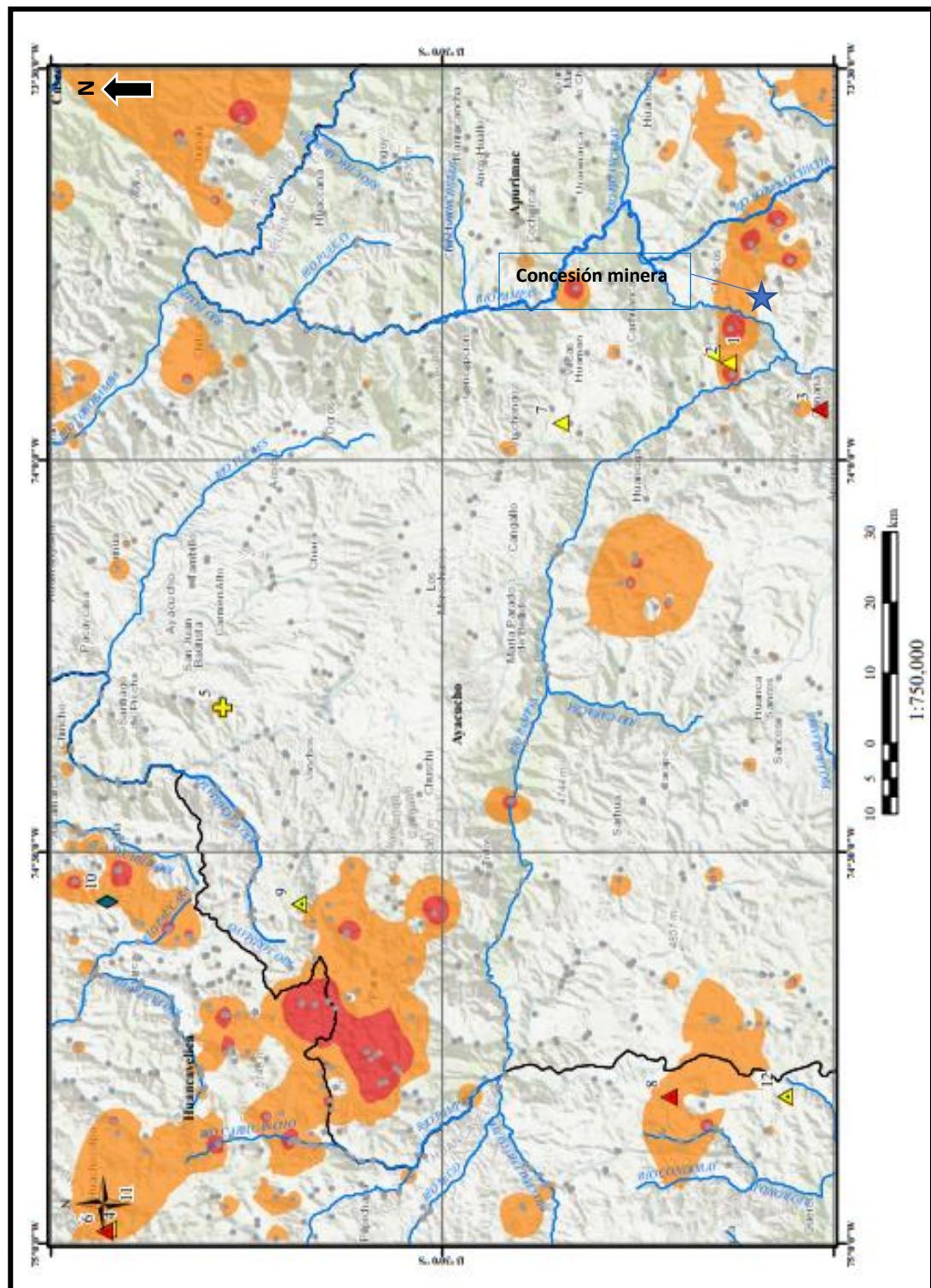


Fig. 2.8 Mapa de índice de mineralización epitermal (Au, Ag, As, Hg, Sb) mediante geoquímica de sedimentos de quebradas. Presencia de Au-Ag moderado y alto al N y NE de la concesión minera (Quispe et al., 2021).

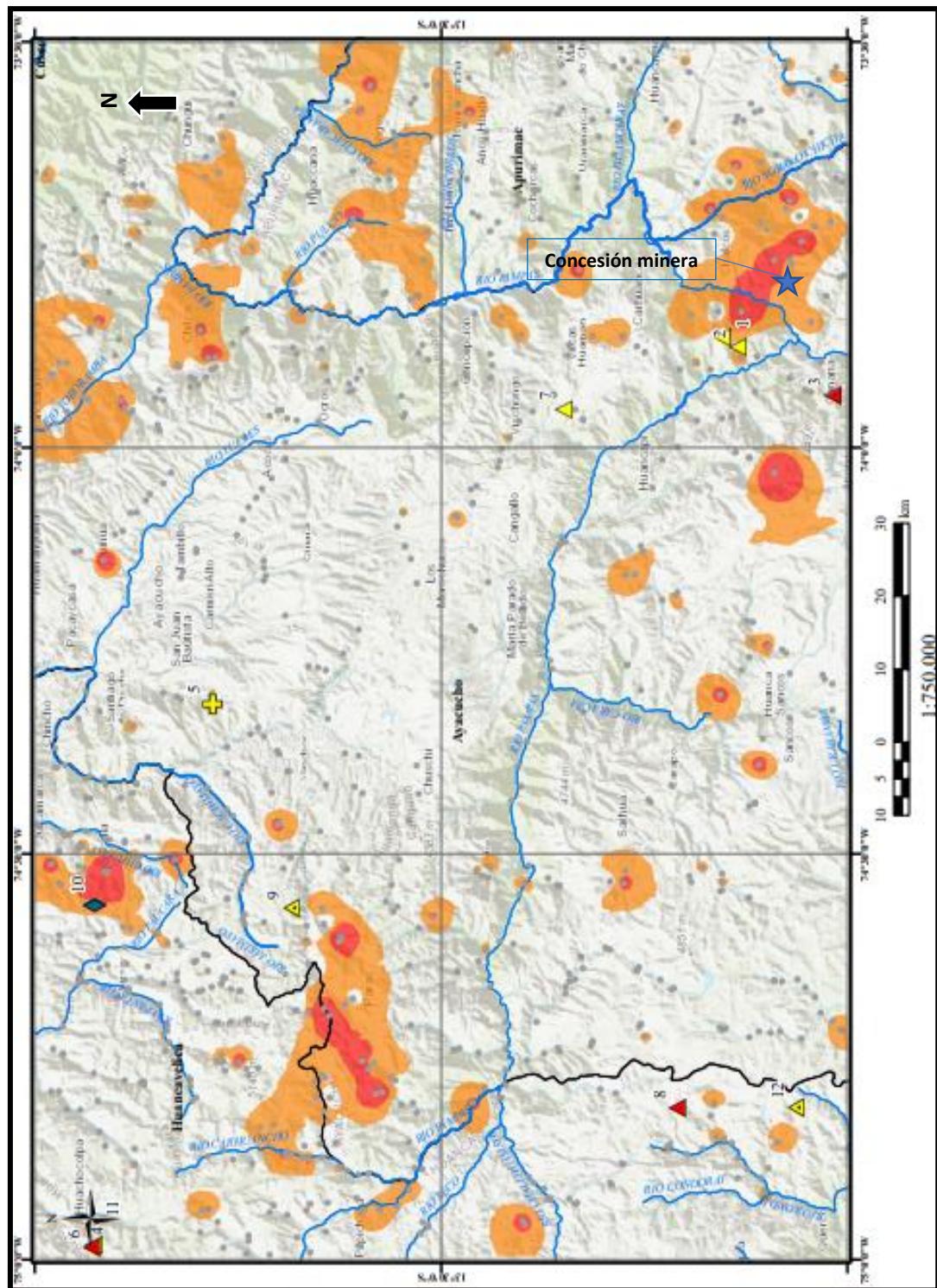


Fig. 2.9 Mapa de índices de mineralización de pórfidos de Cu (Cu, Au, Mo, Te) basado en geoquímica de sedimentos de quebradas (Quispe et al., 2021).

En los mapas de índices de mineralización basado en geoquímica de sedimentos de quebrada se evidencia que en la concesión minera hay valores moderados de índices de mineralización de Cu-Au (véase la Fig. 2.9); además, existen dos proyectos mineros de depósitos epitermales al noroeste de la concesión minera y una mina del tipo epitermal de baja sulfuración del suroeste (UM Catalina Huanca). Por lo tanto, se puede inferir la existencia de un intrusivo en profundidad que dio origen a toda la mineralización circundante en la zona.

Las alteraciones predominantes en la zona son la alteración clorítica, la potásica, la silicificación, la alteración argílica y la seritización.

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

En este capítulo se describen las actividades realizadas, tales como cartografiado geológico superficial, levantamiento de planos en planta de galerías subterráneas, cartografiado de vetas en galerías, realización de mapas GIS y esquemas digitales, catedo, supervisión en interior mina, administración y de gestión.

#### **3.1 Toma de datos y recorrido general**

##### **3.1.1 Toma de datos estructurales**

Para describir la orientación de un plano geológico matemáticamente se necesitan dos (o tres) propiedades: Rumbo, Buzamiento y Dirección de buzamiento. Estos datos son muy importantes para la caracterización estructural y geológica del depósito metálico (véase la Fig. 3.1).

El rumbo es la línea horizontal de un plano. El rumbo tiene dos direcciones de  $180^{\circ}$  de diferencia. El buzamiento es el ángulo entre el plano y un plano horizontal. El buzamiento de un plano horizontal es  $0^{\circ}$  y de un plano vertical es  $90^{\circ}$ . La dirección de inclinación o dirección del buzamiento es la dirección hacia donde se inclina un plano (es la proyección horizontal de la línea de máximo pendiente).

### *Medición y lectura del azimut*

Se mide la dirección de la línea que resulta de la intersección del plano de la estructura con el plano horizontal imaginario y cuando la burbuja circular se encuentre equilibrada, es decir, en el centro. El azimut se lee directamente en el círculo graduado de la brújula y la aguja magnética actúa como indicador. El ángulo azimutal varía de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  comenzando desde el norte.

### *Medición y lectura del buzamiento*

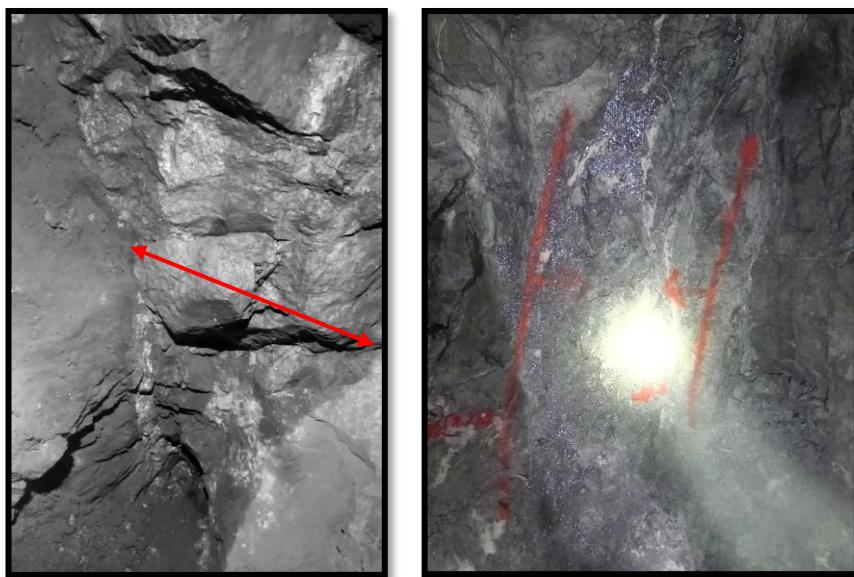
El buzamiento de un plano corresponde al ángulo que forma una de sus rectas de máxima pendiente con respecto a un plano horizontal y varía de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ . Para la medición, se ubica a la brújula de forma lateral y perpendicular al rumbo de la estructura, se mueve el clinómetro al rotar una manilla en la parte trasera de la brújula hasta que la burbuja del nivel tubular se encuentre equilibrada, es decir, en el centro.



*Fig. 3.1 Toma de datos estructurales en campo. Izquierda. Toma de datos en mapeo geológico superficial. Derecha. Toma de datos en el frente de labores subterráneas.*

### 3.1.2 Medición del ancho de vetas

La medición del ancho de la veta es de manera perpendicular a la estructura y a la línea de rumbo debido a que en esta dirección es la que mejor se acerca a la verdadera magnitud del ancho de la estructura (véase la Fig. 3.2).



