

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica



TESIS

**Geoquímica de Minerales Pesados en depósitos cuaternarios,
asociados al Pórfido de Cobre - Molibdeno Haquira, Apurímac,
Perú**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Geólogo

Elaborado por

Max Jesus Ronald Sayas Merino

 [0009-0002-4514-959X](https://orcid.org/0009-0002-4514-959X)

Asesor

Dr. Manuel Martín Ego Aguirre Madrid

 [0000-0003-4636-7580](https://orcid.org/0000-0003-4636-7580)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Sayas Merino [1]
Referencia/Reference	[1] M. Sayas Merino, “ <i>Geoquímica de Minerales Pesados en depósitos cuaternarios, asociados al Pórfido de Cobre - Molibdeno Haquira, Apurímac, Perú</i> ” [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Sayas, 2025)
Referencia/Reference	Sayas, M. (2025). <i>Geoquímica de Minerales Pesados en depósitos cuaternarios, asociados al Pórfido de Cobre - Molibdeno Haquira, Apurímac, Perú</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de tesis a quien fue en vida mi abuela paterna,

Florencia Cruz Ayllcacondori.

*También se lo dedico a mis padres Melina Merino Parodi y Rómulo Sayas Cruz
que constantemente me apoyaron, a mis compañeros, docentes y amigos.*

Agradecimientos

Agradezco en primera instancia a Dios por darme la fortaleza para vencer todos los escollos presentes a lo largo de diferentes pruebas de vida.

De igual manera agradezco a los ingenieros Cristian Fernando Rivera Carrasco y Rafael Roberto Rodríguez por su notable apoyo en la realización de la presente tesis, a la empresa First Quantum Minerals Ltd. por permitirme realizar la presente tesis en el Pórfido de Cobre – Molibdeno Haquira.

Finalmente, a mi asesor de tesis, el Dr. Ego Aguirre Madrid, Dra. María Marquina Robles y al Dr. Humberto Chirif Rivera quienes ayudaron en diferentes aspectos del estudio, incentivando la investigación, compartiendo sus conocimientos y siendo mentores para mi persona.

Resumen

Ante la creciente demanda global de cobre se ha intensificado la exploración de pórfidos, aunque los métodos tradicionales presentan limitaciones en áreas con amplia cobertura o mineralización reducida. Por ello se busca nuevos métodos de exploración.

El proyecto minero Haquira está ubicado en Abancay, dentro de la franja metalogenética XV, asociado al Batolito de Andahuaylas–Yauri y presenta un control estructural marcado por pliegues y fallas originados durante la orogenia Incaica.

El presente estudio propone el uso del método de Concentración de Minerales Pesados (Heavy Mineral Concentration o HMC) como herramienta complementaria en la exploración de distintos tipos de yacimientos. Este método, aplicado con éxito en países como Pakistán, Canadá y Estados Unidos, permite detectar señales de mineralización en terrenos complejos, incluyendo depósitos cubiertos por material fluvial o glaciar.

La investigación se enfoca en el proyecto minero Haquira donde se evaluará la aplicación del método HMC en quebradas principales asociadas a alteración hidrotermal, identificando y caracterizando minerales pesados mediante técnicas visuales y analíticas.

El objetivo de la investigación es determinar la factibilidad y eficiencia del HMC frente a otros métodos, optimizar su implementación y generar nuevos blancos de exploración aportando beneficios para la empresa First Quantum Minerals Ltd. como para otros proyectos de exploración.

En el presente proyecto de tesis se realizarán diversos estudios tales como Espectros Minerales, análisis por Fluorescencia de Rayos X, Geoquímica y Concentración de Minerales Pesados; que serán abordados en el Capítulo III y Capítulo IV.

Palabras clave: Haquira, Greenfield, Concentración de Minerales Pesados, Geoquímica, trampas geológicas.

Abstract

The growing global demand for copper has intensified porphyry exploration, although traditional methods face limitations in areas with extensive cover or small-scale mineralization. The Haquira mining project is located in Metallogenetic Belt XV, hosting Cu–Mo (Au, Zn) porphyry–skarn systems and Cu–Au–Fe deposits of Eocene–Oligocene age, associated with the Andahuaylas–Yauri Batholith. The area is structurally controlled by folds and faults formed during the Incaic orogeny.

This study proposes the application of the Heavy Mineral Concentration (HMC) method as a complementary tool in copper porphyry exploration. Successfully used in countries such as Pakistan, Canada, and the United States, HMC enables the detection of mineralization signals in complex terrains, including deposits covered by sediments or glacial material.

The research focuses on the Haquira project (Apuímac, Peru), assessing HMC in main streams associated with hydrothermal alteration, and identifying heavy minerals through visual and analytical techniques. The objective is to evaluate the feasibility and efficiency of HMC compared to other methods, optimize its implementation, and generate new exploration targets, delivering benefits for First Quantum Minerals Ltd. and other mining projects.

This thesis will include Mineral Spectroscopy, X-ray Fluorescence analysis, Geochemistry, and Heavy Mineral Concentration studies, detailed in Chapters III and IV.

Keywords: Haquira, Greenfield, Heavy Mineral Concentration, geochemistry, traps.

Tabla de contenido

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	xii
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Descripción del problema de investigación	3
1.3 Objetivo del estudio	5
1.4 Antecedentes investigativos	6
1.5 Hipótesis.....	7
1.6 Matriz de consistencia	8
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual	11
2.1 Pórfidos de cobre	11
2.2 Metalogenia del pórfido Haquira	13
2.3 Erosión, transporte y deposición de sedimentos.....	15
2.4 Concentración de minerales pesados.....	17
2.4.1 Toma de muestra.....	18
2.4.2 Procedimiento de la preparación de muestra para estudio de HMC	21
2.4.3 Minerales indicadores.....	23
2.5 Geoquímica	30
2.6 Geología regional	33
2.7 Geología local.....	39
2.8 Geología estructural	43
2.9 Geología económica.....	45
2.9.1 Haquira Este.....	46
2.9.2 Haquira Oeste	47

2.9.3	Cristo de los Andes y Dolores.....	48
	Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación	50
3.1	Trabajo de campo.....	50
3.1.1	Método de muestreo.....	53
3.2	Trabajo de gabinete.....	59
3.2.1	Propiedades de las muestras y cuencas.....	59
3.2.2	Concentración de minerales pesados.....	61
3.2.3	Análisis Geoquímico.....	67
3.2.4	Fluorescencia de rayos X	70
3.2.5	Espectro Minerales.....	71
	Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados	74
4.1	Evaluación de método de Concentración de Minerales Pesados.....	74
4.2	Minerales indicadores del pórfido de Haquira	75
4.3	Toma de muestras en el pórfido de Haquira	76
4.4	Comparativa de estudios ejecutados	77
4.5	Delimitación de targets de exploración	78
	Conclusiones	81
	Recomendaciones	82
	Referencias bibliográficas.....	83
	Anexos	89

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 : Acceso al proyecto Haqira desde la ciudad del Cusco	2
Tabla 2 : Matriz de Consistencia	9
Tabla 3 : Minerales indicadores utilizados o propuestos por los autores para tipos..... específicos de depósitos minerales.	23
Tabla 4 : Minerales indicadores más utilizados.	25
Tabla 5 : Comparación de firmas de minerales indicadores en muestras de..... sedimentos alrededor de depósitos de pórfido de Cu para terrenos glaciár... y no glaciár.	26
Tabla 6 : Minerales indicadores potenciales del depósito de pórfido Casino Cu-Au-Mo y del placer Au-W del Upper Canadian Creek.....	27
Tabla 7 : Resumen de las firmas geoquímicas de minerales indicadores y..... oligoelementos de muestras de sedimentos de corrientes alrededor del..... depósito del Casino (lados norte y sur) y otras ocurrencias minerales..... locales en el área del Casino.	28
Tabla 8 : Porcentaje promedio de abundancia relativa en porcentaje en peso (% pp).. de los RIM's detectados desde la quebrada Ayraca y Checos del pórfido de Cu – Mo, La Granja, Cajamarca, Perú.	30
Tabla 9 : Elementos pathfinders de diferentes tipos de yacimientos minerales	30
Tabla 10: Diferentes tipos de depósitos, minerales y elementos pioneros.	32
Tabla 11: Puntos de muestreo proyectados	51
Tabla 12: Puntos de muestreo ejecutados.	57
Tabla 13: Correlación de muestras.	59
Tabla 14: Propiedades físicas de las muestras tomadas.	60
Tabla 15: Características de la cuenca por punto de muestreo.....	60
Tabla 16: Minerales encontrados en el Estudio Mineralógico de Material Suelto.	62

Tabla 17: Identificación de minerales pesados en porcentaje por muestra.	63
Tabla 18: Identificación de minerales pesados por el estudio complementario de.....	
Microscopía Electrónica de Barrido.....	65
Tabla 19: Rango de detección para elementos básicos en el laboratorio de ALS.	67
Tabla 20: Rango de detección para el oro en el laboratorio de ALS.....	68
Tabla 21: Elementos químicos pathfinders de yacimientos tipo pórfido.	69
Tabla 22: Elementos químicos pathfinders obtenidos por el estudio de fluorescencia..	
de rayos X	71
Tabla 23: Minerales identificados en el estudio de espectros minerales.	72
Tabla 24: Minerales identificados en el estudio de espectros minerales realizado por..	
el INGEMMET.....	73
Tabla 25: Minerales indicadores del pórfido Haquira.....	75
Tabla 26: Propiedades físicas de las muestras tomadas.	76
Tabla 27: Resumen comparativo de anomalías de los estudios realizados.....	77

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1 : Ubicación de la zona de estudio	2
Figura 2 : Patrón generalizado de zonificación de alteración-mineralización para.....	
telescopización de depósitos de pórfido de Cu.	12
Figura 3 : Fotografía de referencia entre Las Bambas y Haquira	15
Figura 4 : Diagrama de Hjulström-Sundborg (reporducido por Keylock, 2004).....	17
Figura 5 : Diagrama que muestra la mineralización de afloramientos para una cuenca	
de captación	19
Figura 6 : Descripción esquemática de los dos enfoques de muestreo.....	22
Figura 7 : Columna litoestratigráfica del cuadrángulo Antabamba.....	37
Figura 8 : Mapa regional del proyecto minero Haquira	38
Figura 9 : Mapa local del footprint del proyecto minero Haquira.....	41
Figura 10: Mapa geológico de Haquira Este modificado a partir de Gans (2009).....	42
Figura 11: Mapa Estructural del pórfido Haquira	44
Figura 12: Mapa de anomalías geoquímicas del área minera de Haquira y aledañas.....	49
Figura 13: Mapa de posibles puntos de muestreo en el proyecto minero Haquira.	52
Figura 14: Mapa de puntos muestreados.....	58
Figura 15: Porcentaje de minerales pesados por muestra.	64
Figura 16: Toma de datos con el analizador XRF marca OLYMPUS.	70
Figura 17: Toma de datos con el Identificador mineral ASD TerraSpec® Halo.	72
Figura 18: Mapa de anomalías según el Análisis Geoquímico.	79
Figura 19: Mapa de concentración por HMC.....	80

Introducción

La exploración minera constituye una etapa fundamental para la identificación y evaluación de yacimientos metálicos de importancia económica. Entre las técnicas empleadas comprende el análisis geoquímico, el estudio de sedimentos de escorrentía y su análisis mineralógico se ha consolidado como una herramienta eficaz para la detección de anomalías asociadas a sistemas mineralizados, especialmente en depósitos tipo pórfido. Estos depósitos representan una de las principales fuentes de cobre, molibdeno y oro a nivel mundial, y su caracterización resulta esencial para la planificación de proyectos mineros sostenibles.

En este contexto, la presente investigación se centra en el análisis de sedimentos fluviales asociados al proyecto minero pórfido de Cu-Mo Haquira, ubicado en la región Apurímac, con el propósito de identificar minerales pesados asociados a yacimientos tipo pórfido y los análisis geoquímicos que actúen como indicadores de mineralización. Para ello, se diseñó y ejecutó un trabajo de campo sistemático que comprendió la selección de puntos de muestreo estratégicamente distribuidos en quebradas y subcuencas de la zona de estudio, seguido de un proceso de gabinete enfocado en la preparación, análisis mineralógico y caracterización geoquímica de las quebradas.

Los resultados obtenidos permitirán no solo determinar la presencia de minerales indicadores resistentes y validar el estudio de Concentración de minerales pesados vinculados a mineralización tipo pórfido en los andes peruanos, sino también establecer un marco de referencia para futuras campañas de exploración en la zona. Asimismo, el estudio aporta criterios metodológicos y prácticos para la prospección regional mediante el empleo combinado del análisis de Concentración de Minerales Pesados (HMC), Geoquímica, Fluorescencia de Rayos X (XRF) y Espectros Minerales.

De esta manera, la investigación busca contribuir al conocimiento geológico del distrito minero de Haquira y reforzar la aplicabilidad de los estudios de sedimentos de escorrentía en la exploración minera moderna.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

La exploración geológica de sistemas tipo pórfido de cobre es una de las principales actividades que hacen frente ante la insaciable necesidad del cobre de las grandes economías globales.

En la actualidad se usan más de un método de exploración geológica para determinar posibles targets o blancos de exploración; métodos como la geofísica, geoquímica, imágenes espectrales, geología estructural y demás; no solo en la exploración generativa, sino en la exploración brownfield. Sin embargo, muchos de estos métodos no se pueden utilizar óptimamente o necesitan de más herramientas para tener una menor incertidumbre en la delimitación de blancos.

Por tal motivo, el presente trabajo de investigación sobre el uso del método de Concentración de Minerales Pesados (Heavy Mineral Concentration o HMC) nos permitirá divulgar más el método y que actúe como una herramienta alternativa y/o complementaria para la exploración geológica a escala regional, también conocida como exploración generativo o greenfields.

El presente método será ejecutado para el pórfido de Cu-Mo Haquira, que se encuentra ubicado en la provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac Perú. El acceso al proyecto es mediante el departamento de Cusco hasta llegar Ranracassa, posteriormente a Challhuahuacho y luego a las instalaciones del proyecto Haquira, tal y como se muestra en la Tabla 1 y Figura 1.

Tabla 1

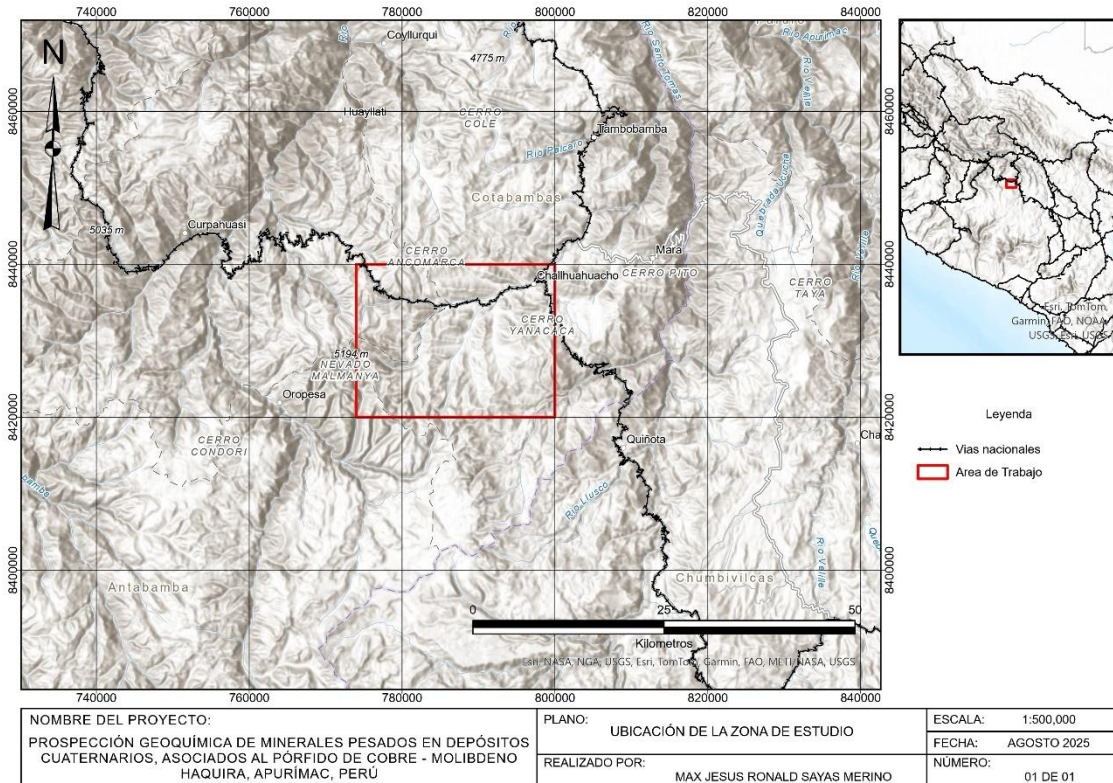
Acceso al proyecto Haquira desde la ciudad del Cusco

Inicio	Fin	Tipo de carretera	Kilómetros	Tiempo
Cusco	Ranracassa	Asfaltada	42	1 hora
Ranracassa	Challhuahuacho	Trocha carrozable	165	4 hora y 30 minutos
Challhuahuacho	Haquira	Asfaltada	16	30 minutos

Nota: Elaboración propia.

Figura 1

Ubicación de la zona de estudio



Nota: Elaboración propia.