*Fig. 3.2 Correcta medición del ancho de veta, de manera perpendicular. Izquierda. Espesor de la veta Petter. Derecha. Espesor de estructura mineralizada en el Nivel 1.*

### 3.1.3 Reconocimiento de las operaciones mineras

Se realizó un recorrido por las labores subterráneas, galerías y subniveles (véase la Fig. 3.3). El conocer los procesos dentro del ciclo minero de producción es muy importante, ya que permite implementar mejoras en tales procesos para aumentar la producción y la seguridad, gestionar el tiempo y adquirir experiencia profesional.

Los procesos del ciclo minero que se aplican a esta unidad minera son:

#### *Desatado de rocas*

Se realiza el desatado antes y después de la voladura, mínimo dos trabajadores realizan esta actividad con el uso de la barreta de desatado. En las labores de Cuprífera I, el

tiempo de desatado es de 3 minutos en promedio, variando hasta 15 minutos de duración.

#### *Limpieza de carga*

Se realiza entre dos o tres personas, con el uso de carros mineros. Esta actividad es esencial para que posteriormente se pueda hacer la perforación y avance del frente de producción. El tiempo de limpieza es de 1 h en promedio debido a la baja capacidad del carro minero que se tiene.

#### *Perforación*

Luego de la limpieza, se diseña la malla de perforación de acuerdo con el criterio geomecánico (grado de fracturación, tipo de roca) y al número de explosivos, luego se perfora con el uso de la perforadora Jackleg YT. En el frente de producción se perfora entre 23 a 28 barrenos, dependiendo del frente, de la veta y del número de explosivos. El tiempo de perforación es de 1.30 a 2 h, dependiendo de la experiencia del perforista.



Fig. 3.3 Reconocimiento del proceso de perforación.

#### *Voladura*

Luego de la perforación, el perforista realiza el armado de los explosivos, utilizando dinamita, fulminante como iniciador y nitrato de amonio como agente. (véase la Fig. 3.4). Este proceso es muy importante para el avance y la forma de la sección de la labor influye en la dilución de la ley. El tiempo de la voladura es de 10 minutos en promedio.



Fig. 3.4 Dinamita y mecha rápida con fulminante (cebo)

### *Transporte*

El transporte de mineral se realiza mediante un sistema de winche, compuesto por un motor, poleas y el barril de 1 TM de capacidad. Se transporta mineral desde el canchal del primer nivel hasta el canchal de la zona de winche, un desnivel de aproximadamente 300 m. El tiempo de transporte de mineral mediante winche es de 4 minutos en promedio. En el canchal de la zona de winche, se llenan los sacos mineros y se acarrea con una camioneta con una capacidad de 25 sacos de 80 kg cada uno. Los sacos de mineral son apilados en la zona de acopio que posee la empresa, lugar donde puede llegar volquetes de capacidad 34 TM o 42 TM para iniciar el transporte a las plantas en Nazca (Minex) donde se vende el mineral. El tiempo de transporte con la camioneta es de 20 minutos en promedio y el del volquete hasta la planta es aproximadamente 14 h (véase la Fig. 3.5).



Fig. 3.5 Transporte del mineral hacia la planta metalúrgica.

## **3.2 Levantamiento subterráneo de labores horizontales**

En el levantamiento de labores horizontales con brújula y wincha se realizó la medición de la posición del punto cercano a la bocamina mediante el GPS y se midió las distancias izquierda y derecha, perpendiculares a la wincha tensada (véase la Fig. 3.7).

### 3.2.1 Metodología del levantamiento con brújula y wincha

La metodología para el levantamiento de las labores horizontales (galerías y subniveles) utilizando brújula y wincha se muestra en la Fig. 3.6, donde es importante

señalar que según el detalle y la escala que se emplea, la periodicidad de la medición de distancias izquierda y derecha puede variar.

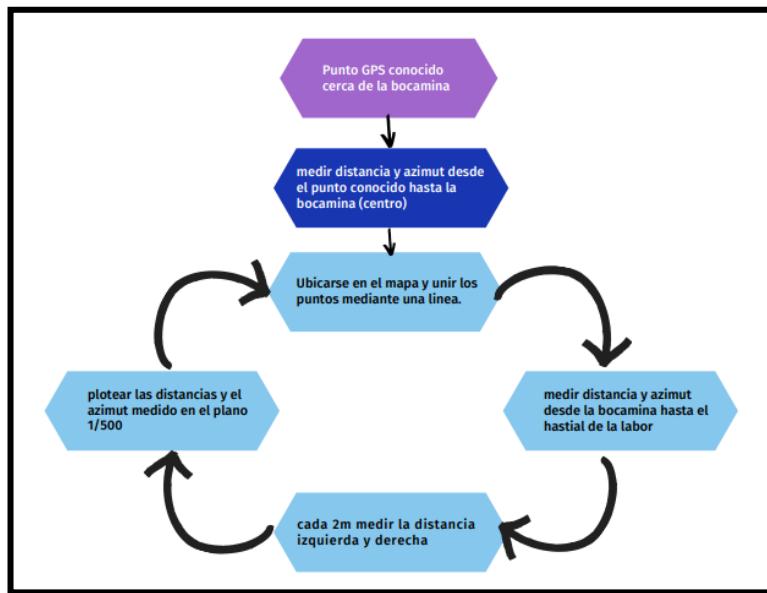


Fig. 3.6 Metodología para el levantamiento de labores horizontales.

#### *Resultados del estudiante*

Mediante el apoyo de dos colaboradores (véase la Fig. 3.7), se pudo hacer las mediciones según la metodología planteada. Se midió las distancias izquierda y derecha cada 2 m y se ploteo en el mapa a escala 1/500 (véase la Fig. 3.8).



Fig. 3.7 Levantamiento de labores horizontales

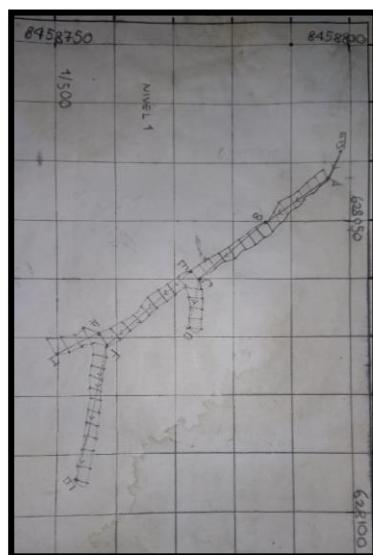


Fig. 3.8 Levantamiento del Nivel 1, labor cortada.

### 3.3 Cartografiado geológico superficial

#### 3.3.1 Puntos de observación geológica (POG)

El estudio de la zona se llevó a cabo mediante 13 puntos de observación geológica (POG), que están alrededor de las vetas productivas de la concesión minera y se observan en las Fig. 3.9 y Fig. 3.10.

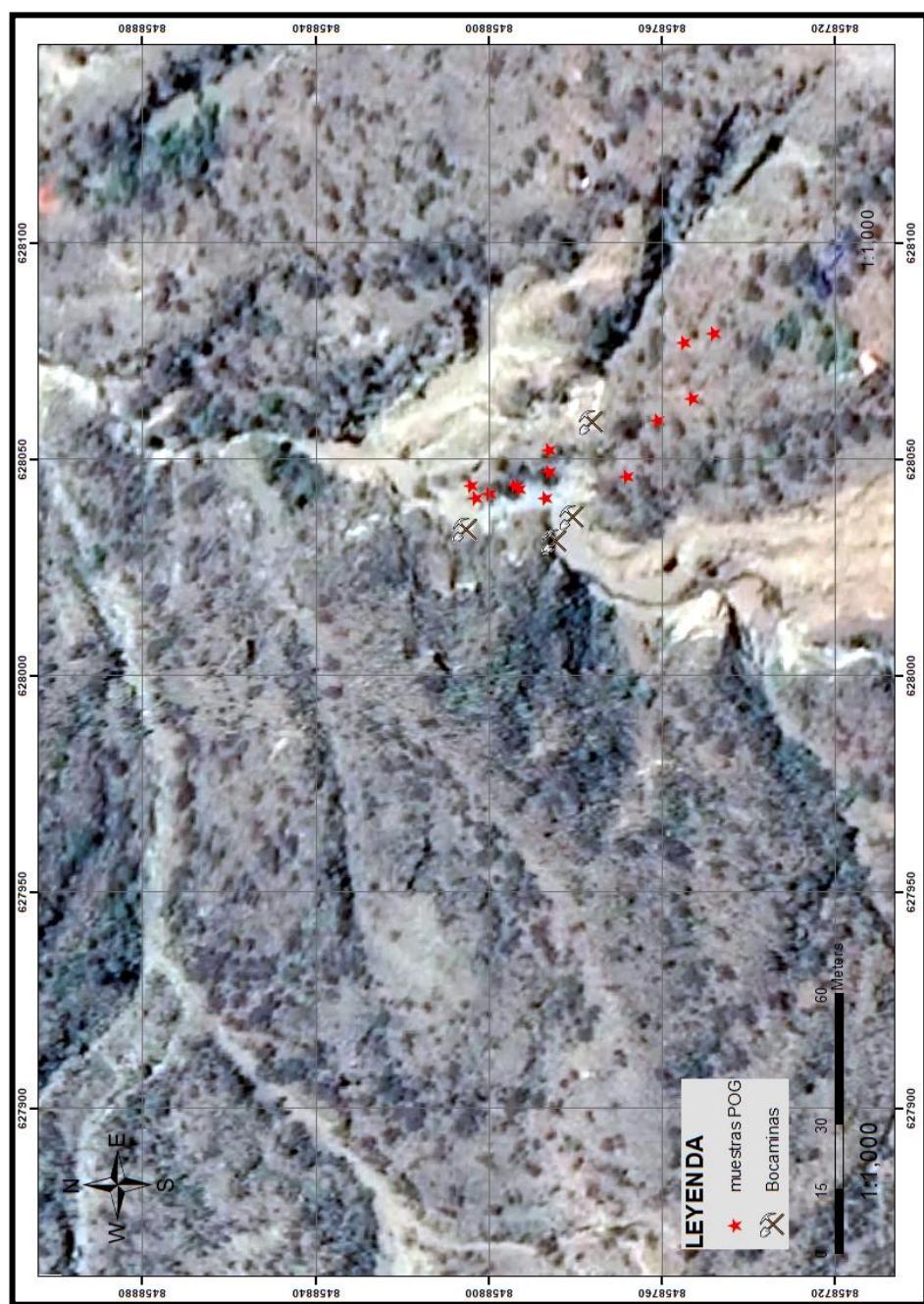


Fig. 3.9 Ubicación de los puntos de observación geológica (POG-muestras).



*Fig. 3.10* Puntos de observación geológica. Izquierda. POG-3. Derecha. POG-12.

### 3.3.2 Descripción petro-mineralógica de las muestras

Seguidamente se realiza la descripción de las litologías presentes en el área de estudio:

#### *Metasienogranito*

Es la roca más abundante en la concesión minera, presenta textura granofídica holocristalina de color claro, con ligero bandeamiento gnéisico y con blastos de cuarzo y ortosa (véase la Fig. 3.11). La ortosa puede llegar a tener una longitud de hasta 6 mm.

*Fig. 3.11* Muestra del POG-3.

Roca ígnea intrusiva de grano medio, compacta, color blanco grisáceo (con zonas verdes oscuras) con tinte amarillento, textura fanerítica holocristalina de grano medio con blastos de ortosa. Compuesta de cristales de ortosa, ferromagnesianos, cuarzo, plagioclasa, pirita y óxidos. Presenta alteración clorítica y de oxidación supérgena. Bandeamiento gnéisico ligero. Roca predominante en la concesión.



### *Metacuarzosienita*

Dentro de la concesión minera, aflora solo en dos lugares de poca extensión, presenta textura holocrystalina, color rojo a rosado claro por la mayor cantidad de ortosa, ligeramente bandeados y con presencia de magnetismo (véase la Fig. 3.12).



*Fig. 3.12 Muestra del POG-6.*  
Roca ígnea plutónica de grano medio a fino, compacto, color blanco rosáceo con tinte verduzco, textura fanerítica holocrystalina. Compuesta de cristales de ortosa, cuarzo, plagioclasa, máficos y arcillas. Presencia de pirrotita y pirita. Alteración argílica y clorítica. Aflora en pequeñas áreas en la concesión minera.

### *Porfidoandesita – Andesita*

Esta roca aflora como diques tabulares y como intrusiones horizontales, a veces caótica, presenta coloración verdosa oscura y tamaño de grano variable, presenta una textura variable entre microporfídica y afanítica (véase la Fig. 3.13). Presenta cloritización y granos de cuarzo cerca del contacto con los metagranitoides.