La investigación no solo beneficia al proyecto minero Haquira, también a proyectos tipo pórfido de cobre que tiene la First Quantum Minerals Ltd. a nivel global; además de ser una herramienta que puede ser utilizada por otras empresas mineras de exploración en sus respectivos proyectos; incluso, puede ser utilizada por entes gubernamentales peruanos dedicados a la investigación geológica.

Por lo tanto, la presente investigación tiene importancia económica y social; dado que impulsará un nuevo método de exploración geológica siendo considerado en futuras campañas de exploración, teniendo una mayor inversión en el país, además de al aplicar

este método por entes gubernamentales logran que el país sea más atractivo para empresas dedicadas a la exploración geológica.

1.2 Descripción del problema de investigación

Ante la creciente demanda global de cobre y por ende el aumento del precio del metal a \$/. 10,103.47 por tonelada (Bola de Metales de Londres – LME, setiembre del 2025), diferentes empresas de exploración y mineras buscan nuevos recursos / reservas de cobre.

En la actualidad, la exploración de diferentes depósitos minerales se requiere de diferentes herramientas, tales como la geología estructural, geofísica o geoquímica los cuales tratan de presentar anomalías para poder delimitar blancos de exploración. Sin embargo, estas herramientas pueden, en ciertas ocasiones, no ser óptimas para la generación de nuevos blancos de exploración. En el caso de la geoquímica su aplicación en regiones con grandes coberturas o cuerpos mineralizados particularmente pequeños puede resultar de poca utilidad.

Al usar el método de Concentración de Minerales Pesados (Heavy Mineral Concentration o HMC), esta nos brinda una alternativa para realizar la prospección en regiones de gran cobertura como es el caso de depósitos tipo placer (de oro) reportado por Ali (2019), en zonas cubiertas por material terrígeno reportado por Kelley (2022) o en zonas de pórfido de cobre donde el tipo de terreno es glaciar, caso del pórfido Monte Polley registrado por Hashmi (2015). En este sentido el uso del método HMC para programas de exploración de cobre es significativa.

En la actualidad, el método HMC es más usado en países como Pakistan, Canadá o Estados Unidos, en donde se estudia muestras de depósitos cuaternarios o tillitas relacionados a diferentes tipos de yacimientos. El presente trabajo pretende aplicar y evaluar el método HMC en las diferentes quebradas principales asociadas a la alteración hidrotermal y mineralización relacionadas al pórfido Cu - Mo Haquira, de First Quantum Minerals Ltd. Bajo esta premisa, la presente investigación tiene como principal

cuestionamiento la siguiente pregunta: ¿El método HMC es oportuno aplicarse en exploraciones de proyectos de pórfidos de cobre ubicados en el Perú?

El pórfido de cobre de Haquira está ubicado en la región de Apurímac y tiene como vecino al pórfido – skarn de clase mundial de Las Bambas. El pórfido de Haquira tiene potencial para ser un yacimiento de clase mundial dado sus recursos minerales medido e indicado de 703.7 millones de toneladas con 0.51% de cobre (ley de corte de 0.2% Cu), además de un recurso mineral inferido de 683.9 millones de toneladas con 0.40% de cobre (ley de corte de 0.2% Cu). (First Quantum Minerals Ltd., 2024).

El área de estudio es de fácil acceso, dado que ya existen empresas mineras trabajando en zonas aledañas. En donde hay información geoquímica de sedimentos de escorrentía con anomalías relevantes en cobre, por lo cual sería óptimo contrastar el uso del método HMC como una herramienta alternativa y/o complementaria para la exploración de depósitos minerales de tipo pórfido de cobre, dado que puede evidenciar procesos de alteración y mineralización e indicar la posible cercanía al cuerpo mineralizado; incluso la generación de nuevos targets de exploración. Por ello, se realizan las siguientes cuestiones secundarias:

- ¿Qué minerales indicadores (HMC) podemos encontrar en las quebradas del pórfido de cobre Haquira?
- ¿Es óptimo la toma de muestras para el estudio de HMC en las quebradas del pórfido de cobre Haquira?
- ¿Es conveniente usar el método HMC en comparación a los métodos de XRF, TerraSpec o geoquímica?
- ¿Se puede identificar nuevos targets o blancos de exploración cercanos al pórfido de cobre Haquira?

1.3 Objetivo del estudio

La presente investigación tiene por objetivo general evaluar y caracterizar las quebradas principales del proyecto minero de pórfido de cobre Haquira mediante el método de Concentración de Minerales Pesados.

Asimismo, tiene por objetivos específicos y/o secundarios los siguientes:

- Identificar y caracterizar los minerales pesados presentes en las principales quebradas del proyecto minero de pórfido de cobre Haquira, mediante el uso de técnicas visuales (microscopio) y/o técnicas analíticas (microscopio electrónico de barrido).
- También, identificar las cualidades y/o falencias de la toma de muestras para el estudio de HMC en el proyecto de pórfido de cobre Haquira.
- Finalmente, evaluar la factibilidad y eficiencia del método de HMC en comparación con otros métodos para la exploración de pórfidos de cobre en el Perú.
- Delimitar un target o blanco de exploración en base a los estudios ejecutados en la presente investigación.

1.4 Antecedentes investigativos

A nivel internacional se han desarrollado diversos estudios de Concentración de Minerales Pesados (Heavy Mineral Concentration o HMC) en depósitos cuaternarios, tillitas y zonas de depósitos tipo placer que abordan aspectos como la identificación de concentraciones altas de metales pesados.

También existen métodos similares al HMC como el método de Minerales Indicadores Resistentes (RIMs) el cual es aplicado por Bravo Cerro en el pórfido de Cu – Mo de La Granja, en el cual usa el rutilo como un mineral indicador o la caracterización mineralógica de sedimentos de quebrada aplicado por Cornelio en el pórfido de Cu – Mo de la Granja.

En el Perú, no hay registro de la aplicación del método de HMC; sin embargo, en otros partes del mundo el método HMC es aplicado, tal y como McClenaghan (2023) en el pórfido de Cu-Au-Mo Casino ubicado en Yukon, Canadá en el cual dicho estudio nos muestra diferentes minerales indicadores de las diferentes alteraciones hidrotermales presentes en el pórfido y registran minerales como calcopirita, goethita, oro, jarosita, magnetita, molibdenita, pirita, esfalerita y turmalina en muestras de sedimentos de corriente.

También, Kelley y cols. (2021, 2022) registra minerales como calcopirita, bornita, svanberita y apatita en muestras de sedimentos de corriente para el pórfido de cobre Tauro ubicado en Alaska. Así mismo, Plouffe et al (2016, 2021, 2022) registra minerales como apatita, calcopirita, epidota verde, jarosita, pirita y titanita en muestras de till y en terrenos de tipo glaciar para el pórfido de cobre ubicado en Gibraltar.

1.5 Hipótesis

De acuerdo con lo expuesto en los puntos previos, se plantea la siguiente hipótesis general: El método de HMC es una herramienta novedosa y útil para la exploración geológica generativa o greenfield porque son de escala regional, no se ve afectada por la alteración química y se puede visualizar los minerales típicos de alteración de en yacimientos de cobre del Perú.

También se plantea las siguientes hipótesis específicas o secundarias:

- Los minerales indicadores tipo pórfidos de Cobre asociados a deposiciones en cercanía a quebradas y cuencas de ríos son: Calcopirita, gahnita, “Cr – granate”, dravita a schorlo (ricos en hierro), turmalina, casiterita, pentlandita, pirita, millerita, minerales del grupo del platino, cromita, Cr -diopsido, enstatita, olivino, Cr - andradita, sulfuros, diáspora, baritina, alunita, apatito.
- También, debido a la geomorfología accidentada que presenta el Perú, principalmente en zonas de cordillera, es medianamente complicado obtener una muestra óptima para el estudio de HMC; sin embargo, dicho inconveniente es suplido con la masa de muestra requerida.
- Además, en comparación con las herramientas de XRF, TerraSpec y geoquímica, el método de HMC ofrece la visualización de diferentes gamas de minerales de alteración y mineralización, por lo cual puede llegar a ser un método infalible, si y solo si no se puede realizar con naturalidad el método geoquímico, XRF o TerraSpec.
- Si es posible delimitar nuevos blancos de exploración o targets con los estudios de Concentración de Minerales Pesados o HMC.

1.6 Matriz de consistencia

En el presente apartado, a manera de resumen, se plantea la matriz de consistencia que reúne de manera didáctica la problemática de la investigación, objetivos e hipótesis a desarrollar en base a variables e indicaciones.

Tabla 2

Matriz de Consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores
¿El método HMC es oportuno aplicarse en exploraciones de proyectos de pórfidos de cobre ubicados en el Perú?	Evaluar y caracterizar las quebradas principales del proyecto minero de pórfido de cobre Haquira mediante el método de HMC	El método de HMC es una herramienta novedosa y útil para la exploración geológica porque son de escala regional, no se ve afectada por la alteración química y se puede visualizar los minerales típicos de alteración de diferentes tipos de yacimientos en el Perú.	Masa, contaminación, tamaño de los granos (sedimentos) y ubicación en la cuenca	De 2 a 4Kg, tamaño menor a 2mm, ubicados en trampas y sin contaminación
			Minerales indicadores	Minerales de alteración y mineralización de un pórfido
			Viabilidad en comparación con otros métodos	Resultados de métodos geoquímicos, XRF o TerraSpec y HMC
¿Qué minerales indicadores (HMC) podemos encontrar en las quebradas?	Identificar y caracterizar los minerales pesados presentes en las principales quebradas del proyecto minero de pórfido de cobre Haquira	Minerales indicadores: Calcopirita, gahnita, "Cr – granate", dravita a schorlo (ricos en hierro), turmalina, casiterita, pentlandita, pirita, millerita, minerales del grupo del platino, cromita, Cr -diopsido, enstatita, olivino, Cr -andradita, sulfuros, diáspora, baritina, alunita, apatito.	Minerales indicadores Presencia de magnetita	Concentración de turmalina, magnetita, pirita, calcopirita, molibdenita, cromita, rutilo. Además de la susceptibilidad de la muestra al magnetismo
¿Es óptimo la toma de muestras para el estudio de HMC en las quebradas del pórfido de cobre Haquira?	Identificar las cualidades y/o falencias de la toma de muestras en el proyecto de pórfido de cobre Haquira	Es medianamente complicado obtener una muestra óptima para el estudio de HMC; sin embargo, dicho inconveniente es suplido con la masa de muestra requerida.	Longitud transversal de la cuenca	Longitud transversal de la cuenca mayor a 2 metros
			Peso de la muestra y malla	De 2 a 4 Kg, que pase la malla ASTM N°10, tomado en trampas y evitando la contaminación

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores
¿Es conveniente usar el método HMC en comparación a los métodos de XRF, TerraSpec o geoquímica?	Evaluar la factibilidad y eficiencia del método de HMC en comparación con otros métodos para la exploración de pórfidos de cobre en el Perú.	El método de HMC ofrece la visualización de diferentes gamas de minerales de alteración y mineralización, por lo cual puede llegar a ser un método infalible, si y solo si no es posible usar el análisis geoquímico	32 elementos químicos para analizar	Comparar la mineralogía obtenida en el estudio de HMC con los 32 elementos químicos a analizar
¿Se puede identificar nuevos targets o blancos de exploración cercanos al pórfido de cobre Haquira?	Delimitar un target o blanco de exploración en base a los estudios ejecutados en la presente investigación.	Si es posible delimitar nuevos blancos de exploración o targets con los estudios de Concentración de Minerales Pesados o HMC.	Concentración de minerales pesados y anomalías de elementos pathfinders	Concentración de turmalina, magnetita, pirita, calcopirita, molibdenita, cromita, rutilo. Además de la susceptibilidad de la muestra al magnetismo
			Alteraciones generadas por la cercanía a un pórfido	Alteración argílica, filica, y/o potásica

Nota: Elaboración propia.

Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

2.1 Pórfidos de cobre

El cobre es uno de los metales más importantes para la economía a nivel global. Se utiliza prácticamente en todos, desde productos electrónicos, hasta cables, motores, tuberías y conformando vehículos eléctricos. Incluso, el cobre es importante para la descarbonización, y está presente en diferentes proyectos de energía verde.

Según un informe del El Peruano (2024) menciona que en el año 2023 la producción cuprífera alcanzó los 2,755,066 millones de toneladas métricas finas (TMF), superando en 12.7% lo obtenido en el 2022 y consolidando al Perú como el segundo productor mundial.

Además, el director del Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (IIMP) y expresidente de PERUMIN, Miguel Cardozo, afirmó que de la cartera de 70 proyectos de exploración que tiene nuestro país, 37 son de cobre. Así lo anunció en una entrevista exclusiva con el programa “Diálogos Mineros” del IIMP.

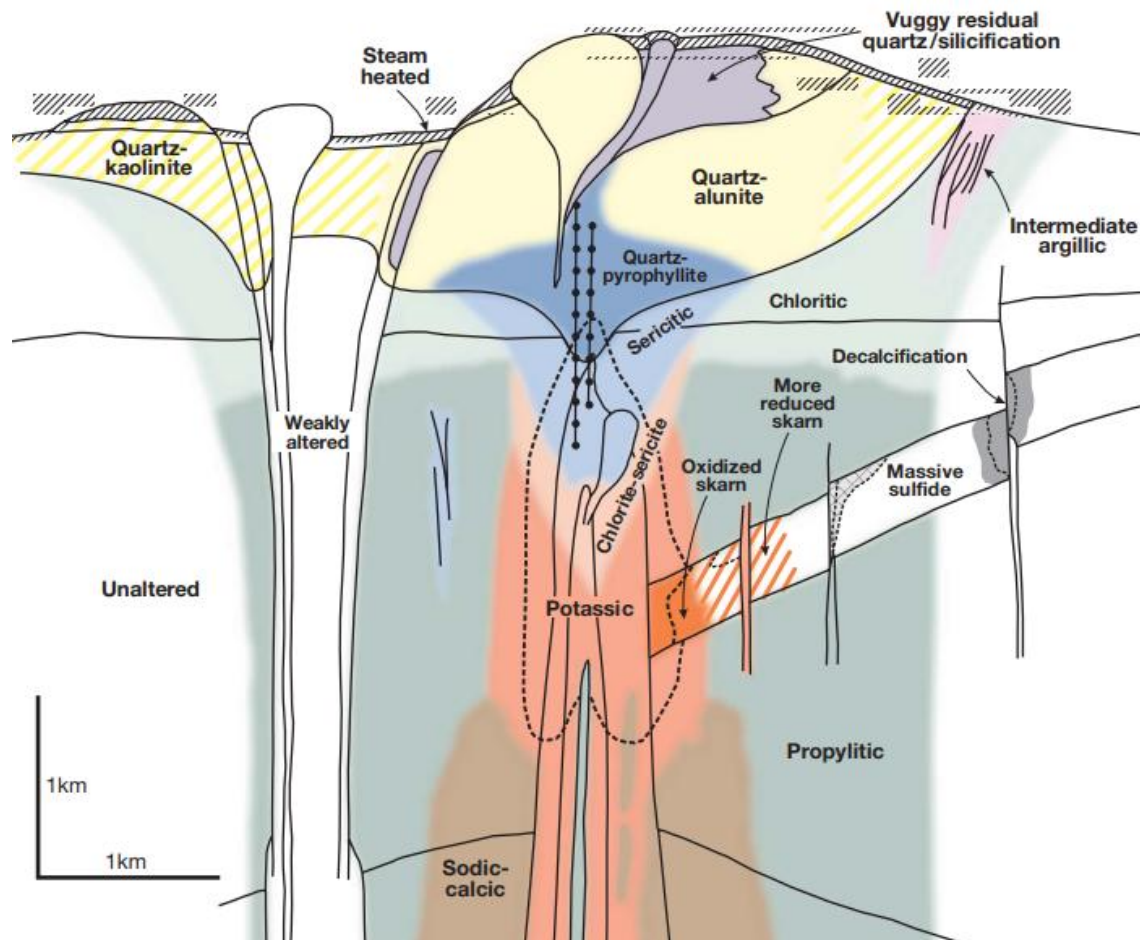
Por lo cual, actualmente es favorable la exploración y explotación de minerales de cobre; y en ello, radica la importancia de los pórfidos de cobre.

Existen distintas definiciones para el término pórfido de cobre; sin embargo, en el presente proyecto nos basaremos en la definición de Sillitoe (2010) que define a los sistemas pórfido de cobre como grandes volúmenes (10 – 100 Km³) de roca alterada hidrotermalmente centrado en el stock de pórfido de cobre que también pueden contener skarn, reemplazo de carbonato, epitermales alojada en sedimentos y mineralización de metales preciosos y de sulfuración alta a intermedia.

Además, los pórfidos de cobre se caracterizan por ser un evento intrusivo múltiple con enjambre de diques, brechas intrusivas y diques de cantos donde la roca caja puede ser de cualquier tipo.

Figura 2

Patrón generalizado de zonificación de alteración-mineralización para telescopización de depósitos de pórfido de Cu.



Nota: Tomado de Sillitoe (2010).

2.2 Metalogenia del pórfido Haquira

El Pórfido Cu – Mo se encuentra asociado al Batolito de Andahuaylas – Yauri, al igual que igual que otros proyectos de exploración o unidades mineras, una de ellas y la más cercana es la Unidad Minera Las Bambas de Mineral and Metals Group (MMG).

La Unidad Minera Las Bambas se ubica entre los distritos de Challhuahuacho, provincia de Cotabambas, y el distrito de Progreso, provincia de Grau, en la Región Apurímac; a 10 kilómetros al noreste de Haquira.

Las Bambas es un skarn de Cobre cuyos cuerpos de skarn presentan mineralización de bornita y calcopirita en forma de masas irregulares, parches, disseminaciones y en venillas de cuarzo cortando al skarn. En los intrusivos, la calcopirita, bornita y molibdenita se encuentran en venillas de cuarzo y disseminaciones relacionados a la Formación Ferrobamba constituida por: calizas grises a negras con nódulos de chert, calizas fosilíferas, calizas laminadas, calizas arenosas e intercalaciones de horizontes limolíticos. Guillen, F. et al. (2010).

Según Las Bambas (2025) actualmente, las reservas minerales de nuestra unidad minera alcanzan los 4.6 millones de toneladas de cobre; mientras que nuestros recursos minerales ascienden a 9,4 millones de toneladas de cobre.

Si bien Las Bambas es un skarn con mineralización de cobre y Haquira es un pórfido de cobre – molibdeno, guardarían una estrecha relación debido al origen de su mineralización que se asocia al cinturón Andahuaylas-Yauri que podría considerarse una continuación del cinturón porfídico del Eoceno-Oligoceno de Chile, mejor explorado y estudiado, que alberga grandes depósitos de pórfido cuprífero como Escondida, Chuquicamata y Collahuasi. Sillitoe y Perelló (2005). En el sur de Perú, el batolito Andahuaylas-Yauri del Eoceno-Oligoceno (aprox. 48-32 Ma) y los stocks, diques y umbrales de pórfido relacionados intruyeron una secuencia deformada por compresión de cuarcita, metasillita, metalodolita y caliza del Jurásico-Cretácico. Perelló et al. (2003).

Según dataciones geocronológicas los pórfidos monzoníticos de Las Bambas son producto de la diferenciación de una serie de pulsaciones magmáticas en un corto periodo

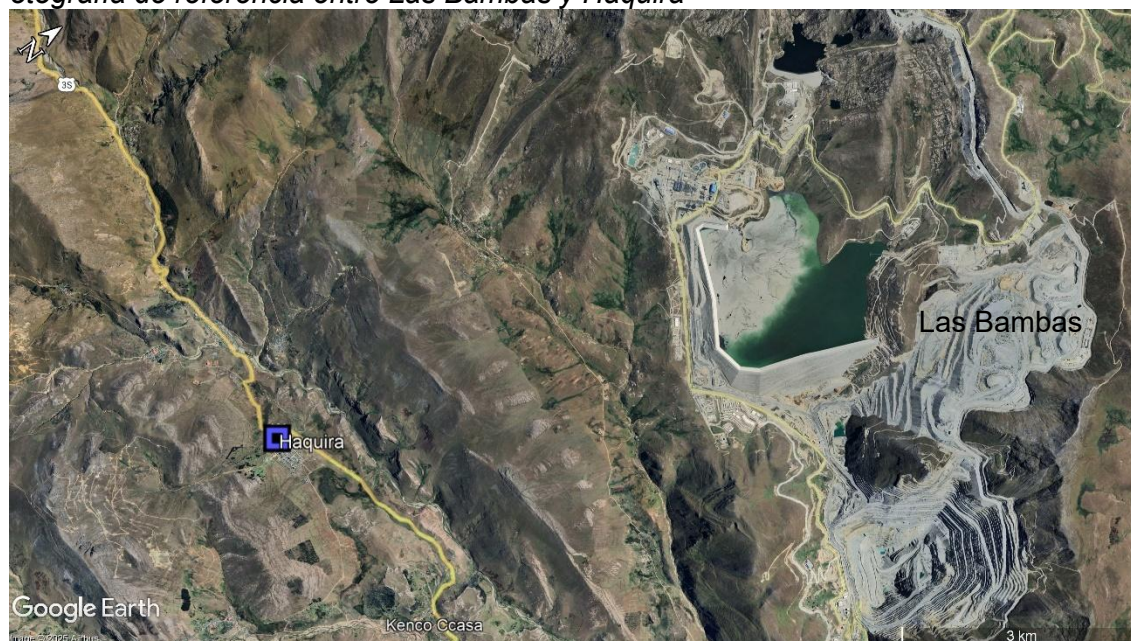
de tiempo de entre 41 y 35 Ma: Método K-Ar (Parr, 2006). La geocronología del circón U-Pb, la geoquímica de roca completa y las asociaciones espaciales con la mineralización han permitido definir cuatro etapas magmáticas: premineralización ($41,86 \pm 0,60$ a $38,10 \pm 1,60$ Ma; gabros, dioritas y granodioritas), mineralización temprana ($36,54 \pm 0,62$ a $35,06 \pm 0,54$ Ma; dioritas, dioritas de cuarzo, monzodioritas de cuarzo y monzonitas), sinmineralización ($34,36 \pm 0,40$ a $32,95 \pm 0,28$ Ma; monzodioritas, monzodioritas de cuarzo, monzonitas de cuarzo y granodioritas) y mineralización tardía ($33,21 \pm 0,55$ a $31,87 \pm 0,46$ Ma; monzodioritas de cuarzo. Maureira, G. (2020).

La mineralización de Cu-Mo y la alteración hidrotermal de $\sim 33,85$ Ma (Re-Os en molibdenita) en el depósito de pórfido cuprífero de Haquira Este se asocian con algunas de las intrusiones más recientes del cinturón, de $\sim 34,5$ a $33,5$ Ma (U-Pb en circón). Cernuschi, F. (2015).

Según ambos registros, se puede inferir que la mineralización Cu – Mo de Haquira, datada por Cernuschi, es correlacionable directamente con la etapa sinmineralización y mineralización tardía datada por Mauriera. Incluso se puede aseverar que el batolito de Andahuaylas – Yauri en sus diferentes pulsos brindó la mineralización para ambos proyectos.

Figura 3

Fotografía de referencia entre Las Bambas y Haquira



Nota: Elaboración propia.

2.3 Erosión, transporte y deposición de sedimentos

Para comprender la deposición de minerales pesados (sedimentos), es fundamental entender primero los procesos de erosión y transporte, especialmente en el contexto fluvial, que será el enfoque principal de la investigación. Existen diversos tipos de erosión tales como eólica, glaciár, marina, entre otros; la erosión fluvial se refiere a la acción de los ríos sobre las rocas y suelos, generando sedimentos que son transportados y posteriormente depositados en zonas específicas del cauce.

El conocimiento de cómo ocurre la deposición de sedimentos es esencial para una adecuada selección y ubicación de los puntos de muestreo en campañas de exploración. Para ello, es necesario considerar variables como la velocidad del flujo de agua y el tamaño de las partículas que son transportadas o depositadas.

El flujo de agua en un arroyo depende principalmente de la pendiente del terreno, aunque también está influenciado por la geometría del cauce. La velocidad del flujo disminuye debido a la fricción con el lecho y las orillas del arroyo, siendo más lenta en el fondo y los bordes, y más rápida en el centro y justo por debajo de la superficie. De hecho, la velocidad en esa zona sub-superficial suele ser ligeramente superior a la de la superficie,

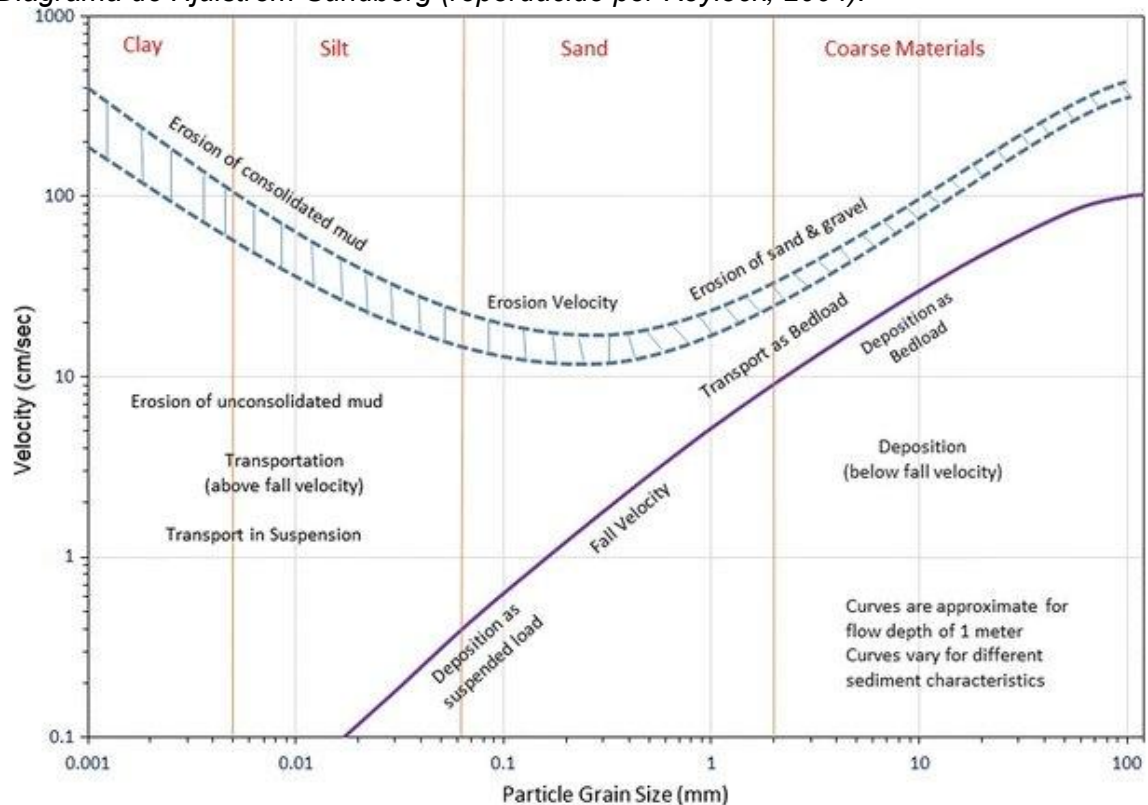
debido a la fricción del agua con el aire. Otro factor que influye en la velocidad del flujo es el tamaño de los sedimentos del lecho: partículas grandes generan mayor fricción y, por lo tanto, disminuyen la velocidad del flujo.

Las partículas de gran tamaño, que forman parte de la carga de fondo, permanecen en reposo en el lecho del río y solo se movilizan durante eventos de alta energía, como inundaciones. Estos sedimentos pueden desplazarse mediante dos mecanismos principales: saltación, en la cual rebotan a lo largo del fondo, y tracción, cuando son arrastrados por la fuerza del flujo

En la década de 1940, el geógrafo sueco Filip Hjulström desarrolló una representación gráfica que relaciona el tamaño de los granos sedimentarios con la probabilidad de que sean erosionados, transportados o depositados por el flujo de agua. Este modelo, conocido como la curva de Hjulström, permite visualizar y comprender las condiciones hidráulicas necesarias para movilizar diferentes tipos de partículas, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Diagrama de Hjulström-Sundborg (reporducido por Keylock, 2004).



Nota: Tomado de Naganna, Sujay & Deka, Paresh & Chintalapati, Dr. Sudheer & Hansen, William. (2017). Factors influencing streambed hydraulic conductivity and their implications on stream-aquifer interaction: a conceptual review.

2.4 Concentración de minerales pesados

La Concentración de Minerales Pesados, más conocido como Heavy Mineral Concentration (HMC) es método de exploración relativamente moderno que se caracteriza por separar minerales pesados (densidad mayor a 2.7) de minerales livianos (densidades menores a 2.7) lo cual permite analizar minerales que indican la presencia de alteraciones en la zona superior de la quebrada, drenaje o cuenca.

El método HMC realiza una descripción mineralógica de granos de tamaños de arenas, dichos granos son generados por efectos físicos que erosionan las rocas, las transportan y depositan en zonas bajas.

Esto representa una ventaja, en comparación al uso de stream sediment y Bleg, basados solo en el uso de “elementos guía” o “elementos metálicos objetivos”, los cuales son susceptibles a las condiciones de Ph, Eh y morfología de la cuenca hídrica que

condicionan su recepción y por ende pueden ocultar la presencia de posibles cuerpos minerales de interés económico. En cambio, el potencial de los RIM's (similar al método de HMC) está condicionado solo a la influencia de la disgregación mecánica de los granos de los sedimentos (Cornelio 2019).

En la actualidad se utiliza el método HMC para proyectos de prospección geológica en sedimentos de escorrentía, también conocidas como "stream sediments", que permite delimitar blancos de exploración en una escala regional. Además, tal y como menciona Farhan, M. et al. (2017) este estudio también ha confirmado que el HMC es el mejor medio de muestreo para la exploración de oro en el área de estudio (yacimientos tipo placeres).

2.4.1 Toma de muestra

Existen diferentes formas, técnicas, métodos y herramientas para la toma de muestras; a tal punto que no existe una uniformidad o normatividad propuesta para un muestreo óptimo para el HMC.

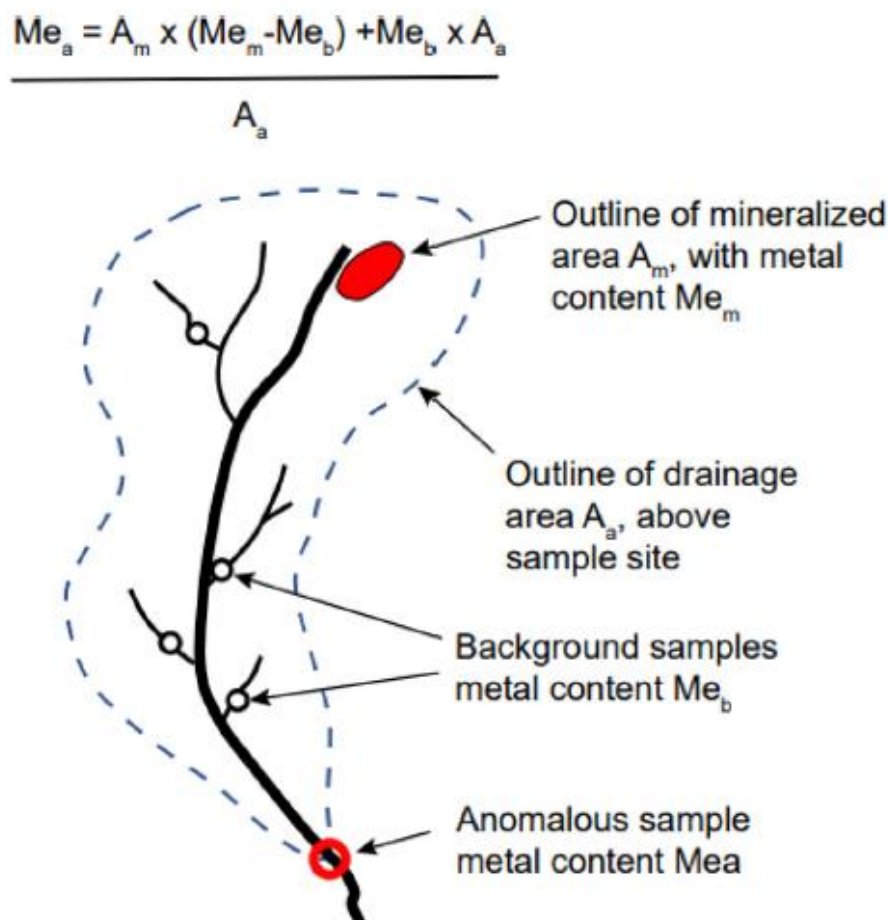
Bajo la premisa anterior, se considerará diferentes criterios de toma de muestras para poder llevar a cabo el muestreo del presente trabajo. Inicialmente tenemos que definir qué tan amplia es la distancia a la cual puede ser transportado los minerales indicadores en sedimentos de quebrada para ser captados al realizar el método de HMC. Según Cornelio (2019) la detección de los RIM's alcanza distancias de hasta 11.5 y 7,7 kilómetros. aguas abajo del cuerpo mineralizado. Así mismo, una vez delimitada la zona en donde realizamos la toma de muestras, debemos saber en qué lugar de la cuenca o arroyo se debe tomar las muestras, según Fletcher (1997) se recolectaron sedimentos de corrientes de ambientes de baja energía para asegurar la disponibilidad de suficiente material fino. Así mismo, Bheemalingeswara, K. (1995) menciona que las muestras se recolectaron principalmente en los sitios de trampas en el drenaje. En un inicio, se sabía que los trenes de dispersión máxima para la mayoría de los minerales pesados eran de 5 km (Stendal y Theobald 1994), pero estudios más recientes han demostrado que con la recolección de una muestra a granel de 10 a 20 kg y un procesamiento cuidadoso en el laboratorio, los

trenes de dispersión de sedimentos pueden tener decenas de kilómetros. kilómetros (Averill 2001)

Por lo cual, para el presente muestreo para HMC del proyecto minero Haquira, consideraremos una dispersión mínima y máxima de 7 y 11 kilómetros, respectivamente.

Figura 5

Diagrama que muestra la mineralización de afloramientos para una cuenca de captación



Nota: Mineralización de una cuenca con la ubicación de la muestra de sedimento anómalo aguas abajo que refleja el afloramiento mineralizado y las concentraciones de fondo de sedimentos en cuencas no mineralizadas. Modificado según Hawkes (1976). Tomado y modificado de Doherty, M. E. et al. (2023).