*Fig. 3.13 Muestra del POG-10.*  
Roca ígnea de grano muy fino a fino, muy compacta, de color verde oscuro, de aspecto subvolcánico con textura microporfídico. Compuesto de ferromagnesianos, plagioclásas, cuarzo, pirita y óxidos de hierro. Alteración sericitización y cloritización. Aflora como diques y posibles apófisis.

### *Brecha de intrusión*

Esta roca se presenta en los contactos entre los diques andesíticos y los metagranitos, presenta una textura brechosa con clastos de metagranitoides y matriz andesítica (véase la Fig. 3.14).

*Fig. 3.14 Muestra del POG-11.*

Roca de matriz porfidoandesítica y fragmentos graníticos de grano medio a fino y de color blanco cremoso con tinte verdoso, compuesto de cristales de cuarzo, ortosa, plagioclasa, ferromagnesianos, pirita y óxidos. Presencia de blastos de ortosa y alteración argílica leve. La matriz está compuesta de plagioclasas, ferromagnesianos, pirita, calcopirita y cuarzo. Se localizan en los bordes de los diques porfidoandesíticos.



### 3.3.3 Metodología del cartografiado geológico

El cartografiado geológico en la concesión minera, alrededor de las vetas productivas, se realizó con los materiales listados en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1

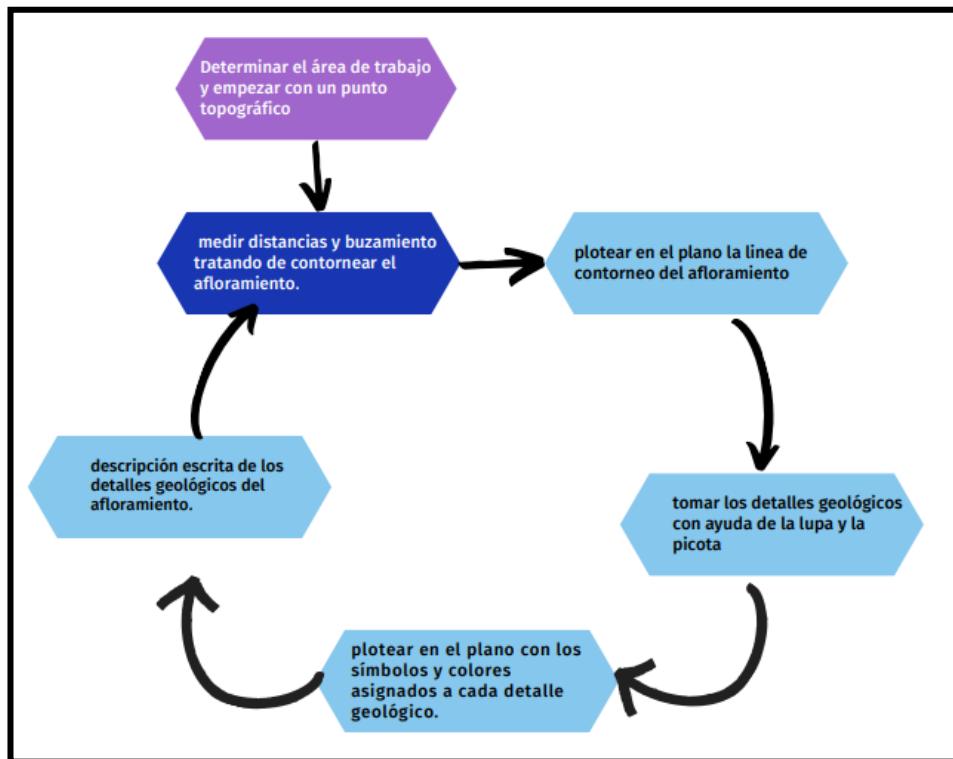
*Materiales para el cartografiado geológico superficial*

Materiales			
1	Plano de ubicación	9	Wincha de 50 m
2	Plano del área de trabajo	10	Martillo de Geólogo (Picota)
3	Tablero para formato A3	11	brújula Brunton o similar
4	Lápices de colores	12	Lupa de 10x
5	Borrador blanco	13	GPS
6	Plumón de tinta indeleble (Marcador)	14	Radio para comunicaciones
7	mochila o morral		
8	Protractor de escala adecuada		

En la Fig. 3.15 se presenta los procedimientos aplicados en el proceso de cartografiado geológico, que se detallan a continuación.

1. Inspeccionar de forma general el área a mapear y estimar el tiempo de ejecución.

2. Empezar con un punto topográfico levantado en el campo (de existir) de lo contrario tomar un punto con GPS.
3. Extender la wincha desde el punto de inicio (A) a otro punto (B) tratando de contornear el afloramiento y tomar la distancia, luego tomar la dirección (Rumbo) entre los dos puntos con ayuda de la brújula.
4. Con los datos obtenidos se procede a plotear en el plano la línea de contorneo entre ambos puntos.
5. Una vez cerrado el afloramiento se procede a tomar los detalles geológicos (tipo de roca, alteraciones, mineralogía, porcentaje de óxidos, fracturas, fallas, texturas) con ayuda de la lupa y la picota.



*Fig. 3.15 Metodología del cartografiado geológico superficial.*

6. Una vez obtenidos todos los datos se plotea en el plano con los símbolos y colores asignados a cada detalle geológico. Se acompaña una descripción escrita.

7. Se repite los pasos anteriores con los otros afloramientos restantes hasta cubrir el área asignada.
8. Acabado el trabajo de campo se procede a confeccionar los planos de forma integral en las versiones que sea necesario (manual o digital).

#### *Resultados del estudiante*

Una vez recogidos los datos estructurales, mineralógicos, de alteración y textura, se digitaliza en el software ArcGIS para su posterior presentación (véase la Fig. 3.16).

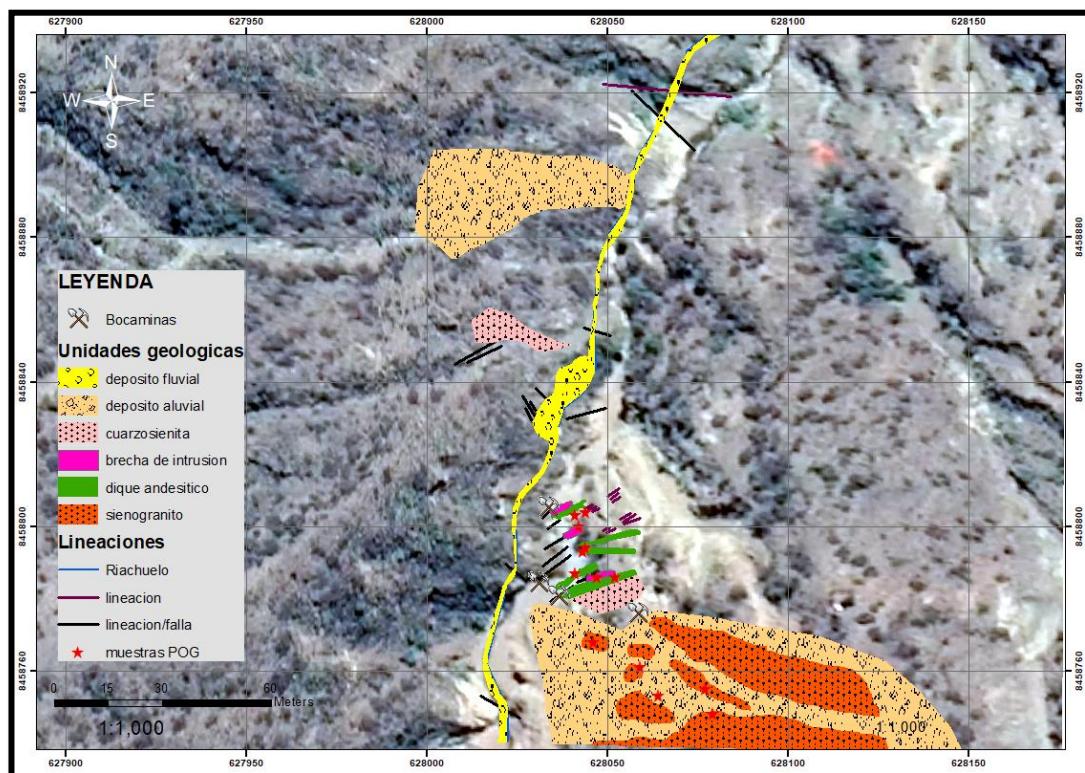


Fig. 3.16 Mapa geológico superficial fáctico a escala 1/1000 digitalizado en ArcGIS.

### 3.4 Cartografiado geológico subterráneo

#### 3.4.1 Metodología del cartografiado subterráneo

Para el cartografiado subterráneo se plantea una serie de pasos a considerar con el objetivo de sistematizar esta actividad (véase la Fig. 3.17).

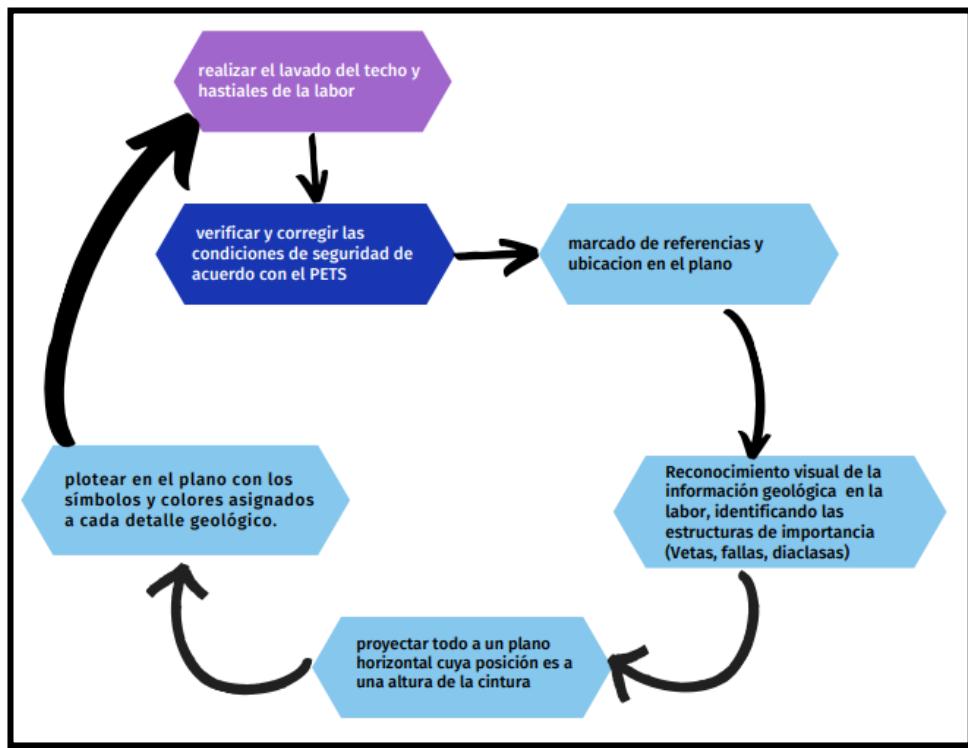


Fig. 3.17 Metodología del cartografiado subterráneo geológico y de vetas.

#### *Resultados del estudiante*

Se realizó el cartografiado geológico subterráneo de la entrada de la bocamina del Nivel 1 y en la galería este de la veta Cortada (véase la Fig. 3.18).

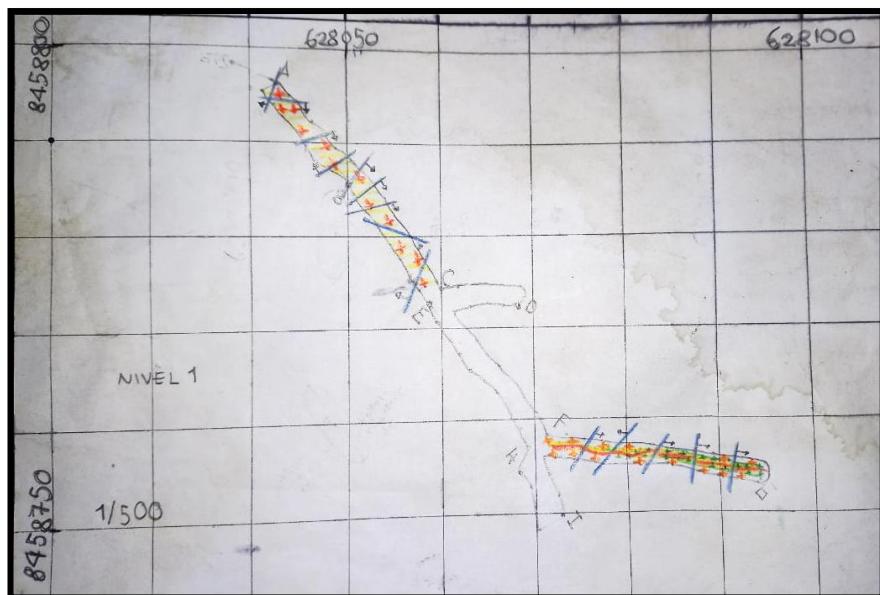


Fig. 3.18 Cartografiado geológico en el Nivel 1, Veta Cortada.

### 3.5 Realización de mapas GIS y esquemas digitales

En la realización de mapas digitales se descargó imágenes satelitales de la concesión minera, datos geológicos de repositorios públicos y datos del trabajo de campo, realizándose mapas de la ubicación de la concesión minera, mapa de componentes mineros (véase la Fig. 3.19), mapa de ubicación de las labores en producción, y mapas geológicos (véase la Fig. 3.20) en base a la digitalización en ArcGIS del cartografiado local realizado. Además, se realizó esquemas geológicos de los frentes de las galerías con el software AutoCAD (véase la Fig. 3.22).

#### *Resultados del estudiante*

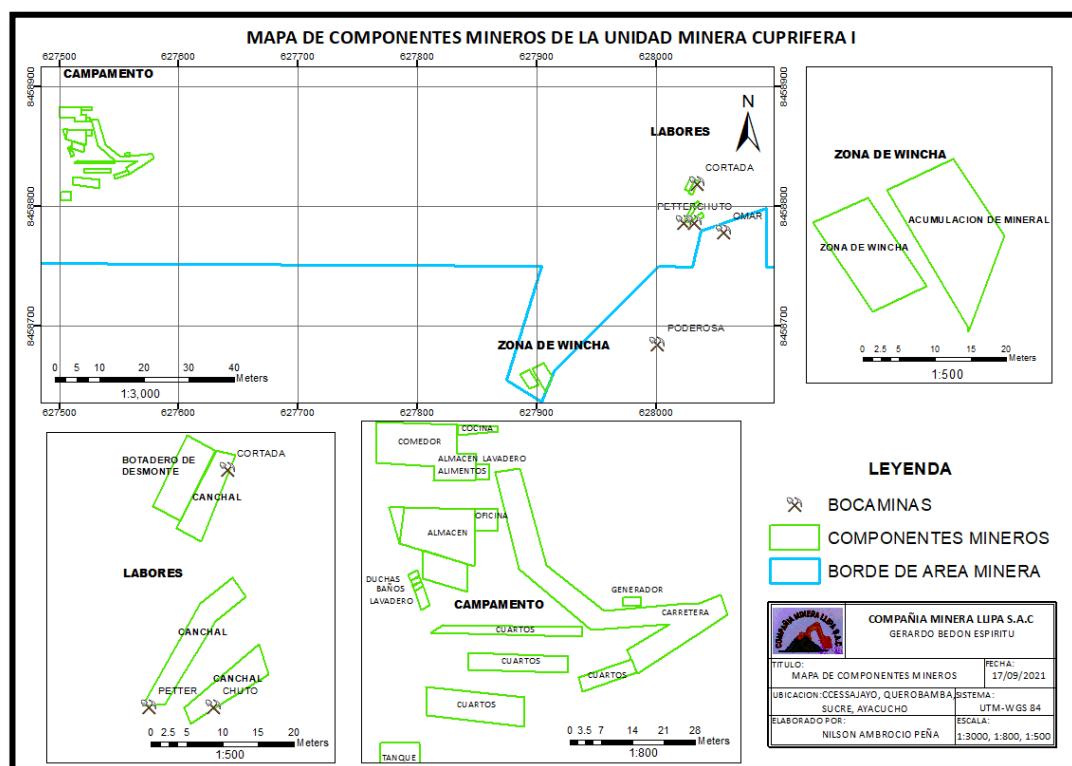


Fig. 3.19 Mapa de componentes mineros de la concesión Cuprífera I.

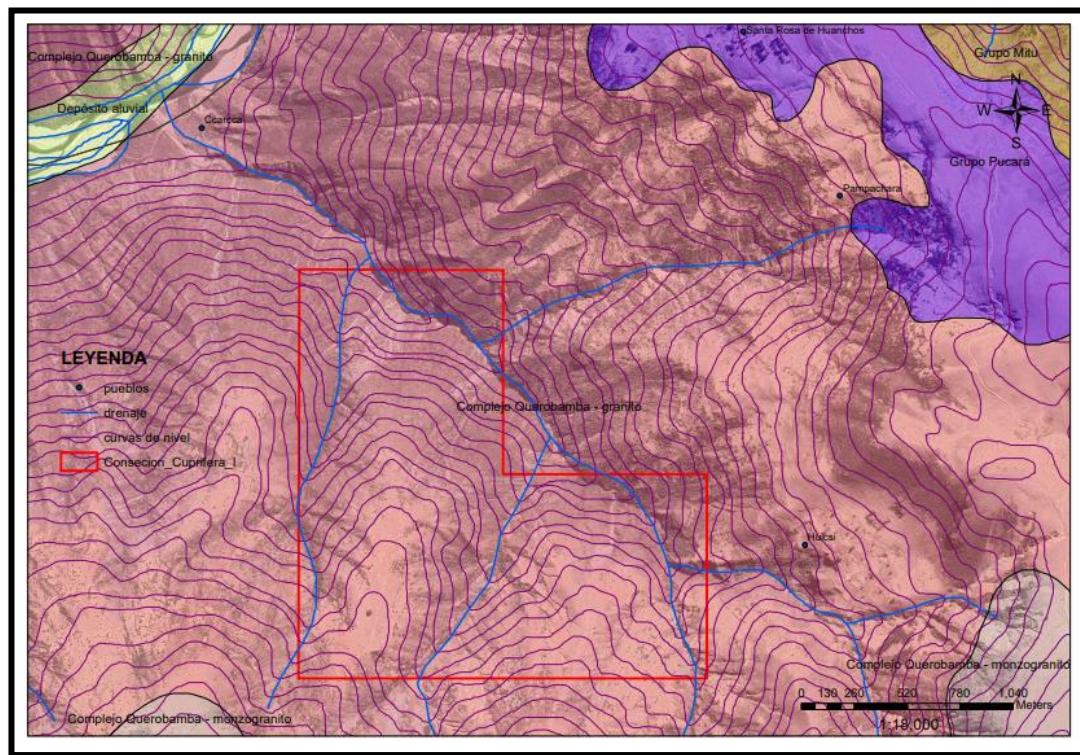


Fig. 3.20 Mapa geológico de la concesión minera según INGEMMET-GEOCATMIN.

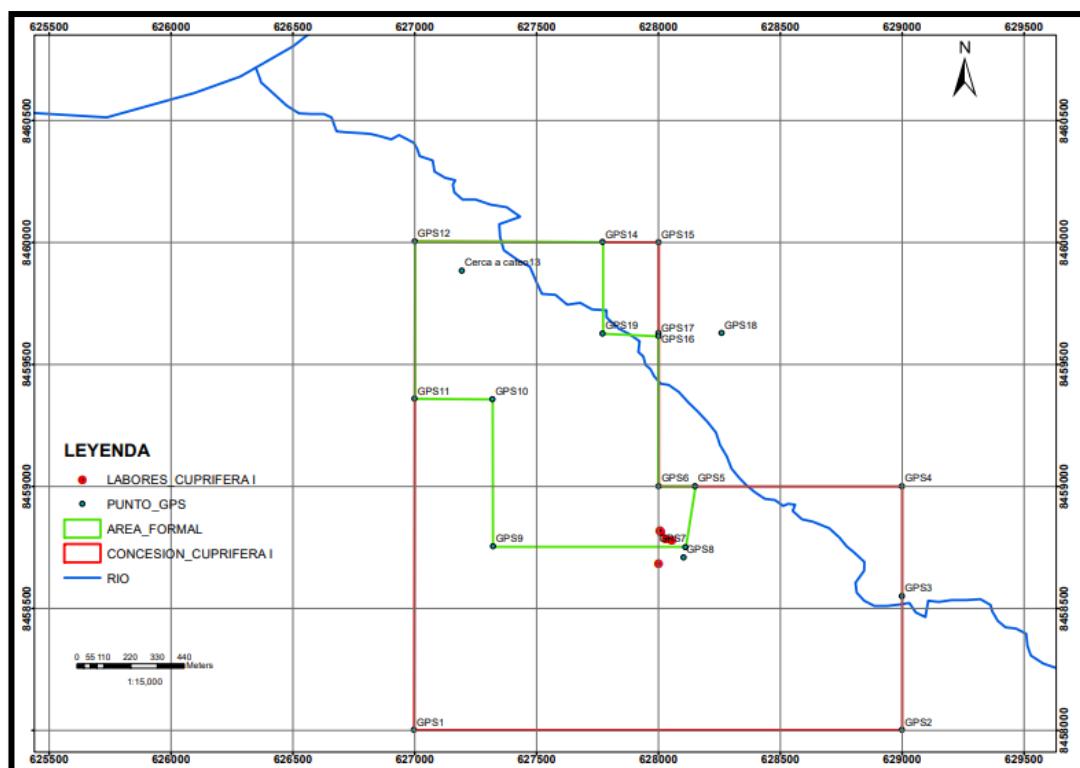


Fig. 3.21 Mapa de la concesión minera mostrando los ríos y los puntos vértices de la concesión minera (modificado de Minera Petter, 2018).

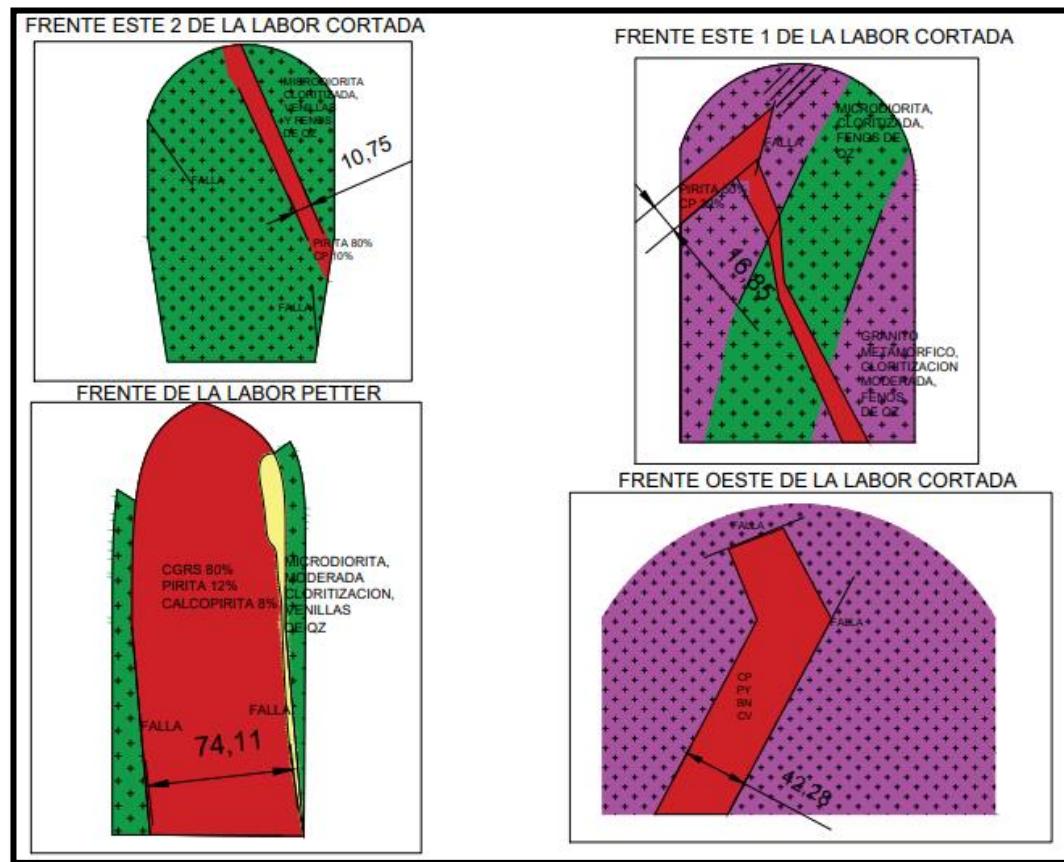


Fig. 3.22 Esquemas geológicos de los frentes de las galerías principales.

### 3.6 Supervisión geológica y coteo

#### 3.6.1 Supervisión geológica y en seguridad

En la supervisión geológica se realizó el correcto seguimiento de las vetas en las galerías y subniveles, el control de la dilución y la supervisión con relación a la seguridad de los trabajadores. Se realizó informes de carga mineral y de la potencia de las vetas (véase las Fig. 3.23 y Fig. 3.24).