De igual manera, la masa ideal de la muestra y la profundidad de la toma de muestra es un tema de debate, de tal manera que el método que usa Beeson (1995) Aproximadamente de 5 a 6 kg de material (fracción de tamaño <2 mm) de muestras de sedimentos de arroyos se recolectaron en el campo. Además, como menciona Ali, L. et al. (2019) se recogieron concentrados de minerales pesados para oro, plata y metales básicos a una profundidad de 3 a 4 pies, es decir, a una profundidad de 90 a 120 cm. Pero, según

Obeid, M. et al. (2001) las muestras se tomaron a una profundidad de unos 20 cm. Así mismo, se puede recolectar muestras de sedimentos de escorrentía para estudios de HMC que, según Ali, L. et al. (2019) se recogieron aproximadamente 20 kg de muestra de sedimento en un balde.

También McClenaghan, M. et al. (2017) en cada sitio, se recolectaron muestras de 8 a 15 kg para la recuperación de minerales indicadores. Las muestras se recolectaron utilizando protocolos de muestreo de Reconocimiento Geoquímico Nacional (NGR) del GSC similares a los informados por Day et al. (2013) y McCurdy y McNeil (2014). En cada sitio, se recolectaron muestras de sedimento de arroyo de 9 a 14 kg para la recuperación de minerales indicadores.

Así mismo Bheemalingeswara, K. (1995) en cada sitio se recolectaron aproximadamente 5 kg de muestra. Incluso, según Fletcher, W. K. (1997) recomienda muestra de sedimento a granel de 8 a 16 kg. También Swennen, R., & Van der Sluys, J. (1998) nos dice que se toma una muestra masiva de sedimento del banco inferior (L-) (comúnmente de 20 a 40 cm de espesor) tomada a una profundidad (cuando sea posible, -1,5 m). Una muestra masiva (20 cm de espesor) de sedimento superior (U-), normalmente tomada dentro de los 5 a 25 cm superiores, que refleja firmas de fondo con influencias antropogénicas superpuestas. (3) Un sedimento de corriente activo (S-) a granel (alrededor de 5 kg) que debería indicar el grado actual de contaminación en el sistema de corrientes belga-luxemburgués. En el primer enfoque de muestreo, se tomaron muestras a granel de 5 a 15 kg, pero con la creciente experiencia de campo, cantidades de 1 a 5 kg resultaron ser suficientes para producir material representativo de la fracción <125 mm a analizar. Las muestras recolectadas para el segundo enfoque fueron del orden de 1 a 2,5 kg. Para entender mejor a Swennen & Van der Sluys ver la imagen 2. Finalmente, Bravo Cerro, F. I. (2023) menciona que las muestras de quebradas tuvieron un peso promedio de 5.5 kg, siendo de 1.7 kg la muestra de menor peso y de 8,3 kg la más pesada.

Así mismo, tenemos que considerar el tamaño máximo, mínimo y el promedio de los granos para un óptimo estudio de HMC, para ello también se tomó en cuenta diferentes

opiniones y/o criterios de diferentes autores. Como es el caso de Ali, L. et al. (2019) que menciona que se tiene muestra de 20 kg y luego el material se pasó a través de un tamiz de 7 mm y finalmente se retuvo en bandeja para obtener aproximadamente 200 gramos de muestra de concentrado. Finalmente, según Bheemalingeswara, K. (1995) muestra de tamaño de malla -20 (0,84 mm).

2.4.2 Procedimiento de la preparación de muestra para estudio de HMC

Existen distintos procedimientos para realizar el estudio de HMC, en el campo por ejemplo tenemos que podemos pasar la muestra por una malla para seleccionar granos de tamaño de arenas finas para poder aligerar la masa de la muestra. Según Ali, L. et al. (2019) las muestras de HMC se procesaron adicionalmente para su análisis. Las muestras se secaron en horno y placa calefactora.

Figura 6

Descripción esquemática de los dos enfoques de muestreo.

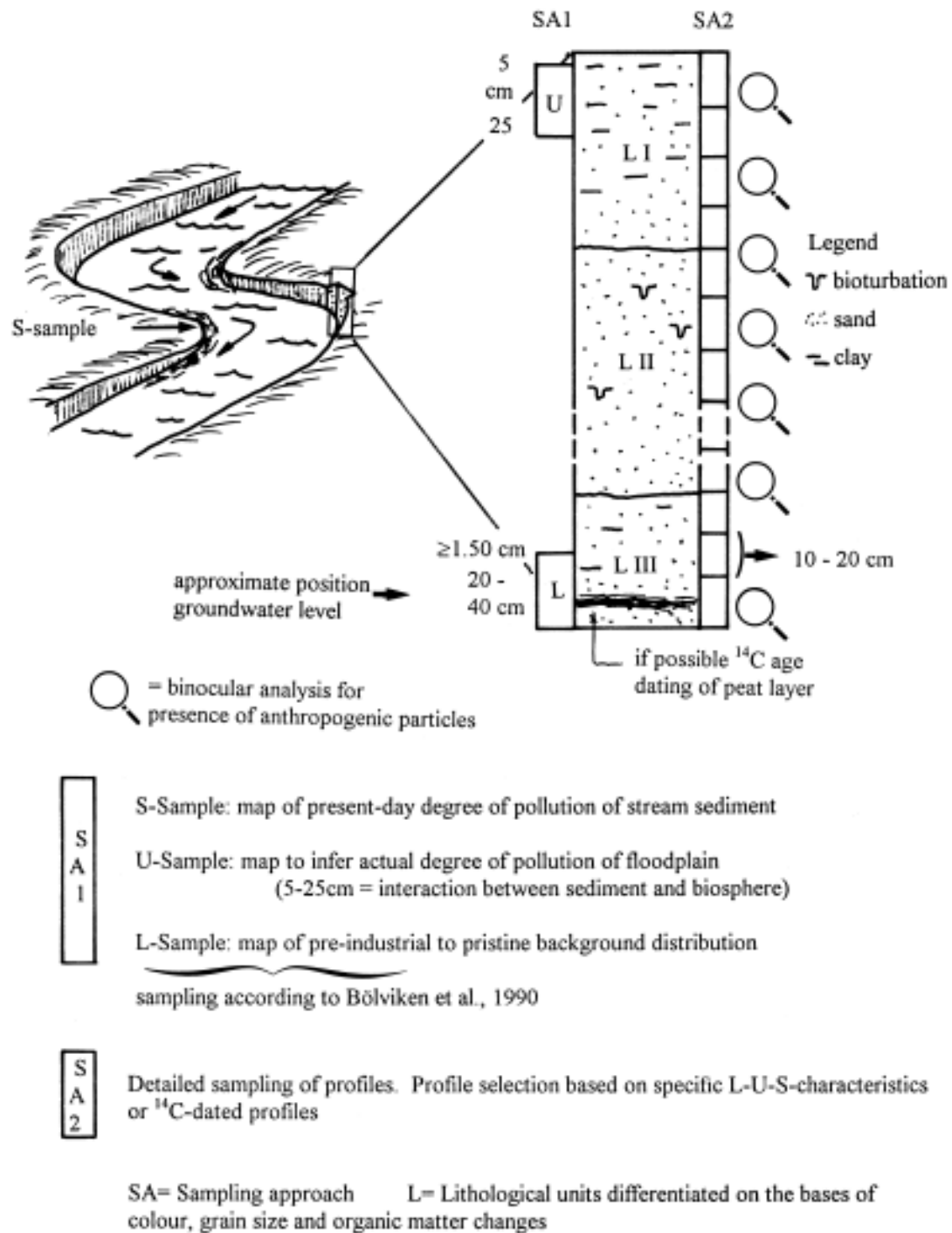


Fig. 2. Schematic overview of the two sampling approaches.

Nota: Tomado de Swennen, R., & Van der Sluys, J. (1998).

2.4.3 Minerales indicadores

Para estudios de HMC, Concentración de Minerales Pesados, necesita de ciertos minerales característicos, llamados también minerales indicadores. Los minerales indicadores son útiles para estudios de HMC, porque son resistentes a la erosión y transporte, tienen densidades relativamente altas y nos indican ciertas alteraciones hidrotermales de diferentes yacimientos. Actualmente, los minerales indicadores podrían ayudar a la exploración geológica de distintos yacimientos minerales siendo una herramienta excesivamente útil en caso de que otros métodos de estudio fallen. Para ello vemos la Tabla 3.

Al ser un método relativamente moderno, existe poca información sobre los minerales indicadores y HMC; sin embargo, autores sugieren diferentes minerales indicadores para distintos tipos de yacimientos y diferentes tipos de sedimentos, ya sean en sedimentos de escorrentías (stream sediments) o sedimentos de origen glaciar. A fin de tener más información y extrapolarla a nuestros requerimientos, consideraremos los minerales indicadores independientemente del tipo de sedimento en donde se ha registrado.

Tabla 3

Minerales indicadores utilizados o propuestos por los autores para tipos específicos de depósitos minerales.

Tipo de depósito de mineral	Minerales indicadores	Referencias
Diamantes	Cromodiópsido, granates eclogíticos y peridotíticos (almandina, piropo, grossularita y duvarovita), forsterita, perovskita, picrocromita, picroilmenita, priderita	Averill, 2001; Fipkeetal, 1995; Golubev, 1995; Gurney, 1984; Gurney y Zweistra, 1995; McClenaghanetal., 2000; Muggeridge, 1995
	Apatita	Belousovaetal.,2002
Gemas preciosas (corindón, crisoberilo, espinela, topacio, circón, turmalina, granate y esfeno)	Circón, rutilo, monzanita, cromita, casiterita, perovskita, geikielita entre otros	Dissanayakeetal.,2000
	Picroilmenita, geikielita, mg-espinela, salita, grossularita, esfena, davidita, monzanita	Rupasingheetal., 1993
Esmeraldas	Dravita turmalinas ligeramente enriquecido en hierro	Galbraithetal., 2009
	Crisoberilo, fenaquita	Groatetal.,2008

Tipo de depósito de mineral	Minerales indicadores	Referencias
Sulfuros de metales básicos	Gahnita, Zn -estauroлита, Zn-biotita, ecandrewsita	Ghoshand Praven, 2008
	Gahnita, Zn – estauroлита y hogbomita	DeBruiynetal., 1994
Depósitos tipo Mississippi de Pb- Zn	Fluorita	McClenaghan, 2005; Stendaland Theobald, 1994
Metamórficos / sulfuros masivos magmáticos	Gahnita, Zn – estauroлита, willemite, franklinita, sperrylita, rammelsbergita, loellita y calcopirita	Averil, 2001 Spry y Teale, 2009
Sulfuro de Cu –Ni	Calcopirita	Averil, 2001
	Gahnita y “Cr – granate”	Aumoand Salonen, 1986; Karimzadeh Somarin, 2004; Peltonenetal., 1992
Molibdeno	Topacio	McClenaghan, 2005; Stendaland Theobald, 1994
Oro	Cinabrio	Stendaland Theobald, 1994
Oro (en veta)	Turmalina dravita con zonificación oscilatoria o aumento de Al y disminución de Fe y Mg	Neivaetal.,2007
Estaño	Topacio	McClenaghan, 2005; Stendaland Theobald, 1994
	Casiterita	Zantop y Nespereira, 1979; Ryanetal, 1988
Estaño – Cobre	Dravita a schorlo (Fe rich) turmalina y casiterita	Mlynarczyland Williams-Jones, 2006
Estaño – Tungsteno (en veta)	Scheelita, turmalina schorlo con zonificación oscilatoria o aumento de Al y disminución de Fe y Mg	Neivaetal.,2007

Nota: Modificado de Gent, M. et al. (2011).

Tal y como se ha mencionado anteriormente, tenemos registros de minerales indicadores en sedimentos de terrenos glaciares y no glaciares, como observamos en la Tabla 4 y Tabla 5.

Tabla 4

Minerales indicadores más utilizados.

Producto / Depósito	Minerales indicadores	Composición química	Densidad promedio (g/cm ³)	Rango típico de tamaño (mm)
Diamante ¹	Cr- piropo granate	(Mg, Fe) ₃ (Al, Cr) ₂ (SiO ₄) ₃	3.7	0,25 – 0,5
	Eclogítico granate	(Fe ⁺⁺ , Mg) ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃	4	0,25 – 0,5
	Mg- ilmenita	(Fe ⁺⁺ , Mg)TiO	4.7	0,25 – 0,5
	Cr- diopsido	CaMg(Fe, Cr)Si ₂ O ₆	3.3	0,25 – 0,5
	Cromita	(Fe ⁺⁺ , Mg)(Cr, Al) ₂ O ₄	4.8	0,25 – 0,5
	Forsterítico olivino	(Mg, Fe) ₂ SiO ₄	3.3	0,25 – 0,5
	Diamante	C	3.5	0,25 – 0,5
Oro ²	Oro	Au	17.6	0,01 – 0,25
	Scheelita	CaWO ₄	6	0,01 – 0,25
	Rutilo	TiO ₂	4.3	0,01 – 0,25
	Sulfuros	-	>4.0	0,01 – 0,25
Magmático Ni-Cu-PGE ³	Cr-diopsido	CaMg(Fe, Cr)Si ₂ O ₆	3.3	0,25 – 2,0
	Forsterítico olivino	(Mg, Fe) ₂ SiO ₄	3.3	0,25 – 2,0
	Enstatita	(Mg, Fe) ₂ Si ₂ O ₆	3.2	0,25 – 2,0
	Cromita	(Fe ⁺⁺ , Mg)(Cr, Al) ₂ O ₄	4.8	0,25 – 2,0
	Pentlandita	(Fe, Ni) ₉ S ₈	4.8	0,01 – 0,25
	Pirrotita	Fe _(1-x) S _(x=0-0,17)	4.6	0,01 – 0,25
	Calcopirita	CuFeS ₂	4.2	0,01 – 0,25
	Pirita	FeS ₂	5	0,01 – 0,25
	Minerales del grupo del platino	-	>8.0	0.001 – 0.1
Depósitos VMS ⁴	Calcopirita	CuFeS ₂	4.2	0,01 – 0,25
	Galena	PbS	7.4	0,01 – 0,25
	Esfalerita	(Zn, Fe)S	4.1	0,01 – 0,25
	Pirrotita	Fe _(1-x) S _(x=0-0,17)	4.6	0,01 – 0,25
	Pirita	FeS ₂	5	0,01 – 0,25
	Gahnita	(Zn, Fe)Al ₂ O ₄	4.3	0,25 – 2,0
	Espesartina	(Mn ⁺⁺ , Fe) ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃	4.2	0,25 – 2,0
	Estauroлита	(Fe ⁺⁺ , Mg) ₂ Al ₉ (Si, Al) ₄ O ₂₀ (O, OH) ₄	3.7	0,25 – 2,0
Depósitos de Pb-Zn ⁵ (Tipo del Valle de Mississippi)	Galena	PbS	7.4	0,01 – 2,0
	Esfalerita	(Zn, Fe)S	4.1	0,01 – 2,0
Depósitos de pórfido de Cu ⁶	Sulfuros	-	> 4.0	0,25 – 2,0
	Andradita	Ca ₃ Fe ⁺⁺⁺ ₂ (SiO ₄) ₃	3.9	0,25 – 2,0

Producto / Depósito	Minerales indicadores	Composición química	Densidad promedio (g/cm ³)	Rango típico de tamaño (mm)
	Diáspora	AlO(OH)	3.4	0,25 – 2,0
	Baritina	BaSO ₄	4.5	0,25 – 2,0
	Alunita	KAl ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆	2.7	0,25 – 2,0
	Dravita	NaMg ₃ Al ₆ (BO ₃) ₃ Si ₆ O ₁₈ (OH) ₄	3.1	0,25 – 2,0
	Apatito	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (OH, F, Cl)	3.2	0,25 – 2,0
Depósitos W-Mo ⁷	Scheelita	CaWO ₄	6	0,01 – 0,25
	Wolframita	(Fe, Mn)WO ₄	7.3	0,01 – 0,25
	Sulfuros	-	>4.0	0,01 – 0,25
	Minerales de Bi	-	>6.0	0,01 – 0,25
"Metales de alta tecnología" p.ej. Nb, Ta, REE	Pirocloro	(Na, Ca) ₂ Nb ₂ O ₈ (OH, F)	5.3	0,01 – 0,25
	Columbita	Fe ⁺⁺ Nb ₂ O ₆	6.3	0,01 – 0,25
	Minerales de Ta	-	>8.0	0,01 – 0,25
	Allanita	(Ce, Ca, Y) ₂ (Al, Fe ⁺⁺⁺) ₃ (SiO ₄) ₃ (OH)	3.75	0,01 – 0,25

Nota: Referencia, 1. McClenaghan & Kjarsgaard (2007). 2. McClenaghan & Cabri (2011) 3 and 6. Averill (2011) 4. Averill (2001) 5. Oviatt et al. (2013). 7. McClenaghan et al. (2013). Modificado de Lehtonen, M. et al. (2015).

Tabla 5

Comparación de firmas de minerales indicadores en muestras de sedimentos alrededor de depósitos de pórfido de Cu para terrenos glaciar y no glaciar.