*Fig. 3.23 Labor con carga mineral en el frente de la labor Petter.*



*Fig. 3.24 Veta de sulfuros de cobre en el frente de la labor Petter.*

### 3.6.2 Prospección y cateo

En el reconocimiento de nuevas vetas mediante la exploración local y cateo, se buscó indicios de mineralización de sulfuros de cobre en las laderas y en las quebradas, mediante el cateo se descubrió una nueva veta de sulfuros de cobre (véase la Fig. 3.25) al norte de las vetas que están en producción.



*Fig. 3.25 Muestra de mano con mineralización de cobre*

## 3.7 Gestión y administración del campamento

Se administró temporalmente el almacén, se gestionó la planilla y el contrato de los trabajadores (véase la Fig. 3.26). En la gestión y administración del campamento (véase la Fig. 3.27) se realizó las charlas matutinas de seguridad y producción, así como también el trato con representantes de labores artesanales vecinos y con autoridades del DREM de la región de Ayacucho.

*Fig. 3.26 Planilla de los colaboradores.*



Fig. 3.27 Izquierda. Campamento minero de la concesión Cuprífera I. Derecha. Zona de acopio de mineral

### **3.8 Resultados del trabajo del estudiante**

Se investigó acerca de trabajos anteriores en el Complejo Querobamba y cerca de la concesión minera y se siguió una serie de pasos para realizar la interpretación de la geología local y regional del área de estudio (véase la Fig. 3.28).

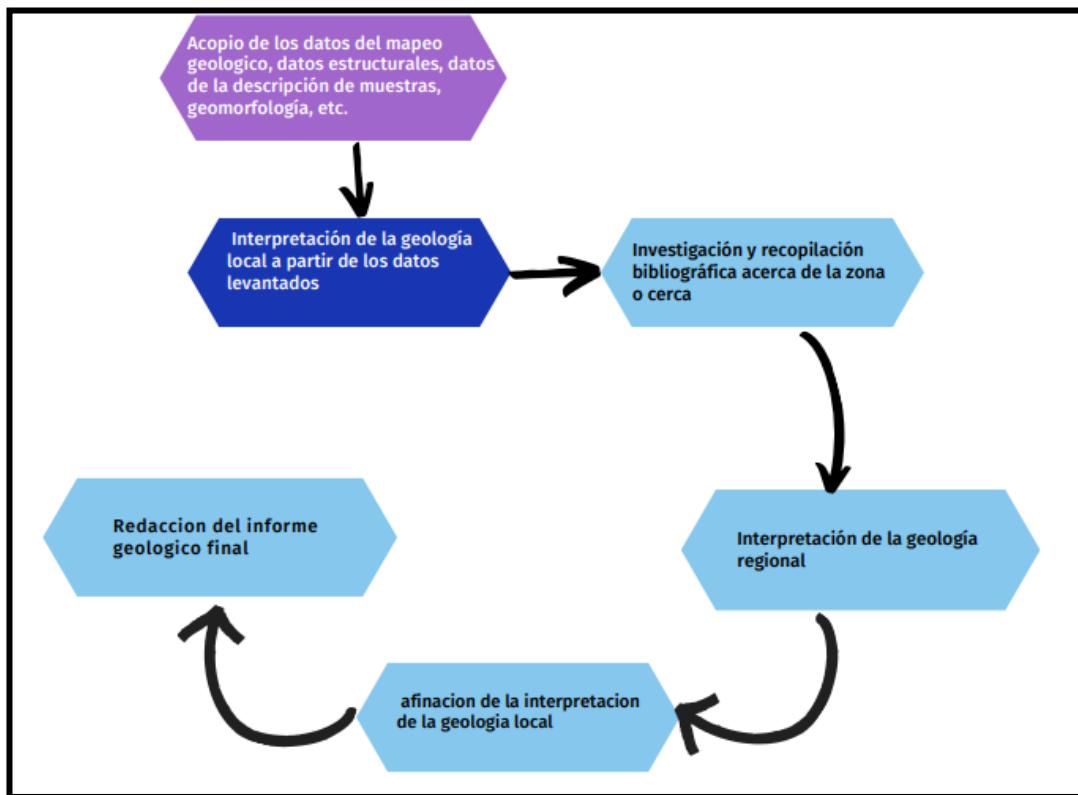


Fig. 3.28 Metodología para la interpretación del tectonismo y geología regional.

### 3.8.1 Interpretación del tectonismo y la geología regional

#### *Fases tectónicas*

Durante el Pre Cambriano tardío, el emplazamiento del Complejo de Querobamba estuvo influenciado por las fases tectónicas compresivas precambrianas, que dio origen al emplazamiento de magma alcalino a una profundidad (posiblemente) mayor a 2 km, originando un ligero bandeamiento y blastesis producto del metamorfismo regional.

Durante el rango de tiempo entre el Pre Cambriano hasta el Cretácico superior, las fases tectónicas Eohercínica (caracterizada por ser una tectónica de compresión WNW-ESE que da lugar a plegamientos y a un metamorfismo regional) y Tardihercínica (tectónica de ruptura que da lugar a numerosas fallas de dirección NW-SE, a lo largo de las cuales se levantaron bloques) afectaron al Complejo Querobamba,

originando lineamientos y fallas de dirección NW-SE. Además, influenciaron en el levantamiento tectónico continuo del macizo de Querobamba.

Durante el Pérmico-Triásico inferior el área estuvo afectada por el levantamiento tectónico, que se evidencia por los conglomerados graníticos del Grupo Mitu (Permo-triásico). Conjuntamente al levantamiento tectónico, la denudación actuó intensamente y formó una superficie de erosión entre el Grupo Mitu y los intrusivos del Complejo Querobamba.

Durante el Cretácico superior al Plioceno, el emplazamiento de los apófisis dioríticos y diques porfiandesíticos estuvo influenciada por la tectónica de levantamiento a finales del Jurásico medio y comienzos del superior (este levantamiento determina en el centro y norte del Perú la definitiva separación en dos cuencas: una noroccidental y la otra oriental), por la fase Peruana (los levantamientos que se insinuaban en el Cretácico inferior se hacen definitivos después del Cenomaniano) e Incaica (se producen perturbaciones locales que culminan en el Eoceno terminal con fuerte deformación compresional), que permitieron el ascenso de magma de composición diorítica elongados en la dirección NE. En este periodo, el Complejo Querobamba ya se encontraba cercano a la superficie (textura microporfídica y afanítica de los diques), pero continuaba el levantamiento tectónico (INGEMMET, 1995).

El emplazamiento de las vetas estuvo influenciado por la liberación de fluidos hidrotermales a partir de nuevos pulsos magmáticos. Posteriormente, las rocas fueron afectadas por las fases Quechua (Mioceno- Pleistoceno) y por la tectónica reciente (Plio-Cuatemaría).

### *Geología estructural regional*

El área de estudio ha sufrido varias fases tectónicas ocasionando lineamientos, que tienen una interpretación estructural y se han sucedido durante épocas que vienen desde el Mesoproterozoico tardío, por lo que los efectos sobre las rocas preexistentes se superponen y enmascaran estructuras mucho más antiguas. En la zona han ocurrido distintos ciclos tectónicos, entre los que más resaltan están la orogenia Grenville-Sunsás del Mesoproterozoico (Miskovic et al., 2008), el ciclo Hercínico y el ciclo Andino.

Según Miskovic et al. (2009), existe una fábrica orientada con rumbo WNW encontrada en el conjunto de intrusivos Querobamba de la región oriental de Sucre, este tiene la misma orientación que los lineamientos WNW presentes en la concesión y que coinciden con la dirección de las vetas.

En la Fig. 3.29 se observa que al suroeste se manifiesta una tectónica compresiva, que está reflejado en las fallas inversas semi paralelas y en un acortamiento de la corteza evidenciada por pliegues y estructuras direccionadas.

La tectónica predominante en el Complejo Querobamba es extensiva debido a la presencia de fallas normales de dirección NW con buzamientos hacia el NE.

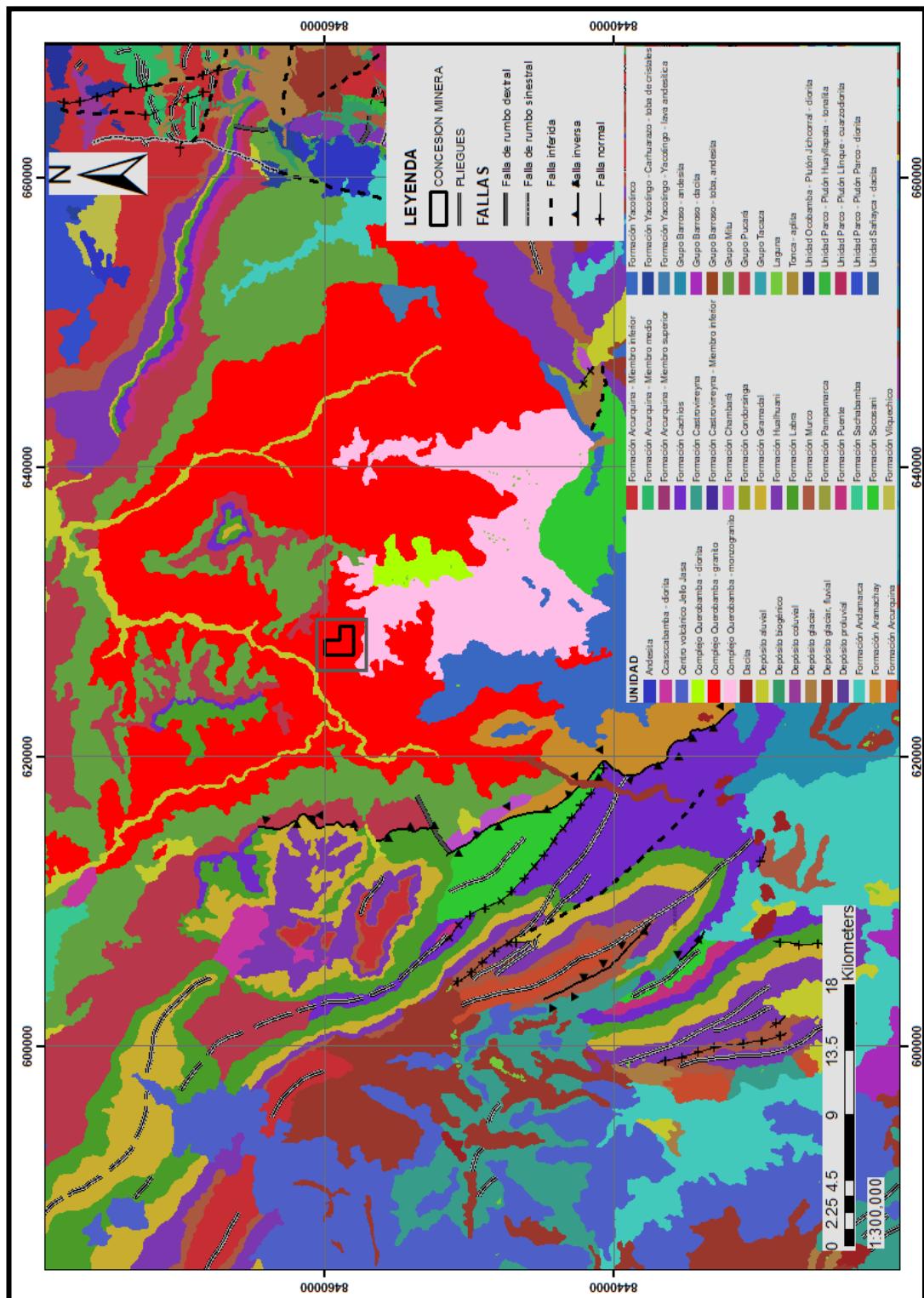


Fig. 3.29 Mapa geológico regional, entre los cuadrángulos 28o y 29o. (INGEMMET-GEOCATMIN)

### 3.8.2 Geomorfología de la concesión minera

La morfología del terreno muestra cerros con tope promedio de 3400 m.s.n.m y valles a 3000 m.s.n.m. aproximadamente. Los cerros están disectados por quebradas y ríos que erosionan las rocas circundantes y originan un perfil trasversal en forma de “V” (véase la Fig. 3.30). Además, a 10 km al sur de la concesión minera se observa erosión glaciar debido a las rocas aborregadas y valles en forma de “U”.

Los flancos de las estribaciones andinas son poco a moderadamente suavizadas y la pendiente de las laderas varía entre 45° y 75°. La cima de los cerros es relativamente plana y suavizada, son buenas zonas de pastoreo, de cultivo y para el asentamiento de centros poblados (véase la Fig. 3.31).