Fuente de información	Muestra medio	Tipo de terreno	Minerales indicadores	Elementos minerales	Depósito de pórfido de Cu
Este estudio, Chapman et al. (2018, 2022), McClenaghan et al. (2020), McCurdy et al. (2022)	Sedimento de corriente	No glaciar	Calcopirita, goethita, oro, jarosita, magnetita, molibdenita, pirita, esfalerita y turmalina	Cu, Au, Mo	Casino
Averil (2011)	Aluvión	No glaciar	Granate andradita, barita, jarosita, alunita y turquesa	Cu	Quebrada Blanca
Kelley y cols. (2021, 2022)	Sedimento de corriente	No glaciar	Calcopirita, bornita, svanbergita y apatita	Cu Mo	Tauro, farol
Graham y cols. (2015)	Sedimentos de corriente	Glaciar	Ninguno	Au, Cu	Silbador
Chapman et al. (2014, 2018, 2022)	Grava de placeres	Glaciar	Oro (único mineral evaluado)	Cu-Au	Varios depósitos en Yukon

Nota: Modificado de McClenaghan, M. et al. (2023).

A nivel mundial si hay registros de minerales indicadores en yacimientos tipo pórfidos de cobre en diferentes tipos de terreno, tal y como se muestra en la Tabla 6 y Tabla 7.

Tabla 6

Minerales indicadores potenciales del depósito de pórfido Casino Cu-Au-Mo y del placer Au-W del Upper Canadian Creek.

Mineral	Fuentes citadas por los autores.	Gravedad específica	Dureza	En escorrentia HMC en este estudio	Primera presencia reportada en depósito
Hematita	Alteración potásica	5.3	6.5	Si	Godwin (1975)
Magnetita	Alteración potásica	5.1–5.2	5.5–6	Si	Godwin (1975)
Anhidrita	Alteración potásica	2.96–2.98	3.5	No	Godwin (1975)
Turmalina	Alteración potásica	2.98–3.2	7–7.5	Si	Godwin (1975)
Pirita	Alteración potásica	5–5.0	6.5	Si	Godwin (1975)
Calcopirita	Alteración potásica	4.1–4.3	3.5	Si	Godwin (1975)
Molibdenito	Alteración potásica	5.5	1.0	Si	Godwin (1975)
Esfalerita	Alteración potásica	3.9–4.2	3.5–4	Si	Godwin (1975)
Bornita	Alteración potásica	4.9–5.3	3	No	Godwin (1975)
Jarosita	Alteración potásica	2.9–3.3	2.5–3.5	Si	Godwin (1975)
Turmalina	Alteración fílica	2.98–3.2	7–7.5	Si	Archer and Main (1971)
Titanita	Alteración fílica	3.4–3.56	5–5.5	Si	Huss et al. (2013)
Pirita	Alteración fílica	5–5.0	6.5	Si	Archer and Main (1971)
Calcopirita	Alteración fílica	4.1–4.3	3.5	Si	Archer and Main (1971)
Molibdenito	Alteración fílica	5.5	1.0	Si	Archer and Main (1971)
Hematites	Alteración fílica	5.3	6.5	Si	Archer and Main (1971)
Magnetita	Alteración fílica	5.1–5.2	5.5–6	Si	Godwin (1975)
Jarosita	Alteración fílica	2.9–3.3	2.5–3.5	Si	Archer and Main (1971)
Epidota	Alteración propilítica	3.3–3.6	7	Si	Godwin (1975)
Pirita	Alteración propilítica	5–5.0	6.5	Si	Godwin (1975)
Limonita	Tapa lixiviada	2.7–4.3	4–5.5	No	Archer and Main (1971)
Jarosita	Tapa lixiviada	2.9–3.3	2.5–3.5	Si	Archer and Main (1971)
Plumbojarosita	Tapa lixiviada	3.6–3.67	5–2	Si	Huss et al. (2013)
Beudantita	Tapa lixiviada	4.1–4.3	4	Si	Huss et al. (2013)
Pirolusita	Tapa lixiviada	4.4–5.06	6–6.5	Si	Huss et al. (2013)
Goethita	Tapa lixiviada	3.3–4.3	5–5.5	Si	Godwin (1975)
Hematites	Tapa lixiviada	5.3	6.5	Si	Archer and Main (1971)
Pirita	Hipogeno	5–5.0	6.5	Si	Archer and Main (1971)

Mineral	Fuentes citadas por los autores.	Gravedad específica	Dureza	En escorrentía HMC en este estudio	Primera presencia reportada en depósito
Calcopirita	Hipogeno	4.1–4.3	3.5	Si	Archer and Main (1971)
Molibdenito	Hipogeno	5.5	1.0	Si	Archer and Main (1971)
Esfalerita	Hipogeno	3.9–4.2	3.5–4	Si	Godwin (1975)
Oro	Hipogeno	16–19.3	2.5–3	Si	Archer and Main (1971)
Bismutinita	Hipogeno	6.8–7.2	2.0	Si	Huss et al. (2013)
Baritina	Vetas polimetálicas	4.5	3–3.5	Si	Archer and Main (1971)

Nota: Minerales indicadores encontrados en muestras de sedimentos de corrientes en este estudio. Resúmenes de las descripciones de depósitos informadas por Bostock (1959), Godwin (1975), Bower et al. (1995), Casselman y Brown (2017) y Huss et al. (2013). Modificado de McClenaghan, M. et al. (2023).

Tabla 7

Resumen de las firmas geoquímicas de minerales indicadores y oligoelementos de muestras de sedimentos de corrientes alrededor del depósito del Casino (lados norte y sur) y otras ocurrencias minerales locales en el área del Casino.

Muestra	Arroyo	Potencial mineralizado fuente río arriba	Indicador de abundancia de minerales por encima de los valores umbral locales	Elementos traza en sedimentos fluviales de 2017 por encima de los valores umbral regionales
1002	Batalla	Ocurrencia de pórfido de Cockfield Cu-Mo-Au	Calcopirita, bismutinita, plumbo jarosita, jarosita, turmalina	Ag, As, Bi, Cd, Cu, Mo, Pb, Te, W
1003	Sin nombre	Ocurrencia de pórfido de Cockfield Cu-Mo-Au	Calcopirita, pirita, molibdenita, bismutinita, arsenopirita, jarosita y turmalina.	Bi, Sb, Te, W
1004	HaSi	Quebrada de Sonora	Oro, calcopirita, pirita, goethita, barita, andradita y turmalina	Como, Pb, Sb, W
1006	Colorado	Desconocido	Oro y turmalina	Ninguno
1007	Casino	Depósito Casino Cu-Au-Mo (lado sur)	Oro, pirita y jarosita	Cd, Cu, Pb, W
1008	Casino	Depósito Casino Cu-Au-Mo (lado sur)	Oro, calcopirita, jarosita, turmalina y goethita	CD, Cu
1009	Sin nombre	Desconocido	Ninguno	Ninguno
1010	Casino	Depósito Casino Cu-Au-Mo (lado sur)	Oro, beudantita, jarosita, turmalina y goethita	Ag, Au, Bi, Cd, Cu, Pb, Sb, Te, W, Zn
1012	Sin nombre	Koffee -Pórfido de Canadian Creek ocurrencias de Cu-Au	Oro, calcopirita, pirita, molibdenita y jarosita	Sb, Te, W
1013	Meloy	Bombardero Pb-Zn-Ag vetas polimetálicas	Calcopirita, pirita, esfalerita, plumbo jarosita y pirolusita	Ag, Bi, Cd, Pb, Sb, Zn

Muestra	Arroyo	Potencial mineralizado fuente río arriba	Indicador de abundancia de minerales por encima de los valores umbral locales	Elementos traza en sedimentos fluviales de 2017 por encima de los valores umbral regionales
1014	Casino	Depósito Casino Cu-Au-Mo (lado sur)	Oro, calcopirita, pirita, molibdenita, esfalerita, jarosita, turmalina y goethita.	Ag, Bi, Cd, Cu, Pb, Sb, Te, Zn
1015	Excelsior	Desconocido	calcopirita y pirita	Sb
1016	Sunshine	Desconocido	Calcopirita, pirita, andradita, barita, jarosita y turmalina	Sb
1017	Isaac	Venas polimetálicas Buck plutónico-orogénicas Au + Idaho Creek	Oro	Cd, Sb
1018	Mascot	Betty orogénica Au	Oro, calcopirita, pirita, bismutinita y arsenopirita	Sb
1019	Canadian	Depósito Casino Cu-Au-Mo (lado norte) y aparición de pórfido Cu-Au de Canadian Creek	Oro, calcopirita, pirita, esfalerita y goethita y turmalina	Ag, Bi, Cd, Cu, Mo, Pb, Sb, Te, W, Zn
1020	Sin nombre	Margarita polimetálica Ag-Pb-Zn ± Au vetas	Oro, cinabrio, pirita, goethita, barita y turmalina	Ninguno
1022	Sin nombre	Desconocido	Calcopirita, pirita, barita y turmalina	Ninguno
1023	Britania	Depósito Casino Cu-Au-Mo (lado norte) y aparición de pórfido Cu-Au de Canadian Creek	Oro, calcopirita, pirita, molibdenita, jarosita y turmalina	Sb
1025	Britania	Depósito Casino Cu-Au-Mo (lado norte) y ocurrencia de pórfido Cu-Au de Canadian Creek	Oro, pirita, goethita, jarosita y turmalina	Sb, W
1026	Canadian	Depósito Casino Cu-Au-Mo (lado norte) y aparición de pórfido Cu-Au de Canadian Creek	Oro, calcopirita, pirita, goethita, jarosita y turmalina	Au, Mo, Cd, Sb, W, Te
1027	Sin nombre	Desconocido	Goethita y barita	Sb

Nota: Modificado de McClenaghan, M. et al. (2023).

En el Perú, Cornelio (2019) registra minerales indicadores resistentes (RIMs) en el pórfido de Cu – Mo de La Granja, estos se pueden divisar en la Tabla 8.

Tabla 8

Porcentaje promedio de abundancia relativa en porcentaje en peso (% pp) de los RIM's detectados desde la quebrada Ayra y Checos del pórfido de Cu – Mo, La Granja, Cajamarca, Perú.

Nombre	Quebrada Ayra	Quebrada Checos
Turmalina	0.058	12.052
Apatito	0.176	24.720
Rutilo/ Anatasa	3.940	19.186
Epidota	9.830	21.732
Corundo	2.356	36.393
Ilmenita	1.790	16.183
Clorita	9.056	16.192

Nota: Tomado de Cornelio (2019).

2.5 Geoquímica

Durante décadas la Geoquímica ha sido y es una herramienta fundamental para las exploraciones geológicas de diferentes tipos de yacimientos, listados en la Tabla 9. Y por ello debemos tener en consideración los elementos indicadores (pathfinders), en especial de los yacimientos tipo pórfido.

Tabla 9

Elementos pathfinders de diferentes tipos de yacimientos minerales

Tipo de depósito	Elementos mayores	Elementos asociados	Indicadores analizados por métodos comunes	Indicadores analizados por métodos especiales
Yacimientos hidrotermales				
Pórfido de Cu	Cu	Mo, Au, Ag, Re, As, Pb, Zn, K	Cu, Mo, Zn, W, Sb	Au, As
Pórfido de Mo	Mo	W, Sn, F, Cu	Cu, Mo, Sn, W	F
Skarn - magnetita	Fe	Cu, Co	Fe, Cu, Co	
Skarn Cu	Cu, Fe	Au, Ag	Cu, Fe, Ag	Au
Skarn Pb - Zn	Pb, Zn	Cu, Co	Pb, Zn, Cu, Co	
Skarn W - Mo - Zn	W, Mo, Zn	F, Cu, Be, Bi	W, Mo, Sn, Cu, Be, Bi	F
Vetas de metales bases polimetálicas y sulfuros masivos vulcanogénicos	Pb, Zn, Cu	Ag, Au, As, Sb, Mn, Ba	Pb, Zn, Cu, Ag, Sb, Ba	Au, As
Sn - W en greisenes de cuarzo	Sn, W		Sn, W, Mo, Cu, Bi	F, Li, Rb
Vetas de sulfuro de Sn	Sn	Cu, Pb, Zn, Ag, Sb	Sn, Cu, Pb, Zn, Ag, Sb	
Veta de Co - Ni - Ag	Co, Ni, Ag	As, Sb, Bi, U	Co, Ni, Ag, Sb, Bi	As, U

Tipo de depósito	Elementos mayores	Elementos asociados	Indicadores analizados por métodos comunes	Indicadores analizados por métodos especiales
Mena de Au	Au, Ag	As, Hg, Sb, Te, Se, U, Ti	Ag, Sb	Au, As, Hg
Hg y Sb - Hg	Hg, Sb	As, Ba	Sb, Ba	Hg, As
Veta de U	U	Mo, Pb, F, Zn, Ag, Cu	Mo, Pb, Zn, Ag, Cu	U, F
Cu en basalto	Cu	Ag, As	Cu, Ag	As
Skarn Bi	Bi	Cu, Pb, Zn	Bi, Cu, Pb, Zn	
Sulfuro de Cu masivo vulcanogénicos	Cu	Zn, Au	Cu, Zn	Au
Capa de Fe rico de Au - As	Au, As	Sb	Sb	Au, As
Pb - Zn, valle de Mississippi	Zn, Pb	Ba, F, Cd, Cu, Ni, Co, Hg	Zn, Pb, Cu, Ni, Co, Ba	F, Hg, Cd
Fluorita, valle de Mississippi	Fe	Ba, Pb, Zn	Ba, Pb, Zn	F
Arenisca con U	U	Rn, Se, Mo, V, Cu, Pb	Mo, V, Cu, Pb	U, Rn, Se
Estrato rojo con Cu	Cu	Ag, Pb	Cu, Ag, Pb	
Calcreta de U	U	Rn, V	V	U, Rn
Yacimientos magmáticos				
Mena de cromita	Cr	Ni, Co, Fe, Mg	Cr, Ni, Co, Fe, Mg	
Intrusivo estratificado con Pt - Ni - Cu	Pt, Ni, Cu	Cr, Co, Zn	Cu, Zn, Pt, Cr, Co	
Magnetita estratificada	Fe	V, Ti, P	Fe, V, Ti, P	
Sulfuro de Cu - Ni inmiscible	Cu, Ni	Pt, Co, As, Au	Cu, Ni, Co, Pt	As, Au
Óxido de Fe - Ti inmiscible	Fe, Ti	P	Fe, Ti, P	
Carbonatitas	Nb, Ta	Na, Zr, P, U	Nb, Ta, Na, Zr, P	U
Pegmatitas y aplogranitos	Be, Li, Cs, Rb	B, U, Th, tierras raras	Be, Sn, Nb, Ta, W	Li, Cs, Rb, F, U, Th
Yacimientos sedimentarios				
Fosforitas	P	U	P	U
Lutita de Cu	Cu	Ag, Zn, Pb, co, Ni, Cd, Hg	Cu, Ag, Zn, Pb, Co, Ni	Hg, Cd
Arenisca de Cu	Cu	Ag, Co, Ni	Cu, Ag, Co	

Nota: Extraído de Boyle, 1974; Beus y Grigorian, 1977 y Rose et. al., 1979.

En los estudios de exploración, los elementos guía junto con los minerales indicadores proporcionan un medio para evaluar grandes áreas en cuanto a su potencial mineral eliminando áreas probablemente estériles de las áreas bajo consideración. Balaram, V. et al. (2022). Por ello, debemos considerar la Tabla 10.

Tabla 10

Diferentes tipos de depósitos, minerales y elementos pioneros.

Depósito de interés	Tipo de depósito	Principal Minerales Pathfinder	Elementos principales de Pathfinders
REE	Oro	Pirita, calcopirita, arsenopirita, magnetita, bismutinita, telururos, tetraedrita, pirita, esfalerita, moscovita, monacita, bastnasita, cuarzo, scheelita, wolframita y casiterita	Fe, Mn, Cu, Co, Ni, Sb, Zn, As, Bi, Te, Sn, Se, Ti, Ag, Hg, Pb, Mo y W
	Rocas carbonatitas	Grupo de la bastnasita, ancylita, monacita, apatita (flúor), pirocloro, xenotima y florencita .	Na, Mg, Fe, P, Ba, F, S, Sr, Ca, Nb, Th, U, Zr, Cu, Ta, Ti, V, Mn y Pb
	Rocas ígneas (incluida la mejora hidrotermal)	Grupo de la bastnasita, aegirina, eudialita, loparita, alanita, monacita, fergusonita, circón, xenotima, fluorapatita, ancilita, gadolinita, euxenita y mosandrita	Na, K, Fe, Al, Zr, Ti, Nb, Ta, Li, F, Cl, Si, Th, U, P, Cs, Rb, Sn, W, Mo, Be, Ga, Hf, Mn, B
	Placeres y paleoplaceres	Monacita, xenotima, allanita y euxenita	Ti, Nb, Zr, Au, Sn, Th, U, Pb, F
	lateritas	Monacita, apatita, pirocloro, grupo de crandallita, grupo de bastnasita , churchita, rabdófono , plumbogummita, circón, florencita, xenotima y cerianita .	Fe, Al, Nb, Zr, Ti, Sn, Mn, P, bajo Si, anomalía negativa de Ce
	Adsorción de iones	Minerales arcillosos (principalmente caolinita y haloisita).	Alto Si (>75%), bajo P
	Depósitos asociados a óxido de hierro (incluido IOCG)	Bastnasita, sinquisita, monacita, xenotima, florencita, britolita	Fe, Cu, U, Au, Ag, Ba, F, P, S
	Depósitos del fondo marino, como nódulos de manganeso, corteza de ferromanganeso y fosforita.	Vernadita, todorokita, hidróxido de Fe-oxy, carbonato fluorapatita, francolita .	Mn, Fe, P, Cu, Ni, Co
Cu-Ni-PGE		Pentlandita, calcopirita, pirita, millerita, PGM, cromita, Cr -diopsido, enstatita, olivino, Cr -andradita	Ni, Cu, Pd, As, Cr, Co, S, PGE
Sulfuros masivos vulcanogénicos (VMS) (Cu, Pb, Zn, Ag, Au)		Galena, esfalerita, calcopirita, pirrotita, oro, pirita, gahnita, estauroilita, casiterita, espesartina, silimanita, andalucita, beudantita, jarosita, barita, turmalina, hogcomita, nigerita	Cu, Zn, Pb, Ag, Mo, Sn, Ba, As, Sb, In, Te, Bi y Ti
Depósitos de W-Mo- Bi y Sn-Zn		Casiterita, wolframita, molibdenita, topacio, calcopirita, galena, esfalerita, arsenopirita, pirita, loellingita, beudantita, anglesita, plumbogummita, plumbogummita	Ag, As, Cd, Cu, Pb, Re, Te y Ti

Depósito de interés	Tipo de depósito	Principal Minerales Pathfinder	Elementos principales de Pathfindes
	Li	Espodumena, petalita, amblygonita, cuarzo, feldespato potásico, albita, ormontebrasita, lepidolita, zinnwaldita, eucryptita, casiterita, litiofilita, holmquistita, trilita, cuarzo, moscovita, apatita, turmalina tantalita-columbita y berilo	K, Ca, Rb, Sr, Y, Nb, Sn, Cs, Ta, Sb, W, Bi, As, Ga, Tl, y REE
Diamantes alojados en kimberlita		Cr – piropo, Cr – diópsido, granate eclogítico, Mg – ilmenita, cromita, olivino y diamante	C
	U	Uraninita (pitchblenda), torianita, turmalina, sulfuros, monacita, allanita, circón, baddelyita, niccolita, U-Thanatasa, U-Thrutile, brannerita y magnetita	Cu, Ag, As, Cr, Pb, Zn, Ni, Co, Re, Be, P, Mo, Mn, REE y Pb isótopos radiogénicos

Nota: Modificado de Balaram, V. et al. (2022).

2.6 Geología regional

En el proyecto minero Haquira pertenece a la franja metalogenética XV de pórfidos – skarns de Cu – Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu – Au – Fe relacionados con intrusivos del Eoceno – Oligoceno; además, está íntimamente relacionado al Batolito de Andahuaylas – Yauri de 300 x 100 Km que fue emplazado durante el Eoceno al Oligoceno temprano en el cual se reconocen dos pulsos magmáticos basados en las edades K-Ar del anfíbol magmático, la biotita y el feldespato potásico en rocas graníticas (Perelló et al., 2003).

El primer pulso, de menor volumen, estuvo dominado por magmas máficos (gabros y dioritas) emplazados entre ~48 a 43 Ma. El segundo pulso, más voluminoso, estuvo relacionado con los depósitos de pórfido cuprífero y skarns, y estuvo dominado por magmas granodioríticos y emplazados entre ~40 a 32 Ma.

La zona de estudio del proyecto minero Haquira presentan pliegues (como Tocone) con tendencia al noroeste a este – oeste que se encuentran estrechamente asociado y desplazado por el empuje de noroeste a este – oeste y fallas que tienden al norte, dicho control estructural data de la orogenia Incaica, entre el Paleoceno tardío y el Eoceno-Oligoceno, los estratos Jurásico-Cretácico se deformaron en pliegues con rumbo noroeste a este-oeste que están estrechamente asociados y desplazados por fallas inversas con rumbo noroeste a este-oeste y vergencia norte. (Maher, 2010, Carlotto, 1998).

Al Batolito de Andahuaylas – Yauri está relacionados diferentes yacimientos minerales en exploración o explotación actualmente. Las cuales presentan las siguientes formaciones:

- Formación Chuquibambilla: Se presenta en la base y está dominado por una secuencia sedimentaria de lutitas negras marinas profundas con intercalaciones menores de limolita y arenisca del Jurásico Medio, perteneciente a la unidad inferior del grupo Yura (Ligarda, 1989). Además, tal y como menciona Pecho (1981), la formación Chuquibambilla está cubierta por la formación Soraya que son rocas sedimentarias del Cretácico, marianas a deltaicas compuestas por gruesas unidades de cuarcita intercalados con capas más delgadas de limolitas; así mismo, la formación Soraya está cubierta por la formación Mara, compuesta de lutitas de color marrón rojizo y limolitas de capa delgada con intercalaciones menores de arenisca. Finalmente, Marruecos 1978 menciona que la formación Mara está cubierta por calizas de la formación Ferrobamba pertenecientes al Cretácico superior.
- Formación Cachios: Se encuentra en el piso estratigráfico de nuestra zona de estudio, litológicamente la base consiste en intercalaciones de limoarcillitas negras, grises y verdes, bien estratificadas y laminadas, muchas veces fracturadas (craqueladas), intercaladas con niveles delgados de areniscas grises y cuarcitas; hacia el techo las cuarcitas son más frecuentes y los bancos más gruesos. (Valdivia y Latorre, 2003).
- Formación Labra: Benavides (1962) comprende secuencias de areniscas gris blanquecinas en estratos medianos a gruesos de grano medio con patinas de óxidos que le dan un color rojo, se interestratifican con lutitas negras delgadas con algunos niveles de lutitas carbonosas y presencia de algunos niveles de areniscas calcáreas de grano medio de color gris claros. Hacia el techo intercalación de areniscas cuarzosas gris claras con lutitas negras delgadas y algunos niveles calcáreos.

- Formación Gramadal: Valdivia y Latorre (2003) consisten en limoarcillitas laminadas de coloraciones negras y grises a verdes que se intercalan con delgados niveles de calizas grises. Luego encontramos a la formación Hualhuani, litológicamente consiste en una alternancia monótona de areniscas cuarzosas blancas de grano fino a medio con estratificación cruzada que forman bancos gruesos y medianos, son menos frecuentes las areniscas grises de grano fino, ocasionalmente se intercalan con niveles delgados de limoarcillitas negras carbonosas (Jenks, 1948).
- Formación Murco: Jenks (1948), la cual presenta, en la base, areniscas rojas de grano medio a grueso con laminaciones oblicuas de bajo ángulo, intercaladas con niveles de limoarcillitas rojas, pardas y verdes. La parte media más fina consiste en una intercalación de limoarcillitas rojas, verdes, a veces blanquecinas que se intercalan con areniscas rojas a púrpuras y microconglomerados. Resaltan en la parte media dos secuencias de areniscas cuarzosas blancas en bancos medianos, hacia el techo se intercalan areniscas rojas y limoarcillitas de color rojo y verde, además de niveles delgados de calizas.
- Formación Arcurquina: La secuencia inferior consiste en bancos de gruesos de calizas grises y negras, la parte media consiste en calizas negras y grises bien estratificadas en bancos delgados a medianos. Hacia la parte superior las calizas son nuevamente masivas en bancos medianos a gruesos. En conjunto las calizas están replegadas, presentan abundante fósil, nódulos de chert y algunos niveles de limoarcillitas carbonosas negras (Jenks, 1948).
- Formación Alfabamba: Pecho (1983) define a la formación Alfabamba como volcánicos Alfabamba a un conjunto de tobas que sobreyace en discordancia angular al Grupo Tacaza.
- Grupo Tacaza: Marocco y del Pino (1996) menciona que La base consiste de conglomerados gruesos, con elementos semi-angulosos de cuarcitas y calizas, con un diámetro de 2 a 3 m. Encima yace una secuencia de 15 a 25 m. compuesta por

areniscas de grano medio a grueso, de color gris, verde a rojizo que se intercalan con capas delgadas de lutitas rojo-violáceas de naturaleza tufácea y capas de brechas, con clastos de cuarcitas areniscas, algunas calizas de 2 a 5 cm. de diámetro y matriz areno-tufácea. Hacia arriba presentan 500 m. de capas gruesas de conglomerados con elementos subredondeados de cuarcitas y areniscas, siendo la matriz bastante tufácea. En toda la secuencia se intercalan capas de derrames andesíticos y brechas tufáceas. Sobre esta serie descansa una potente secuencia volcánica, que se observa en todos los cuadrángulos estudiados y cuya litología es la siguiente; derrames lávicos en bancos de 0.5 a 3.0 m., brechas y aglomerados tufáceos, tufos re TRABAJADOS de naturaleza andesítica, dacítica y riolítica cuya extensión lateral es de forma lenticular. La coloración varía de gris verdosa a morado rojiza. Las brechas tufáceas y los tufos son generalmente de colores claros.

- Grupo Barroso: Litológicamente está conformada por conjunto de rocas volcánicas, formado principalmente por derrames y piroclásticos de naturaleza andesítica, traquítica y traquiandesítica (Mendivil, 1965).

Figura 7

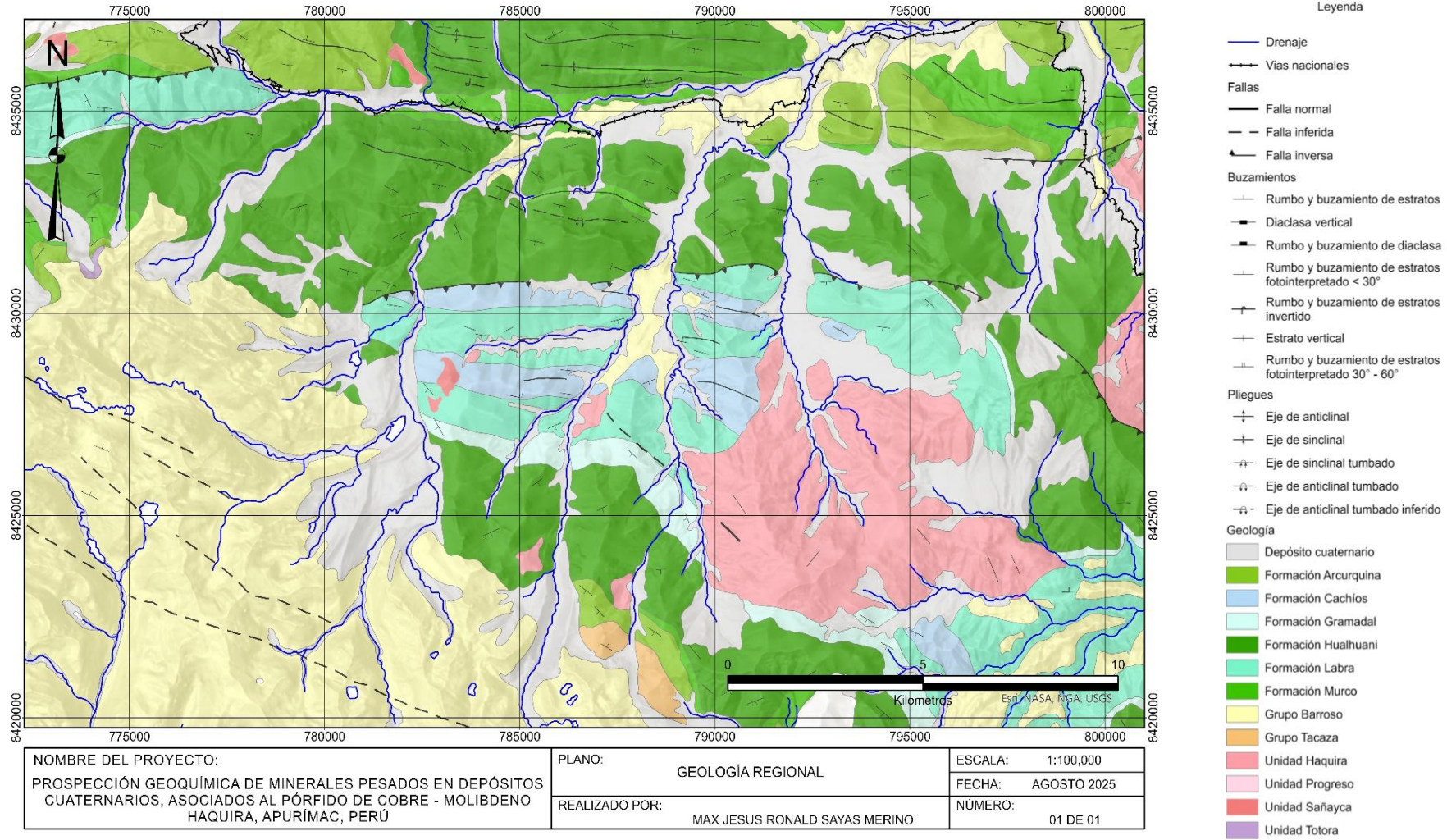
Columna litoestratigráfica del cuadrángulo Antabamba

Edad		Unidad Litoestratigráfica			Grosor Aprox. en (m)	Litología	Descripción	Rocas Intrusivas y Subvolcánicas																																										
Eratema	Sistema	Serie																																																
CENOZOICA	CUATERNARIA	Holocena	Depósitos	Aluviales/bofedales		Qh-al/bo		Bloques, guijarros en una matriz de arena y limo/ principalmente limos y arcillas.	<table><tr><td rowspan="2">UNIDAD</td><td rowspan="2">Totora</td><td rowspan="2">Subvolcánico Totora</td><td></td><td>PH-tot-p</td><td>Riolita porfírica</td></tr><tr><td></td><td>PH-tot-b</td><td>Dacita</td></tr><tr><td rowspan="4">Huasani</td><td rowspan="4">Utupara Huasani</td><td></td><td>PH-hu-ut1</td><td>Diorita</td></tr><tr><td></td><td>PH-hu-ut2</td><td>Granodiorita</td></tr><tr><td rowspan="2">Progreso</td><td rowspan="2">Progreso</td><td></td><td>PH-pro-jagd</td><td>Granodiorita</td></tr><tr><td></td><td>PH-pro-oygd</td><td>Granodiorita</td></tr><tr><td rowspan="2">Cochasayhuas</td><td rowspan="2">Cochasayhuas</td><td></td><td>PH-ita-cot1</td><td>Diorita</td></tr><tr><td></td><td>PH-pe-malm/mcm1</td><td>Metacuarzo monzonítico</td></tr><tr><td rowspan="2">Parco</td><td rowspan="2">Negrococha Parco</td><td></td><td>PH-pe-pat1</td><td>Diorita</td></tr><tr><td></td><td>PH-pe-pat2</td><td>Diorita</td></tr></table>	UNIDAD	Totora	Subvolcánico Totora		PH-tot-p	Riolita porfírica		PH-tot-b	Dacita	Huasani	Utupara Huasani		PH-hu-ut1	Diorita		PH-hu-ut2	Granodiorita	Progreso	Progreso		PH-pro-jagd	Granodiorita		PH-pro-oygd	Granodiorita	Cochasayhuas	Cochasayhuas		PH-ita-cot1	Diorita		PH-pe-malm/mcm1	Metacuarzo monzonítico	Parco	Negrococha Parco		PH-pe-pat1	Diorita		PH-pe-pat2	Diorita
				UNIDAD	Totora	Subvolcánico Totora		PH-tot-p					Riolita porfírica																																					
								PH-tot-b		Dacita																																								
		Huasani	Utupara Huasani		PH-hu-ut1	Diorita																																												
					PH-hu-ut2	Granodiorita																																												
				Progreso	Progreso		PH-pro-jagd	Granodiorita																																										
						PH-pro-oygd	Granodiorita																																											
	Cochasayhuas	Cochasayhuas		PH-ita-cot1	Diorita																																													
				PH-pe-malm/mcm1	Metacuarzo monzonítico																																													
	Parco	Negrococha Parco		PH-pe-pat1	Diorita																																													
				PH-pe-pat2	Diorita																																													
	Pleistocena	Grupo Barroso	Morrénicos		Qpl-mo		Bloques heterométricos angulosos, cantos y gravas de diferentes tipos de rocas en una matriz arenocárcilosa.																																											
Complejo Volcánico Vilcarani				NQ-vi/tb,fl	± 150	Tobas con pómez, biotitas, cuarzo y abundante lítico.																																												
				NQ-vi/tb,ce,po	70-100	Tobas soldadas de ceniza, pómez y biotitas, lavas.																																												
			NQ-vi/tb,la,bi	± 100	Tobas blanquecinas lapilíticas de ceniza y biotitas alternadas con tobas retrabajadas.																																													
Pliocena	Complejo Volcánico Maimanya			NQ-mal/tbc,bi	100-200	Tobas soldadas de cristales con biotita, plagioclasa y cuarzo en matriz afanítica.																																												
				NQ-mal/tbc,pg	± 300	Tobas grises, soldadas de cristales con plagioclasa, biotita y cuarzo en matriz afanítica de composición dacítica.																																												
		NEÓGENA	Disc.	Grupo Maure		Nm-ma	± 200	Limolitas laminadas, tobáceas de colores grises, verdes, cremas a blancas, alternadas con tobas retrabajadas, areniscas tobáceas y conglomerados. Tobas con pómez, líticos de caliza, cuarcita y rocas volcánicas.																																										
Formación Ichucollo					PN-ich	± 250	Lavas andesíticas, tobas, tobas retrabajadas y brechas.																																											
	Formación Oropampa			PN-or	700-800	Conglomerados, areniscas y limoarcillitas rojas, brechas, aglomerados y tobas retrabajadas.																																												
Disc.			Grupo Puno		P-pu	250	Conglomerados rojos con clastos de calizas, cuarcitas y areniscas en matriz arenosa calcárea. Se intercalan con areniscas, lutitas y limolitas rojas.																																											
	Oligocena			Disc.	Grupo Puno		P-pu	250	Conglomerados rojos con clastos de calizas, cuarcitas y areniscas en matriz arenosa calcárea. Se intercalan con areniscas, lutitas y limolitas rojas.																																									
MESOZOICA			CRETÁCEO			Superior	Formación Arcuquina		Kis-ar	800-900	Calizas masivas monótonas a la base; al medio calizas estratificadas; la parte superior secuencia masiva de calizas. En conjunto las calizas son grises y negras, contienen niveles de limoarcillitas, abundante fósil y nódulos de chert.																																							
	Inferior	Formación Murco			Ki-mu				Limoarcillitas rojas, violáceas y verdes intercaladas con areniscas con laminación oblicua de bajo ángulo, horizontales y flaser bedding. Además de areniscas cuarzosas blancas y calizas.																																									
				JURÁSICO	Grupo Yura	Superior	Formación Hualhuani		Ki-hu	400-500	Areniscas cuarzosas, blancas de grano fino a medio, masivas y con laminación oblicua de bajo ángulo, se intercalan limoarcillitas negras carbonosas con restos de plantas mal conservadas.																																							
	Formación Gramadal						Js-gr	± 60	Limoarcillitas grises, verdes y gris oscuras, intercaladas con calizas grises con escasos fósiles. En conjunto la serie no es continua.																																									
	Medio	Formación Labra					Js-la	500-600	Bancos de areniscas grises y blancas a veces laminadas de grano fino a medio; se intercalan niveles delgados de limoarcillitas negras y grises.																																									
		Formación Cachíos					Jm-ca	350-400	Limoarcillitas negras, grises, verdes y gris oscuras intercaladas con algunos niveles delgados de areniscas grises.																																									
	Inferior	Formación Puente				Jm-pu	300-400	Areniscas de grano fino a medio, grises, verdes y pardas, intercaladas con delgados niveles de limoarcillitas grises laminadas a veces con nódulos y abundante contenido de fósiles.																																										
		Formación Socosani				Jm-so	± 1000	Principalmente calizas negras con niveles de limoarcillitas y areniscas grises. Yacen bancos de limoarcillitas laminadas negras, carbonosas y niveles de calizas con nódulos y fósiles.																																										
	Formación Chocolate		Ji-ch	200-300	Sobre la base aflorante de andesitas yacen intercalaciones de areniscas retrabajadas de grano fino a grueso, gris verdosas y amarillentas, con lutitas grises, verdes y pardas.																																													