El cauce del río Seccejayo está dominado por una serie de cascadas subverticales de 10 a 50 m de desnivel, que muestran la importancia del factor estructural dominante en la zona de estudio. La forma del drenaje es dendrítica a subparalela en la zona de estudio.



Fig. 3.30 Valles en forma de “V” debido a la erosión fluvial.



*Fig. 3.31 Morfología de las estribaciones andinas en la concesión minera, partes altas casi planas y suavizadas, laderas empinadas, quebradas que disectan a los cerros.*

### 3.8.3 Hidrogeología

El río principal es el río Pampas, situado en la parte superior izquierda de la imagen satelital, fluye en dirección SW-NE. El río de segundo orden en el mapa satelital de la Fig. 3.32 es el río Querobamba, situado en la parte central de la imagen, que fluye en dirección SE-NW. Los flujos de agua de tercer orden se ubican tanto en la parte inferior y superior de la imagen, descargan sus caudales al río Querobamba. Uno de estos flujos de agua es el río Seccejayoc, que fluye aproximadamente con dirección S-N. El caudal de este río afluente de segundo orden es pequeño, alrededor de 3 L/s, considerándose un riachuelo. Posee una forma de drenaje del tipo subparalelo a dendrítico como se muestra en la imagen satelital (véase Fig. 3.32).

En la zona de estudio predomina el acuífero fracturado, con moderada a baja permeabilidad, formados por la fracturación y el fallamiento de las rocas ígneas presentes, que son metasienogranito, metacuarzosienita y porfidoandesitas. Dado que el clima es semiseco y está rodeado de cabeceras de microcuenca (véase la Fig. 3.32), la principal recarga de los ríos es la precipitación y, en épocas secas el agua subterránea contribuye a mantener el caudal del riachuelo.

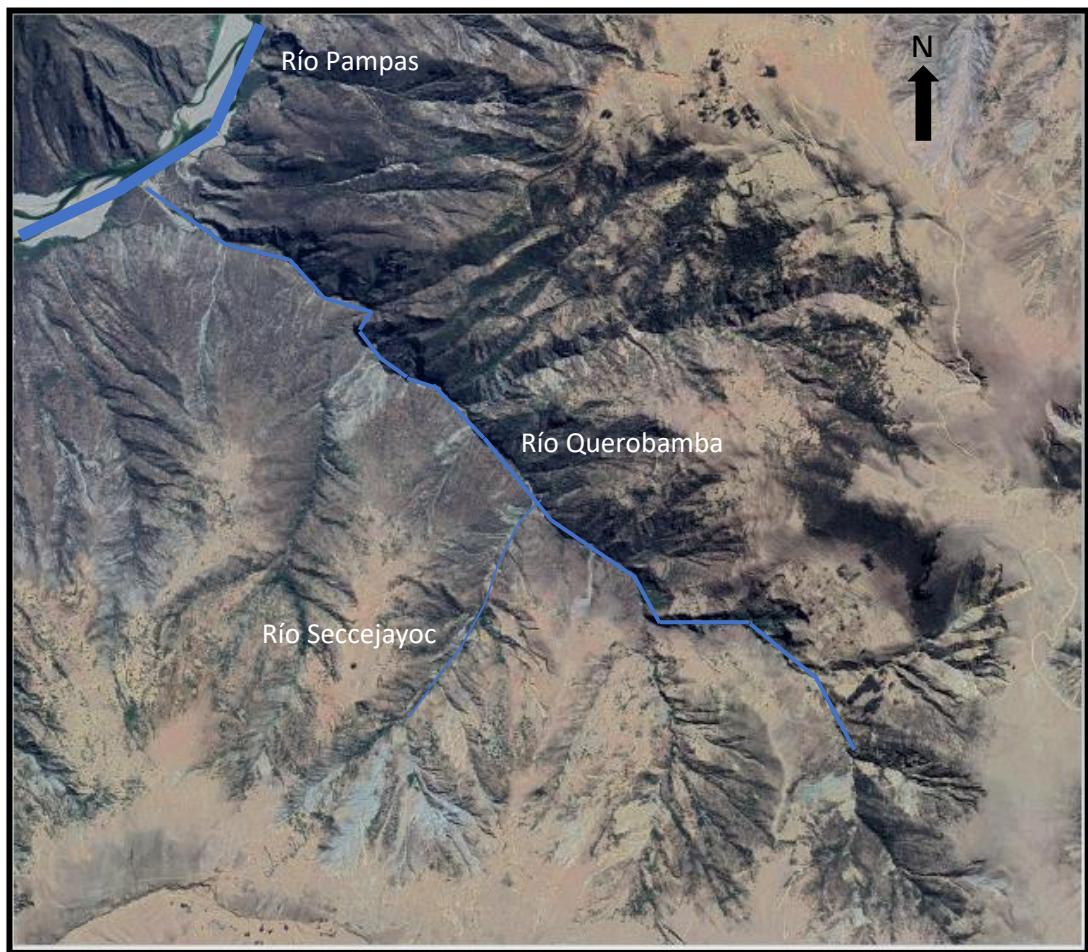


Fig. 3.32 Mapa satelital regional de la zona de estudio. Se muestra un drenaje dendrítico y subparalelo.

El nivel freático se encuentra por encima del nivel del riachuelo, existiendo una diferencia de altura piezométrica que permite el flujo subterráneo desde el acuífero hacia el riachuelo.

En general, la ocurrencia de agua subterránea en la concesión minera está muy relacionada a estructuras geológicas como fallas, diaclasas y zonas de corte que conforman los principales conductos del agua subterránea (permeabilidad secundaria).

Gran parte del macizo rocoso en la concesión minera se encuentra semiseco presentando algunas filtraciones provenientes de las discontinuidades geológicas (fallas, zonas de corte y diaclasas).

### 3.8.4 Geología local

La litología corresponde principalmente a metagranitos de grano medio cuyos componentes principales son ortosa, cuarzo, plagioclasas y ferromagnesianos, intruídos por diques porfidoandesíticos a andesíticos. Se diferencian principalmente metasienogranitos, porfidoandesitas, brechas y metacuarzosienitas (véase la Fig. 3.33).

Las rocas metagraníticas han sufrido metamorfismo regional debido a su incipiente bandeamiento (desarrollo incipiente de estructura gneisoidal) y a la presencia de blastos de ortosa y cuarzo. Los depósitos cuaternarios cubren parcialmente a estos afloramientos rocosos y principalmente son depósitos aluviales y fluviales (véase la Fig. 3.33).

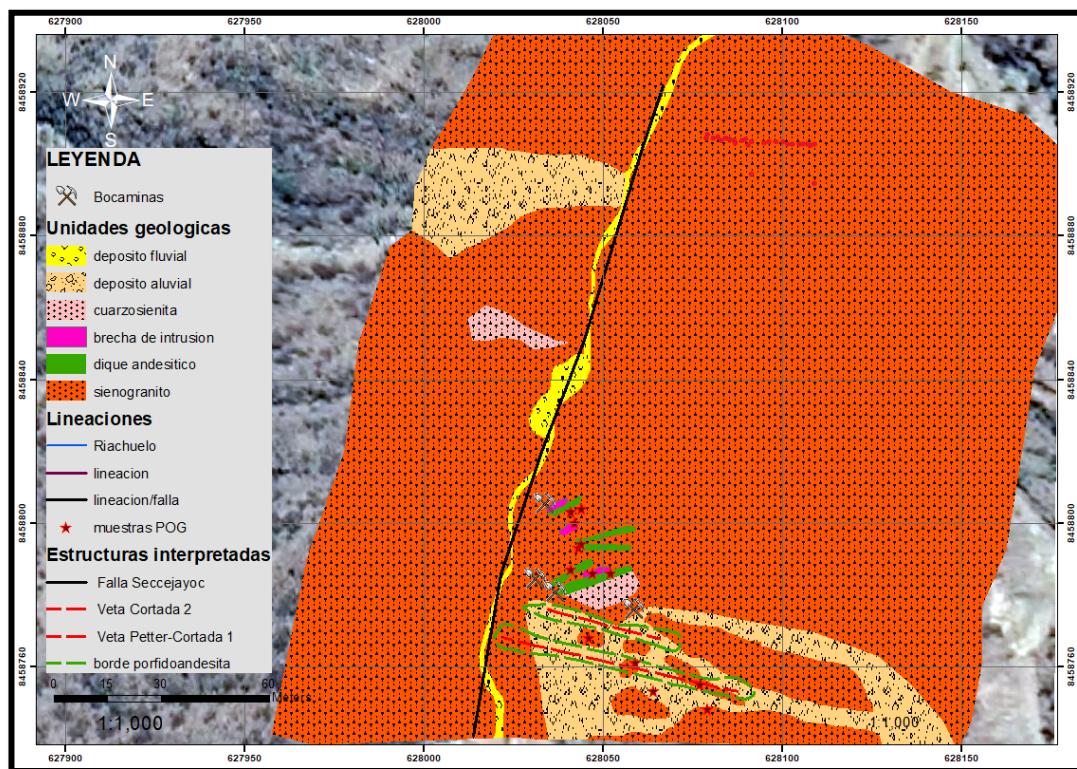


Fig. 3.33 Mapa geológico interpretado a escala 1/1000 de la zona de estudio.

El mapa geológico de la zona de estudio comprende rocas ígneas correspondientes al macizo de Querobamba, en el área afloran rocas de tipo metasienogranito,

metacuarzosienita, andesita porfirítica, porfidoandesita, brechas de intrusión de matriz andesítica y depósitos cuaternarios de origen fluvial y aluvial.

Las rocas cuarzosieníticas intruyen al metasienogranito en zonas puntuales y están en contacto de fallas y diaclasas, los diques pórfido andesíticos a andesíticos intruyen al metasienogranito y metacuarzosienita, las brechas de intrusión están al borde de los diques pórfido andesíticos. Los depósitos aluviales están compuestos de clastos de metagranitos subangulosos a angulosos producto de la meteorización y poseen una matriz arenolimosa, los cuales se ubican en laderas menos escarpadas y tienen un grosor de 0.5 m a 2 m.

La presencia de fallas y lineamientos representan el control estructural de la zona, donde la traza del río Seccejayoc representa una falla que se originó producto de la tectónica en extensión prevaleciente actualmente en la zona. Los lineamientos pequeños representan fallas más pequeñas que espacialmente se encuentran paralelas a la posición de los diques alargados en dirección NE.

La dirección de las estructuras mineralizadas es de WNW, debido a lineamientos que se ven en la imagen satelital de la Fig. 3.32 y en campo son fallas que cortan al río Seccejayoc perpendicularmente, originando cascadas con desniveles de hasta 50 m.

### 3.8.5 Interpretación de la historia geológica local

El metasienogranito del complejo Querobamba se emplazó en el Mesoproterozoico tardío a Neoproterozoico temprano (durante la orogenia Grenville), la falla de rumbo NNE producto del tectonismo afectó al metasienogranito, luego se originó la metacuarzosienita mediante el ascenso de magma a través de las zonas de debilidad originadas por la falla NNE (posiblemente generan las fallas más pequeñas de rumbo NE). Entre el Cretácico superior y el Paleógeno, se emplazó el conjunto de diques y

apófisis pórfito andesítico a andesítico de rumbo NE, generando fracturas a la roca caja metasienogranito y formando brechas de intrusión de matriz andesítica. Con el emplazamiento y enfriamiento de nuevos pulsos de magma en profundidad, se liberaron los fluidos hidrotermales que sufrieron el proceso de ebullición concentrando elementos económicos para su posterior precipitación llenando las fracturas y fallas de dirección ESE-WNW.

Las rocas intrusivas sufren metamorfismo leve debido a la presencia de ligeros bandeamientos gnéisicos y blastos de ortosa subhedral a euhedral, indicando una removilización de los fluidos con presencia de K y recristalización con aumento del tamaño de los cristales de ortosa. Véase la Fig. 3.34.

Debido a las lluvias torrenciales estacionales, se produce los aluviones, que erosionan y transportan los fragmentos meteorizados y se sobreponen parcialmente a las rocas ígneas de la concesión minera, que también son erosionados por corrientes fluviales.