Nota: Extraído de Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Antabamba (29-q), Valdivia y Vera (2003).

Figura 8

Mapa regional del proyecto minero Haquira



2.7 Geología local

Localmente la zona del proyecto minero Haquira presenta diferentes formaciones, inicialmente tenemos a la formación Cachíos, litológicamente compuesta por intercalación de areniscas laminares de color beige oscuro con lutitas carbonosas y limoarcillitas. Suprayaciendo se presenta la formación Labra que está conformada por areniscas cuarzofeldespáticas con limoarenas, areniscas cuarzosas blanquecinas y niveles delgados de lutita carbonosa; también, calizas y filitas. Luego tenemos a la formación Murco, la cual presenta intercalación de areniscas pardo-rojizas con limoarenas y lutitas; al medio: areniscas cuarzosas en la base e intercalación de areniscas, limoarcillas y limoareniscas rojizas en la zona superior.

Posterior a dicha formación se presenta la formación Hualhuani, litológicamente compuesta por areniscas blancas cuarzosas de grano fino a medio en el miembro inferior, intercalación de limoareniscas subcentimétricas y areniscas blanquecinas cuarzosas en el miembro medio y areniscas cuarzosas de color blanco y rojizo en el miembro superior.

Luego tenemos a la formación Arcurquina con sus tres miembros, en el miembro inferior se presenta con calizas micríticas masivas con grosores hasta de 2 m, el miembro medio con calizas en estratos submétricos intercaladas con niveles pelíticos, además calizas micríticas centimétricas. y niveles esporádicos de dolomita y el miembro superior compuesta por calizas de hasta 3 m de grosor alternando con niveles de caliza submétricos.

Así mismo, se presenta los centros volcánicos Vilcarani, el primer evento que consiste en depósitos volcánicos sedimentarios intercalados con tobas de ceniza y pómez de color gris blanquecino alternada con tobas cementadas lapillíticas con biotita, pómez y esporádicos líticos polimícticos alterados, se muestra estructura columnar.

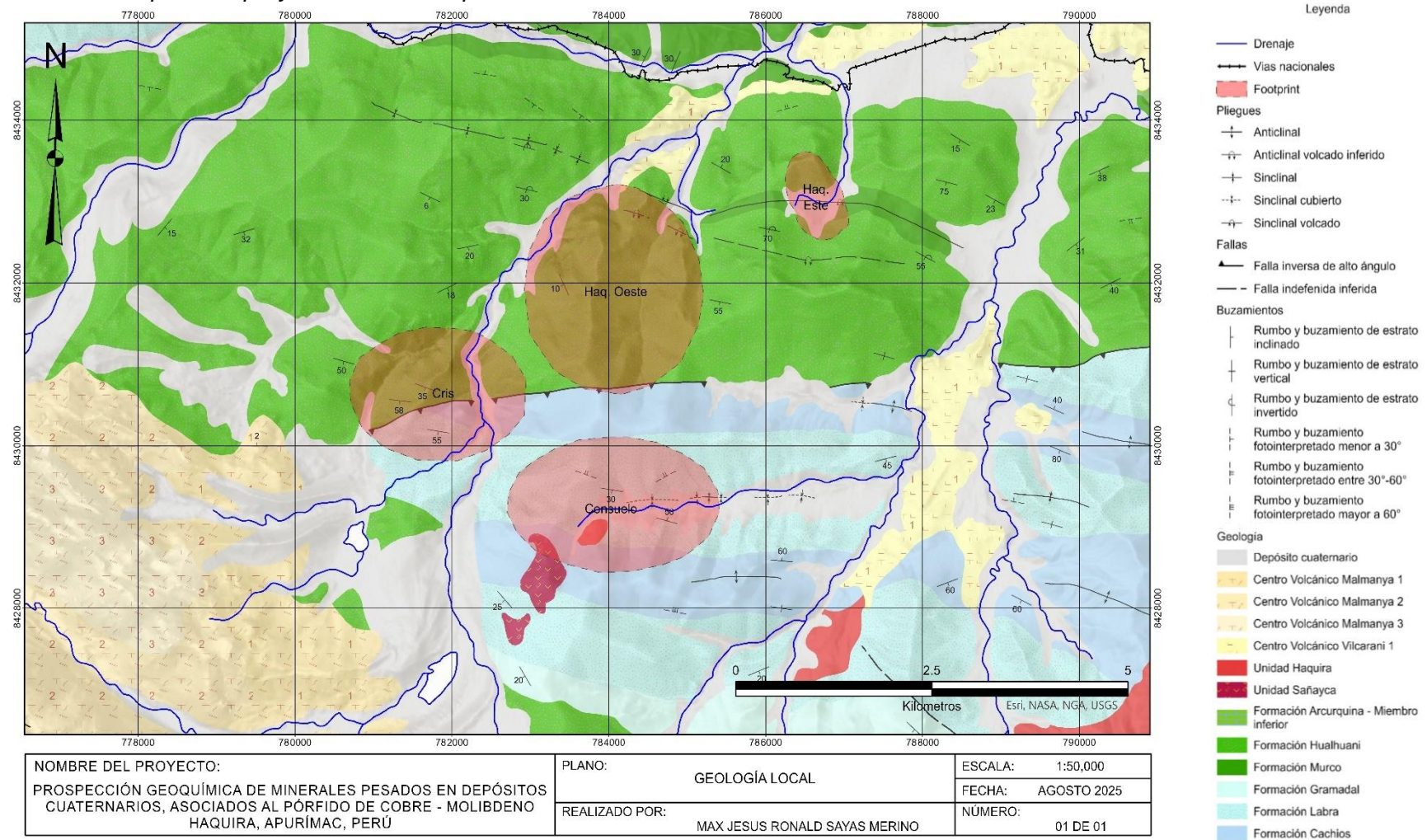
También se presentan diferentes plutones, tales como la Unidad Haquira compuesta por tonalita y diorita; la Unidad Progreso compuesta de Tonalita y granodiorita; finalmente la Unidad Sañayca que presentan pórfidos andesíticos.

Estructuralmente, la zona de estudio se encuentra controlado por fallas inversas de alto ángulo orientado al este – oeste y buzando al sur. También presentan pliegues anticlinales y sinclinales orientados al este – oeste o al oeste – norte.

En Haquira Este, el acortamiento regional del Eoceno-Oligoceno de la orogenia Incaica resultó en el plegamiento de roca metasedimentaria del Jurásico-Cretácico en el sinclinal Tocone, con rumbo noroeste y noreste, invertido, asociado con fallas de cabalgamiento con rumbo noroeste y buzamiento suroeste. El magmatismo fue sincrónico con la deformación y comenzó con los umbrales andesíticos a dacíticos de Lahuani, de ~34,5 Ma, seguido por el stock de granodiorita de Haquira, de ~34,2 a 33,5 Ma, y los diques de pórfido de Haquira, ligeramente más recientes, estrechos y subverticales, de composición similar. En las etapas finales del magmatismo (~33,5), los diques de pórfido dacítico Pararani se emplazaron a lo largo de un rumbo norte-sur y fueron seguidos de cerca en el tiempo por vetas D, halos sericíticos y brechas hidrotermales alteradas sericíticamente. Los diques de pórfido y las brechas hidrotermales de Pararani son posteriores a la alteración de silicato de potasio y mineral de Cu-Mo, y a los diques de pórfido de Haquira. Los diques de Pararani son subverticales, tienen un rumbo norte-sur y están atravesados por brechas hidrotermales que también tienen un rumbo norte-sur, pero buzcan 70° oeste. Tanto los diques como las brechas presentan alteración sericítica y aparentemente se emplazaron a lo largo de enjambres de vetas D y halos sericíticos, lo que sugiere que todos se emplazaron con una proximidad temporal. La inyección de magma profunda cesó después de los diques de pórfido de Pararani, produciendo el consecuente fin del magmatismo en Haquira Este. Las brechas hidrotermales forman un cuerpo irregular, pero aproximadamente tabular, de hasta 15 m de espesor, que sigue un enjambre de halos sericíticos/vetas D. Las brechas están compuestas por proporciones variables de clastos angulares a subredondeados de 1 a 20 cm de tamaño, provenientes de cuarcita, limolita, granodiorita de Haquira, así como diques de pórfido de Haquira y Pararani. En algunas intersecciones, los clastos son redondeados y evidencian transporte, y la brecha puede clasificarse como un dique de guijarros. Cernuschi (2015).

Figura 9

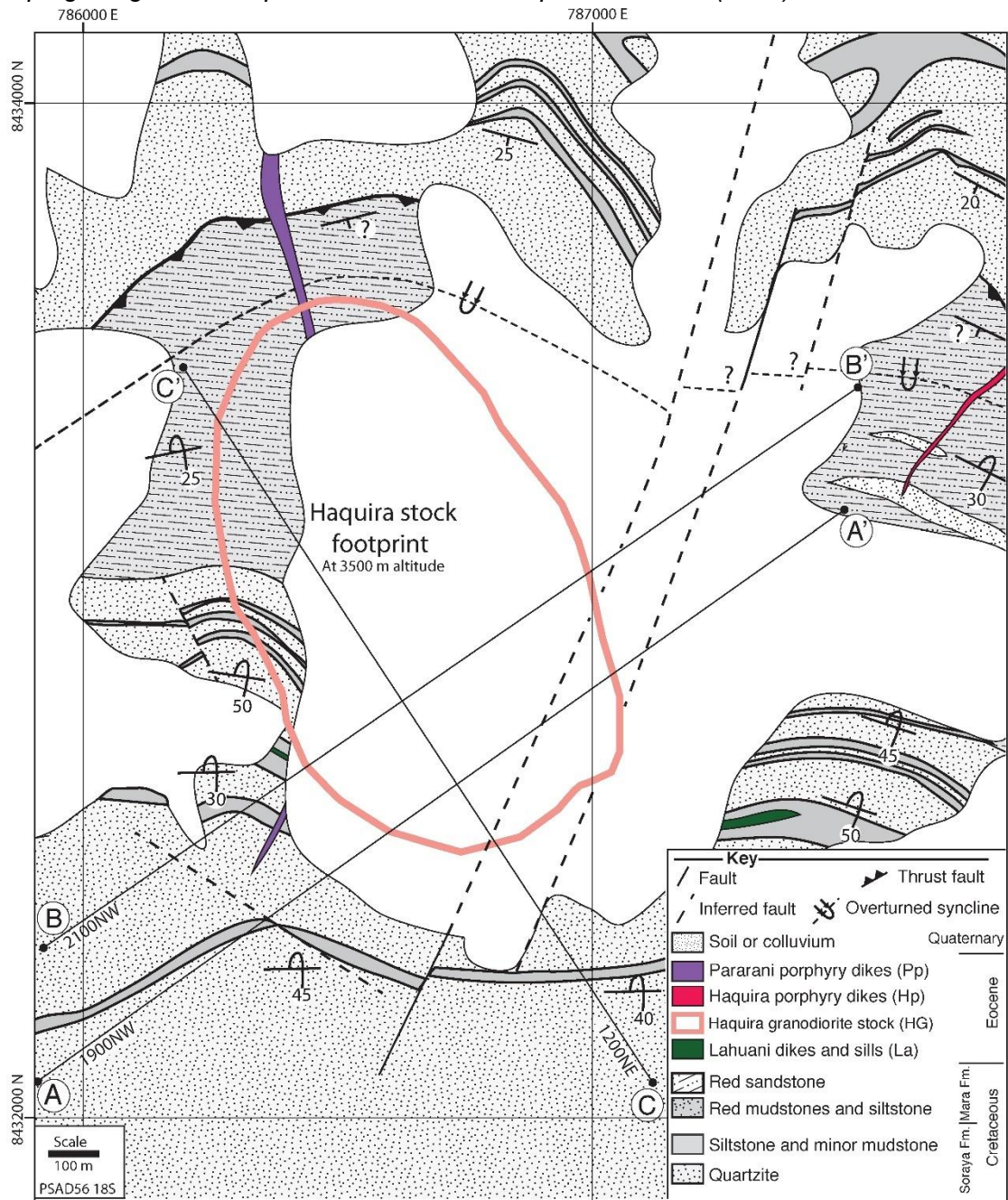
Mapa local del footprint del proyecto minero Haquira



Nota: Realizado con información extraída del Geocatmin.

Figura 10

Mapa geológico de Haqira Este modificado a partir de Gans (2009)



Nota: Ubicación de las secciones transversales 1900 NW, 2100 NW y 1200 NE. La huella del stock de granodiorita de Haqira que no aflora se proyecta desde una altitud de 3500 m. Tomado de Cernuschi Rodillo, F. (2015).