### 3.8.6 Geología estructural

La estructura más importante (véase la Fig. 3.35) es la falla Querobamba que presenta un rumbo NW, es visible en afloramiento en una longitud de 4 km. Los lineamientos del mismo rumbo controlan la mineralización en vetas y posiblemente ha desarrollado un gran cimoide en profundidad. Las estructuras son producto de la fase Grenville, fase Hercínica, el Ciclo Andino y muchas fases extensivas. Es posible que la falla



Fig. 3.34 Bandeamiento incipiente y blastos de ortosa.

principal Querobamba sea una falla transtensional (debido a la tectónica extensiva actual), y la falla Seccejayoc y los lineamientos verdes fuesen resultado del arreglo estructural transtensional. El esfuerzo principal que dio origen a la abertura de las fracturas tiene la dirección de las vetas y de los lineamientos NW (líneas rojas). La falla principal se formó primero, las fallas Seccejayoc fue una estructura secundaria a partir de la falla Querobamba, luego se originó los lineamientos NW (fallas normales recientes debido a presencia de bloques en extensión y separadas por desniveles en “cascadas”) y de manera coetánea y/o posterior fueron afectados en algunas zonas por los esfuerzos que produjeron los lineamientos NE (estos fueron los últimos en originarse). El relleno de las fracturas y fallas de lineamiento NW (líneas rojas) se produjo probablemente de manera coetánea y algunos posteriormente a la formación de las aberturas (vetas sintectónicas).

Las vetas siguen la dirección de los lineamientos NW (líneas rojas en la Fig. 3.35), que se cortan con la falla Seccejayoc (líneas azules), delineado por el riachuelo del mismo nombre. La Falla Querobamba (FQ), delineado por el río del mismo nombre, es la estructura principal que gobierna el comportamiento estructural. Los lineamientos NE (líneas verdes) se presentan de forma marcada al norte de la falla Querobamba y aparecen en forma de fallas más pequeñas en el sur, afectando a los lineamientos NW y a la falla Seccejayoc.

En el centro de la concesión minera y a la izquierda del río Seccejayoc (véase la Fig. 3.35), las fallas normales y fracturas poseen un rumbo de N70°E y un buzamiento de 60° SE, estas fallas son de poca extensión y son la continuación de los lineamientos NE (líneas verdes).

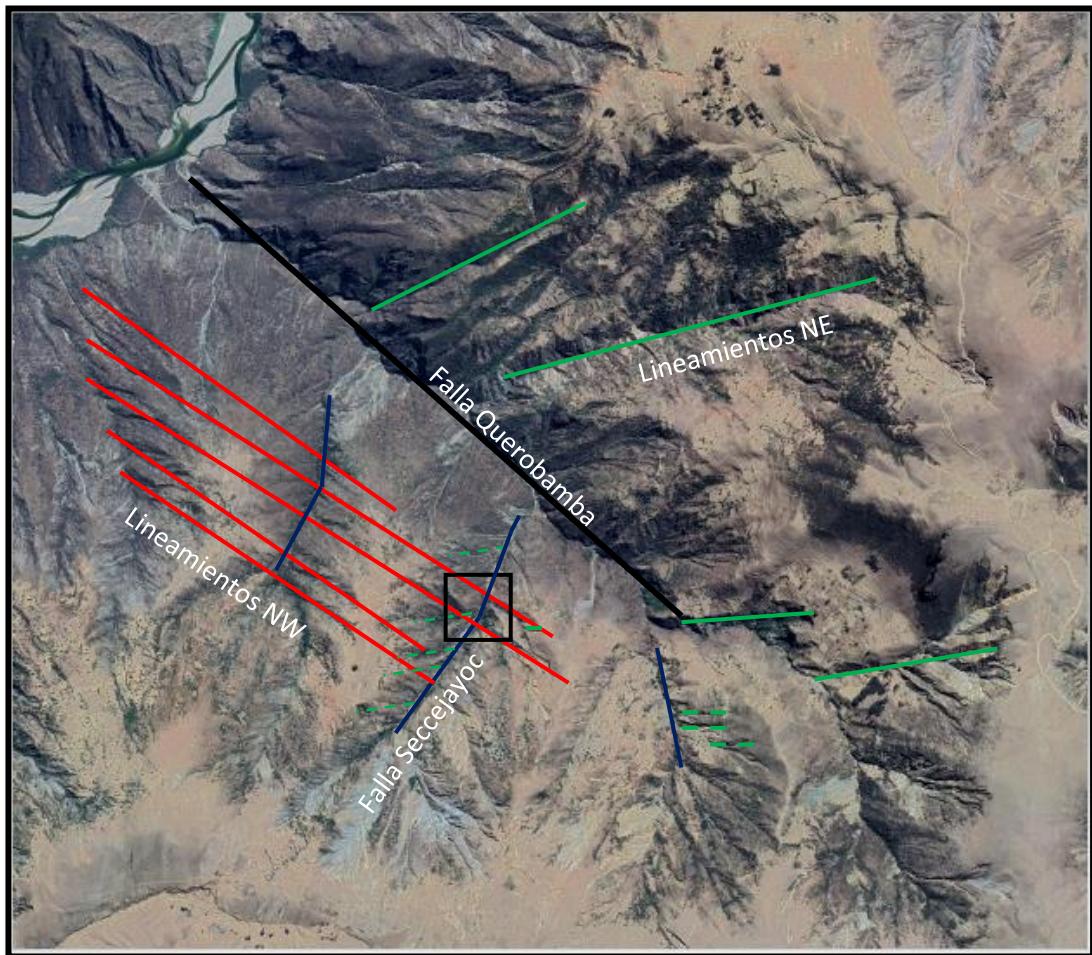


Fig. 3.35 Interpretación estructural de la zona de la concesión minera (cuadrado negro) y alrededores.

La zona superior de la imagen satelital es más escarpada, posee valles y quebradas más profundas y en mayor numero en comparación con la zona inferior de la imagen, denotando diferentes comportamientos estructurales, están separadas por la falla que demarca el río Querobamba.

En la Fig. 3.36 se aprecia el lineamiento que se refleja en la traza del río Querobamba y posee la misma dirección NW que las fallas normales identificadas y mapeadas al norte y sur de la zona. También se aprecia otra familia de lineamientos de dirección aproximadamente N-S, en la zona hay lineamientos de dirección NNE al noreste de la concesión minera, que se proyecta como el lineamiento del río Seccejayoc.

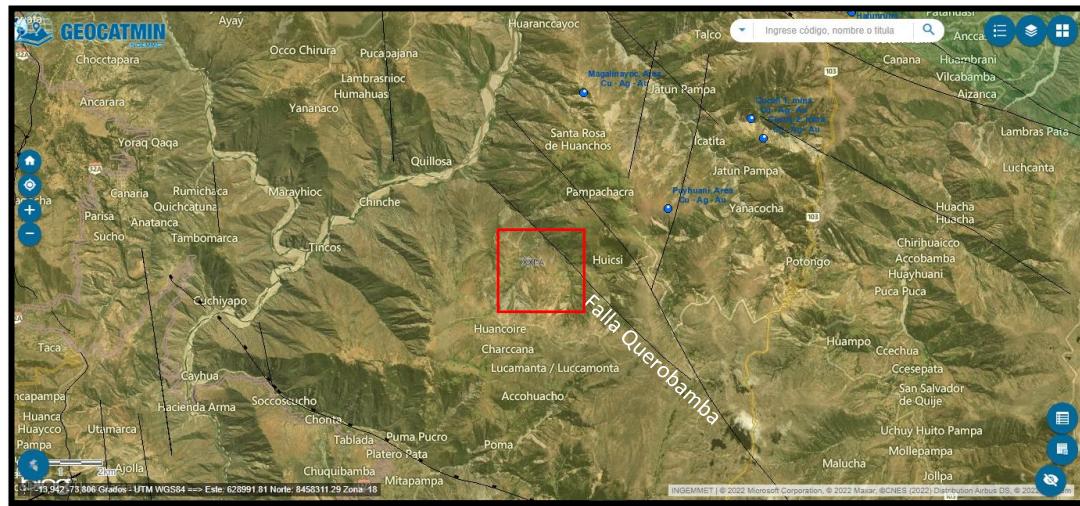


Fig. 3.36 Geología estructural de la zona de la concesión minera y alrededores (INGEMMET-GEOCATMIN)

### 3.8.7 Geología económica

Las estructuras mineralizadas principales son las siguientes:

Veta Cortada 1, es una estructura vetiforme que posee una potencia que varía de 0.02 m a 0.1 m (vetilla de forma sinuosa) y está reconocido en 27 m de galería subterránea, con un rumbo de S85°E y un buzamiento de 70° -75° SW, mineralógicamente compuesta de calcopirita, cobres grises, covelita, bornita, pirrotita, hematita, ortosa, cuarzo, pирita y emplazada en roca caja porfidoandesítica (dique de 1m de espesor).

Veta Cortada 2, es una estructura vetiforme que posee una potencia que varía de 0.1 m a 0.6 m (mayor potencia hacia el oeste) y está reconocido en 66 m de galería subterránea y subnivel, con un rumbo de S60°-80°E (S60°E hacia el oeste y S80°E hacia el este) y un buzamiento de 65°-70° SW, mineralógicamente compuesta de cobres grises, calcopirita, cuarzo, pирita y emplazada en rocas caja porfidoandesítica hacia el este y rocas caja granítica hacia el oeste (presenta vetillas ramales de 0.02 m de rumbo y buzamiento 065°/55°).

Veta Petter, es una estructura vetiforme que posee una potencia que varía de 0.25 m a 1 m (estructura en rosario) y está reconocido en 63 m de galería subterránea (disminuye la potencia hacia profundidad) y subnivel (aumenta la potencia), con un rumbo de S60°-80°E y un buzamiento de 60°-85° SW (subvertical en el subnivel y disminuye en la galería), mineralógicamente está compuesta de cobres grises, calcopirita, cuarzo, pirita y emplazada en roca caja porfidoandesítica argilizada ligeramente.

Veta Emilia, veta de 0.2 m-1.0 m de potencia, posee un rumbo de S65°-70°E con un buzamiento de 60-62° SW, emplazado en rocas caja porfidoandesítica, posee mineralización de buena ley compuesto principalmente de bornita, covelita, calcopirita y malaquita.

#### *Tipo de Mineralización*

La mineralización es hidrotermal, se presenta como relleno de fracturas, de intersticios y diseminación de cajas. Los cambios estructurales en el rumbo y buzamiento, así como el entrecruce de vetas y vetillas actuaron favorablemente para la formación de “bolsonadas”. Genéticamente es un yacimiento epigenético de alcance mesotermal a epitermal, depositado en condiciones de presión y temperatura moderadas de 200° a 300° C. El depósito mineral tiene vetas (principalmente vetas sintectónicas) en ramales y en rosario. Los minerales económicos se presentan masivos, en parches y pocas veces como diseminado en las roca caja, son principalmente de minerales de Cu (calcopirita, cobres grises, calcosina, cobre nativo, bornita), Au, minerales de Pb como la galena y sulfosales de plomo, minerales de Ag como acantita y galena argentífera y gangas como malaquita, crisocola, calcantita, cuarzo, feldespatos, calcita, azurita, pirita, cloritas, arcillas, specularita, goethita, epidota, hematita, limonitas, pirolusita y otros óxidos.

El emplazamiento de mineral obedece a factores estructurales (fallas, fracturas, zonas de corte) así como a factores litológicos (diques andesíticos a porfiandesíticos). El control estructural es debido a la presencia de numerables fallas y fracturas producto de la deformación tectónica, estos controlan la geometría, extensión, desplazamiento y potencia de las vetas. El grado de alteración que presentan las estructuras mineralizadas es muy variable, por lo general se observa silicificación, cloritización, argilización, epidotización en zonas puntuales y alteración potásica.

## **COMENTARIOS GENERALES DE LA PRÁCTICA**

El programa de prácticas preprofesionales fue gratificante debido al aumento del conocimiento de las operaciones mineras, de la perforación y voladura, del mapeo geológico y correcta toma de datos, de la comercialización y transporte hacia las plantas metalúrgicas, al conocimiento de la gestión administrativa del almacén, del campamento en general, de las personas y con las autoridades.

Se incrementó la experiencia profesional con conocimientos técnicos, las habilidades blandas debido al constante interacción con los colaboradores de distintos departamentos, con el gerente y administrador general, con el personal de cocina, con campamentos vecinos, con autoridades de la DREM de la región Ayacucho y con los representantes de labores artesanales vecinas.

Para mejorar el programa de prácticas se debe implementar los Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS) y los estándares para el adecuado procedimiento del mapeo, levantamiento e ingreso a las labores subterráneas. Se podría organizar el programa de prácticas en semanas y de acuerdo con el tema a tratar, se debieran fijar objetivos para cuando finalice la semana. Hubiese sido mejor contar siempre con dos geólogos, debido a que se necesitan dos geólogos para el cartografiado geológico, levantamiento de labores horizontales, prospección y coteo, y por seguridad.

## CONCLUSIONES

1. El yacimiento está ubicado al oeste del distrito de Querobamba de la región Ayacucho, posiblemente son vetas meso-epitermales de Cu-Au-Ag hospedado principalmente en diques porfidoandesíticos que han intruído a los metasienogranito del Complejo Querobamba.
2. Las vetas poseen anchos muy pequeños, siendo inusual encontrar vetas de 1 m, reduciendo la posibilidad de implementar una producción puramente mecanizada debido al costo, la dilución y la baja cantidad de reservas minerales para una producción sostenida. Las vetas tienen espesores de menos de 1 m, con una dirección de S60°E en promedio y buzamientos de moderados a subverticales. El origen del depósito mineral vetiforme se refleja en la mineralogía, textura, geometría y geología estructural de las vetas.
3. El tipo de depósito mineral de mayor probabilidad es el de mesotermal de Cu-Au-Ag, debido a la presencia de magnetismo (posible magnetita), epidotización (en algunas zonas como vetillas sigmoidales), alteración potásica y predominio del elemento metálico Cu, relacionado a la parte media a profunda de un yacimiento epitermal.
4. Al NW de la concesión minera hay mayores valores de Au-Ag, tratándose de posibles epitermales como los ubicados al N y NE de la concesión minera.
5. Como la empresa minera es reciente en la zona, se necesita mayor prospección y exploración en la concesión minera para aumentar los recursos minerales y sostener la vida de la mina.

6. El Complejo Querobamba es de edad precámbrica, por lo tanto, ha sido afectado por numerosas fases tectónicas y posiblemente sea el borde más occidental de la Amazonia. El Complejo Querobamba necesita ser tenido en cuenta y agregado al mapa de las unidades geológicas precámbricas del Perú.
7. La posible abundancia de uranio y las numerosas fases que afectaron al Complejo Querobamba pueden atraer la investigación geocientífica e ingenieril en la zona.
8. La búsqueda de información geológica bibliográfica y en el INGEMMET ayudó a la mayor comprensión del origen del yacimiento, así como las distintas fases tectónicas que afectaron a la zona.

## RECOMENDACIONES

1. El uso correcto y completo del EPP, porque siempre se tiene que velar por la seguridad de las personas en una Unidad Minera, aún más cuando se trabaja en espacios cerrados y socavones.
2. Inspeccionar las labores antes de realizar cualquier actividad y evitar realizar acciones inseguras.
3. Para el crecimiento de la producción es necesario tomar estrategias, tales como la negociación y acuerdos con la minería informal circundante (tenerlos como socios económicos y productivos) y con el pueblo de influencia directa.
4. Se necesita implementar urgentemente los procedimientos escritos de trabajo seguro, los estándares y supervisores de seguridad para las labores subterráneas.
5. Es necesario la mejora de la infraestructura en el campamento y las vías para un mejor desarrollo de la mina incipiente.
6. Es necesario implementar el muestreo y control de la dilución en las labores, esto sustituirá el pallaqueo y mejorará la calidad mineral y el planeamiento minero.
7. En la prospección y exploración *brownfield* mediante el muestreo y la geoquímica se puede encontrar anomalías a bajo costo para el hallazgo de nuevas vetas productivas. Aunque también se sugiere aplicar la geofísica (magnetometría) por la presencia de magnetismo en la mayoría de las vetas.
8. Realizar un mapeo estructural para la determinación más precisa de los controles y la búsqueda de nuevos tárgetos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, G. (2021). *Informe técnico de la mina Llipa*. Querobamba, Ayacucho.
- Cabello, N. (2008). *Selección del método de explotación para la veta Piedad en la Mina Catalina Huanca, Ayacucho*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Castañeda, M. (2013). Geomorfología y estratigrafía del área de la cuenca del río Mishca (distrito Canarias, provincia de Víctor Fajardo, departamento de Ayacucho). *Rev. Del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM*. Vol. 16, N.º 32, pp. 68-79.
- INGEMMET. (1995). *Geología del Perú. Boletín N.º 55 Serie A: Carta Geológica Nacional*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
- Jaillard, E. (1992). La fase Peruana (Cretácico Superior) en la Margen peruana. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, tomo 83, pp. 81-87.
- LAGESA-CFGS. (1996). *Geología de los cuadrángulos de Huancapi, Chincheros, Querobamba y Chaviña. Hojas: 28-ñ, 28-o, 29-o, 30-o*. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 70, 185 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/193>

Mégard F. (1978). *Etude Géologique Andes du Pérou Central.* Mem. Orstom No 86-Paris.

Minera Petter. (2018). *Instrumentos de Gestión Ambiental para la Formalización de las Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal (IGAFOM) Preventivo Proyecto de Minera “Cuprifera I”.* Querobamba, Ayacucho.

Miskovic, A., Spikings, R., Chew, D., Kosler, J., Ulianov, A. & Schaltegger, U. (2009). Tectonomagmatic evolution of Western Amazonia: Geochemical characterization and U-Pb geochronologic constraints from the Peruvian Eastern Cordilleran granitoids. *Geological Society of America Bulletin.* 121. 1298-1324. 10.1130/B26488.1.

Quispe, J., Carlotto, V., Acosta, J., Macharé, J., Chirif, H., Rivera, R., ...Paico, D. (2008). *Mapa metalogenético del Perú: operaciones y proyectos mineros.* Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

Quispe, L., Torres, V., Marchena, A. y Valencia, M. (2021). *Mapa metalogenético del orógeno peruano hoja SD1807 (Huancavelica-Ayacucho-Apurímac), Escala 1:250,000.* Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

Rivera, R. y Manrique, M. (2010). Ocurrencias de uranio en el centro del Perú Proyecto GE-27: “Metalogenia del Uranio en el Centro del Perú”. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

SENAMHI. (2020). *Climas del Perú: Mapa de Clasificación Climática Nacional.*

Vílchez, M. (2019). *Mapa 1 Cobertura vegetal, Ayacucho.* Proyecto GA 25C Zona Sur Etapa II: Mapas de riesgos geológicos: Región Ayacucho. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 70, 232 p.

## ANEXO

### Descripción petro-mineralógica de 13 muestras (Puntos de Observación Geológica, POG)

POG	CÓDIGO	SISTEMA DE COORDENADAS		
		NORTE	ESTE	ZONA
1	CUQ001	8458748	628067	18S

Tabla A.1

*Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 1*

#### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Roca ígnea intrusiva de grano medio, compacto, color blanco grisáceo (con zonas verdes oscuras) con tinte amarillento, textura fanerítica holocristalina de grano medio. Compuesta de cristales de Ortosa, ferromagnesianos, pirita, cuarzo, plagioclasa y óxidos. Presenta alteración clorítica y de oxidación supérigena. Densidad moderada, dureza moderadamente dura a dura. Existe cuarzo redondeado dentro de plagioclasa.



Tabla A.2

*Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 2*

#### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Roca intrusiva fanerítica holocristalina de grano fino a medio, muy compacto, de color blanco grisáceo con tinte amarillento, con zonas alargados y rodeados de ferromagnesianos de colores verdes oscuros a claro. Compuesto de cristales de Ortosa, cuarzo, plagioclasa, ferromagnesianos y arcillas. Alteración argílica, cloritización y oxidación. Densidad moderada, dureza moderada.



POG	CÓDIGO	SISTEMA DE COORDENADAS		
3	CUQ003	NORTE	ESTE	ZONA
		8458753	628064	18S

Tabla A.3

*Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 3***DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**

Roca ígnea fanerítica de grano medio a fino, muy compacta, color blanco cremoso grisáceo con tinte beige, con bandas color verde oscuro reemplazando a feldespatos. Compuesta de ortosa, plagioclasa, cuarzo, ferromagnesianos, pirita y óxidos de fierro. Textura fanerítica, ferromagnesianos reemplazando a feldespatos, presencia de fenocristales de ortosa.



Tabla A.4

*Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 4***DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**

Roca ígnea intrusiva de grano medio a fino holocristalina, compacto, color blanco grisáceo con tinte amarillento y con impregnaciones color verde oscuro a claro, textura fanerítica de grano medio. Compuesto de cristales de cuarzo, ortosa, plagioclasa, ferromagnesianos y oxidación supérgena, cloritización. Densidad y dureza moderadas.



POG	CÓDIGO	SISTEMA DE COORDENADAS		
5	CUQ005	NORTE	ESTE	ZONA
		8458768	628046	18S

Tabla A.5

*Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 5***DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**

Roca ígnea plutónica de grano medio, compacto, color blanco grisáceo con tinte beige verdoso ahumado, textura fanerítica de grano medio. Compuesto de cristales de ortosa, cuarzo, plagioclasa, máficos y arcillas. Alteración de oxidación supérgena, argilización. Densidad y dureza moderadas.



POG	CÓDIGO	SISTEMA DE COORDENADAS		
6	CUQ006	NORTE	ESTE	ZONA
		8458786	628052	18S

Tabla A.6

*Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 6***DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**

Roca ígnea plutónica de grano medio a fino, compacto, color blanco rosáceo con tinte verduzco, textura fanerítica holocrystalina. Compuesta de cristales de ortosa, cuarzo, plagioclasa, máficos y arcillas. Alteración argílica y clorítica. Densidad y dureza moderadas.



POG	CÓDIGO	SISTEMA DE COORDENADAS		
		NORTE	ESTE	ZONA
7	CUQ007	8458786	628047	18

Tabla A.7

*Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 7***DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**

Roca brechosa de matriz andesítica y los clastos están compuestos roca intrusiva de grano medio a fino, muy compacto, de color blanco cremoso con tinte ahumado, con parches y zonas de color oscuro verdoso a gris. Compuesto de cristales de ortosa, ferromagnesianos, cuarzo, pirita, recubierto de malaquita y con presencia de sulfuros diseminados. Alteración clorítica, oxidación supérgena. Densidad y dureza moderadas.



POG	CÓDIGO	SISTEMA DE COORDENADAS		
		NORTE	ESTE	ZONA
8	CUQ008	8458787	628041	18S

Tabla A.8

*Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 8***DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**

Roca ígnea de grano muy fino, muy compacta, color verde oscuro con tinte turquesa. Compuesto de ferromagnesianos, plagioclasas, pirita y óxidos de hierro. Alteración de oxidación supérgena. Densidad y dureza moderadas.



POG	CÓDIGO	SISTEMA DE COORDENADAS		
		NORTE	ESTE	ZONA
9	CUQ009	8458793	628043	18S

Tabla A.9

*Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 9***DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**

Roca ígnea plutónica de grano medio, color blanco cremoso con tinte verdoso, aspecto semibandeado con ferromagnesianos colores verdes oscuros, cubierto en algunas zonas por limonitas. Compuesto de cristales de ortosa, cuarzo, ferromagnesianos, plagioclasas, pirita y limonitas. Alteración de oxidación supérgena. Densidad y dureza moderadas.



POG	CÓDIGO	SISTEMA DE COORDENADAS		
		NORTE	ESTE	ZONA
10	CUQ010	8458794	628044	18S

Tabla A.10

*Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 10***DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**

Roca ígnea de grano muy fino a fino, muy compacta, de color verde oscuro, de aspecto subvolcánico. Compuesto de ferromagnesianos, plagioclasas, cuarzo, ortosa, pirita y óxidos de hierro. Alteración sericitización y cloritización. Densidad y dureza moderada.



POG	CÓDIGO	SISTEMA DE COORDENADAS		
		NORTE	ESTE	ZONA
11	CUQ011	8458800	628042	18S

Tabla A.11

*Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 11***DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**

Roca brechosa de matriz porfidoandesítica emplazado en las fracturas de la roca ígnea de grano medio a fino, muy compacta, de color blanco cremoso con tinte verdoso, compuesto de cristales de cuarzo, ortosa, plagioclasa, ferromagnesianos, pirita y óxidos. presencia de fenos de ortosa y alteración argílica leve. La matriz es andesítica, compuesta de plagioclasas, ferromagnesianos, pirita, calcopirita y cuarzo. Densidad y dureza moderadas.



POG	CÓDIGO	SISTEMA DE COORDENADAS		
		NORTE	ESTE	ZONA
12	CUQ012	8458804	628044	18S

Tabla A.12

*Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 12***DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**

Roca brechosa de matriz andesítica con clastos subredondeados de roca intrusiva color blanco cremoso, compuesta de minerales de cuarzo, feldespatos y máficos. Presencia de alteración argílica leve y óxidos de hierro. Densidad y dureza moderadas.



POG	CÓDIGO	SISTEMA DE COORDENADAS		
13	CUQ013	NORTE	ESTE	ZONA
		8458803	628041	18S

Tabla A.13

*Descripción petro-mineralógica de la muestra POG 13***DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**

Roca brechosa de matriz andesítica y clastos de roca intrusiva de color crema rosado a blanco, compuesto de ortosa, cuarzo, plagioclasas y máficos. Presenta un semibandeamiento y venilleo milimétrico andesítico. Densidad y dureza moderadas.