2.8 Geología estructural

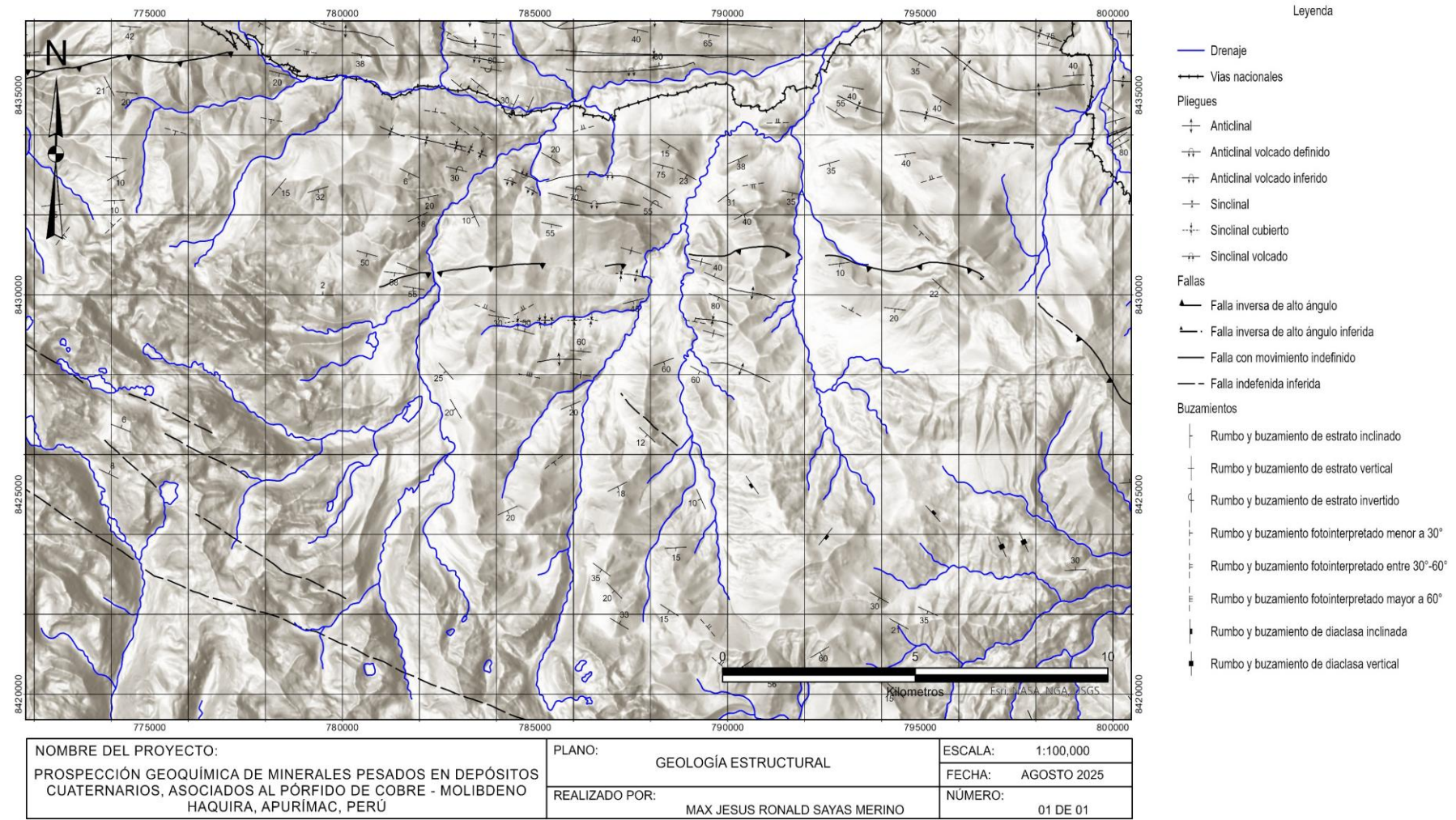
Los principales rasgos estructurales en la zona de estudio son el resultado de los efectos de las dos últimas fases más intensas de la Orogenia Andina, que siguen los lineamientos generales del modelo estructural de la Cordillera de los Andes, es decir una dirección noroeste-sureste. Asimismo, existen estructuras no siguen este patrón, más bien direcciones de tendencia E-O y NNE-SSO y son considerablemente de menor magnitud que las anteriores.

En el área del pórfido Haquira se presenta una falla inversa principal de alto ángulo, que delimita la Formación Cachios y la Formación Labra de la Formación Hualhuani. Ello representa una estructura semianular con orientación oeste – este y este – sureste que podría delimitar la mineralización del pórfido Haquira, dado que al norte de esta falla se presenta la principal mineralización identificado por los footprints Haquira Este y Haquira Oeste; asimismo, al sur de la falla se presenta la mineralización secundaria dado por los footprints Consuelo y Cris.

Asimismo, se presentan distintos pliegues sinclinal y anticlinal con orientación noroeste – suroeste u oeste - este. Además, de fallas definidas e inferidas con la misma orientación.

Figura 11

Mapa Estructural del pórfido Haquira



Nota: Realizado con información extraída del Geocatmin.

2.9 Geología económica

El proyecto minero Haquira se encuentra ubicado en el cinturón de mineralización de pórfidos de cobre en el sur del Perú, dicho cinturón magmático – tectónico posee tendencias noroeste que se formó por la subducción de la placa oceánica de Nazca a la placa continental Sudamericana. El área minera de Haquira se encuentra en el cinturón de mineralización pórfido/skarn de cobre – oro de Andahuaylas – Yauri del Eoceno medio – Oligoceno temprano, que incluye principalmente el depósito de cobre oro tipo skarn de Tintaya, el depósito de pórfido de cobre – oro de Los Chancas y el skarn de cobre de Las Bambas. Xiaoqian, T. A. N. G. (2023).

El proyecto minero Haquira contiene dos centros de pórfido de cobre conocidos como Haquira Este y Haquira Oeste; además, presenta dos prospectos llamados Cristo de los Andes y Dolores.

La mineralización en el área minera se produce principalmente en la zona de contacto entre las rocas intrusivas de acidez media y las rocas circundantes. El cuerpo mineral es de forma "cilíndrica" y obviamente está controlado por la forma del sistema de pliegues desarrollado en la etapa inicial proporciona un canal importante para el emplazamiento y la mineralización del macizo rocoso. La alteración en el área minera es relativamente desarrollada, principalmente alteración potásica y sericitización de depósitos de pórfido, y alteración de dolomitización débil en la periferia. Entre ellos, la alteración potásica se refiere principalmente al desarrollo de vetas de feldespatos potásicos en intrusiones de acidez media como el pórfido de granodiorita, o al desarrollo de halos de alteración de biotita secundaria oscura en ambos lados de las vetas de sulfuro de cuarzo, y al desarrollo de halos de alteración de biotita oscura en la roca circundante, arenisca de la Formación Soraya. Se forma hornfelsización de biotita en la zona de contacto. La sericitización se refiere principalmente a la descomposición y alteración de minerales de feldespato en cuerpos de pórfido para formar sericita y otros minerales. En la periferia del área minera se desarrollan clorito débil, clorito y otros protolitos. Además, se puede observar una fuerte alteración en los afloramientos de diques de etapa tardía en la

superficie, y se desarrolla una gran cantidad de vetas de óxido de cuarzo, hierro y manganeso. Xiaoqian, T. A. N. G. (2023).

2.9.1 Haqira Este

Haqira Este es un depósito de pórfido de cobre relativamente grande con menor cantidad de Mo y Au que contiene recursos medidos, indicados e inferidos de 689 Mt de mineral que contienen 4,2 Mt de Cu (~9 B lb), aproximadamente 37.000 t de Mo y 28 t (0,9 M oz) de Au (Antares, 2010). Alojado en un stock de granodiorita subvertical emplazado en la cuarcita y metasillita volcada con rumbo noroeste a sureste dentro del sinclinal de Tocone.

En Haqira Este y alrededores, la base de la sucesión sedimentaria está dominada por lutitas negras marinas profundas con intercalaciones menores de limolita y arenisca de la Formación Chuquibambilla del Jurásico Medio, que es la unidad inferior del Grupo Yura (Ligarda, 1989). La Formación Chuquibambilla está cubierta por una secuencia de rocas sedimentarias marinas a deltaicas del Cretácico. La base está compuesta por unidades gruesas de cuarcita intercaladas con capas más delgadas de limonitas de la Formación Soraya (Pecho, 1981). Los horizontes que tienen contenido mineral pertenecen a la Formación Soraya que según Pecho (1981), dicha formación está cubierta por lutitas de color marrón rojizo y limonita de estratificación delgada con intercalaciones menores de arenisca de la Formación Mara. La Formación Mara está cubierta por caliza de plataforma somera del Cretácico Superior de la Formación Ferrobamba (Marocco, 1978; Pecho, 1981).

El mineral de cobre de alto grado (> 0,5 % en peso) en Haqira East está formado por una alta densidad de bornita y calcopirita que contienen halos micáceos oscuros tempranos (EDM) y vetas B posteriores (Einaudi, 2008) y se encuentra por encima de la zona de mayor densidad de diques de pórfido de Haqira, aplitas y vetas DQ. Los grados más altos de mineral de molibdeno (>100 ppm) tienen una distribución similar al mineral de cobre de alto grado y están alojados por vetas de cuarzo-molibdenita (BMQ) bandeadas y vetas B posteriores que contienen molibdenita (Cernuschi et al., 2013).

Las hornblendas del stock de granodiorita de Haquira están intensamente alteradas a biotita hidrotermal tanto en la zona profunda con la mayor densidad de diques de pórfido de Haquira y cobre de bajo grado, como en la zona de mineral de cobre de alto grado más superficial. Los diques de Pararani son las últimas intrusiones que atraviesan todas las demás litologías y vetas, y no contienen biotita hidrotermal que reemplace a la hornblenda. No obstante, los feldespatos y hornblendas se alteran comúnmente a sericita, illita y clorita. Estos diques tienen una composición de granodiorita a monzodiorita. Según los afloramientos y las intersecciones de los pozos de perforación en Haquira East, los diques de pórfido de Pararani son cuerpos tabulares subverticales con rumbo norte-sur que varían entre 5 y 30 m de espesor. Estos diques tienden a fusionarse en cuerpos más anchos en algunas áreas y a dividirse en varios cuerpos sinuosos más delgados en otras. Cernuschi (2015).

El stock de granodiorita de Haquira se inclina entre 70° y 80° al suroeste y sugiere que el depósito de Haquira se inclinó $\leq 20^\circ$ hacia el noreste después de su formación. La biotita hidrotermal débilmente foliada en el stock de Haquira y las vetas de BMQ plegadas en el stock y la roca de la pared metasedimentaria sugieren que la inclinación está relacionada con el acortamiento posterior a la mineralización. Cernuschi (2015).

En Haquira Este, el magmatismo comenzó con los umbrales de premineralización Lahuani a $\sim 34,41 \pm 0,50$ Ma (FC-HAQ-135) y continuó entre $\sim 34,2$ y $33,5$ Ma con la premineralización del stock de granodiorita Haquira (FC-HAQ-017: $33,85 \pm 0,36$ Ma), el emplazamiento de sin-mineralización de los diques de pórfido Haquira (FC-HAQ-034: $33,98 \pm 0,31$ Ma) y los diques de pórfido Pararani post-mineralización Cu-Mo (FC-HAQ-164: $34,15 \pm 0,37$). Entonces, la mineralización en Haquira West de $\sim 33,64$ Ma podría ser ligeramente más joven que la mineralización en Haquira East de $\sim 33,84$ Ma. Cernuschi (2015).

2.9.2 Haquira Oeste

Haquira Oeste se encuentra a 2 km al oeste de Haquira Este. Se reconocen intrusiones de granodiorita similares al stock de Haquira y los diques de pórfido de Haquira,

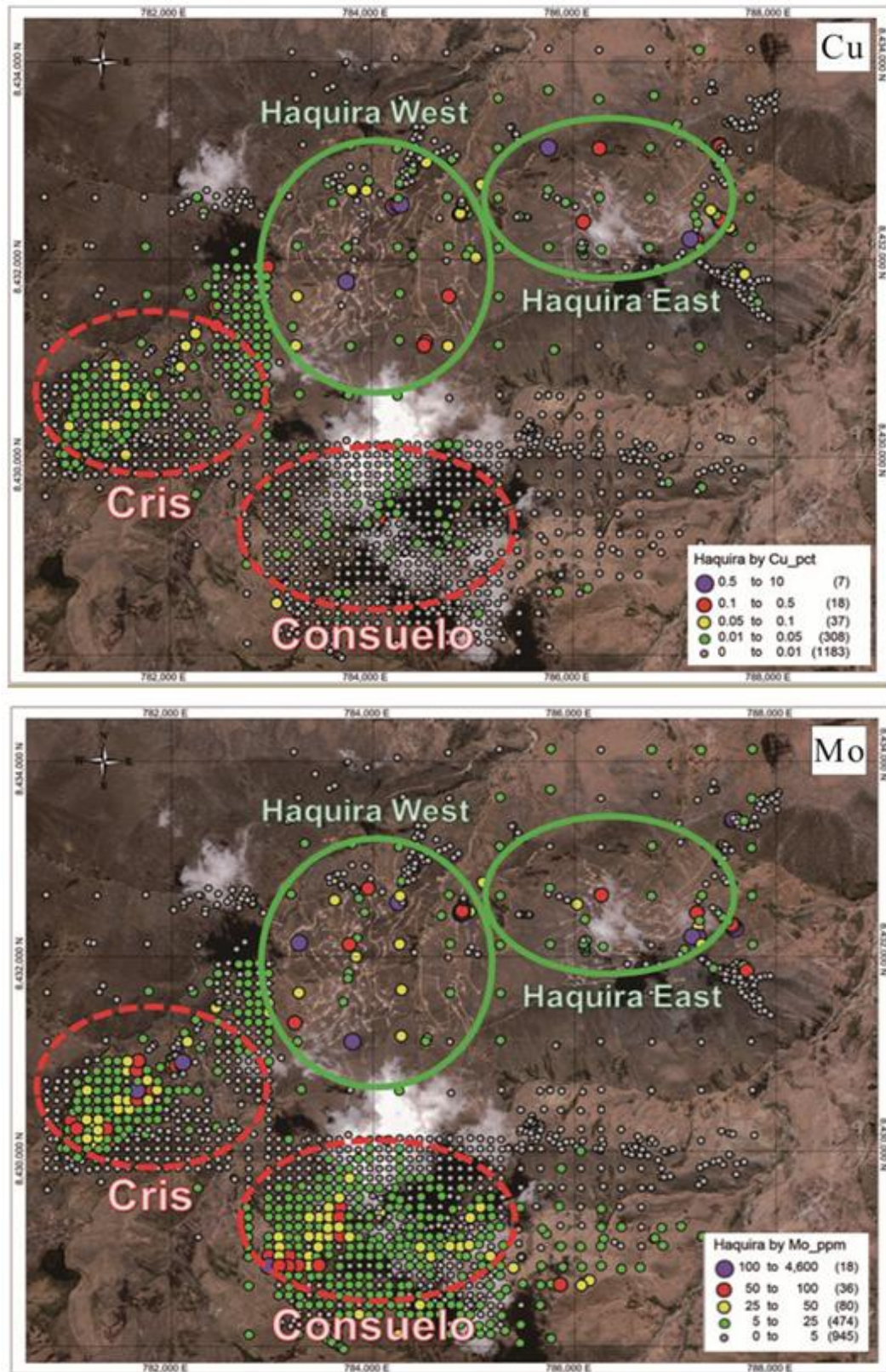
pero existe cierta variabilidad. La mineralización de cobre y molibdeno está menos definida y se encuentra alojada en vetas similares a las descritas para Haquira Este. Los diques de pórfido de Pararani son las intrusiones más recientes y son posteriores a la mineralización de Haquira Oeste. Presenta una geología similar con altos grados de Cu y Mo y actualmente está siendo explorada por First Quantum Minerals Ltd. (388 Mt a 0,47 % en peso de Cu; Antares, 2010).

2.9.3 *Cristo de los Andes y Dolores*

Los prospectos Cristo de los Andes (Cris) y Dolores (Consuelo) tienen una fuerte evidencia de mineralización de pórfido de cobre alojado en vetas. El prospecto Zincore solo presenta ocurrencias de reemplazo de carbonato de Pb-Zn como el prospecto Yanque (Mondillo et al., 2014), pero por el momento no se conoce mineralización de pórfido de cobre. Cernuschi (2015).

Figura 12

Mapa de anomalías geoquímicas del área minera de Haqira y aledañas.



Nota: Tomado de Xiaqian, T. A. N. G. (2023).

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Trabajo de campo

El trabajo de precampo fue realizado desde el mes de diciembre del año 2023 a abril del 2024, en donde se recopiló información de diferentes tesis, artículos y revistas; así mismo, de diferentes organizaciones tales como el Economic Geology, Journal of Geochemical Exploration, Journal of Himalayan Earth Sciences, United States Geological Survey y el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Así mismo, de diferentes autores que son mencionados en la bibliografía correspondiente.

Del trabajo de precampo (datos bibliográficos) se obtuvieron los siguientes minerales indicadores en sedimentos de terrenos glaciares que serán considerados en el presente trabajo: Calcopirita, gahnita, granate – Cr, dravita a schorlo (ricos en hierro), turmalina, casiterita, pentlandita, piritita, millerita, grupo del platino, cromita, diópsido – Cr, enstatita, olivino, andradita – Cr, sulfuros, diáspora, baritina, alunita, apatito. También se obtuvieron minerales indicadores resistentes (RIMs) para sedimentos de escorrentía tales como: Turmalina, apatito, rutilo/ anatasa, epidota, corindón, ilmenita, clorito, calcopirita, goethita, oro, jarosita, magnetita, molibdenita, piritita, esfalerita, hematita, titanita, plumbojarosita, pirolusita, bismutinita, baritina, arsenopirita. Adicionalmente, realizamos la generación de los posibles puntos de muestreo y sus respectivas cuencas, como se muestra en la Figura 13 y Tabla 11.

Para ello tenemos que considerar que el punto de muestreo debe ser de escala regional, no debe estar en el término de la cuenca, tampoco debe estar en cercanía a centros poblados o áreas del cultivo a fin de evitar la contaminación antropogénica; además, el punto de muestreo debe estar suficientemente alejado de otros puntos de muestreo y cada subcuenca debe tener un punto de verificación quebrada abajo.

Fueron seleccionadas diferentes quebradas, adyacentes a los footprints del proyecto Haquira, en búsqueda de los minerales pesados indicadores del pórfido Cu – Mo Haquira; incluso fueron seleccionados muestras de control aguas debajo de los puntos

seleccionados. Asimismo, se delimitaron cuencas en el sector este de los footprints, a fin de delimitar nuevos blancos de exploración a escala distrital (exploración browfield).

Además, se consideró realizar puntos de muestreo en el sector sur del proyecto Haquira, en donde yacen depósitos volcánicos e intrusivos. A lo cual, según datos bibliográficos de Cernuschi, F. (2015), estas zonas no presentan valores significativos de cuando se ejecutó la campaña de exploración generativa.

Tabla 11

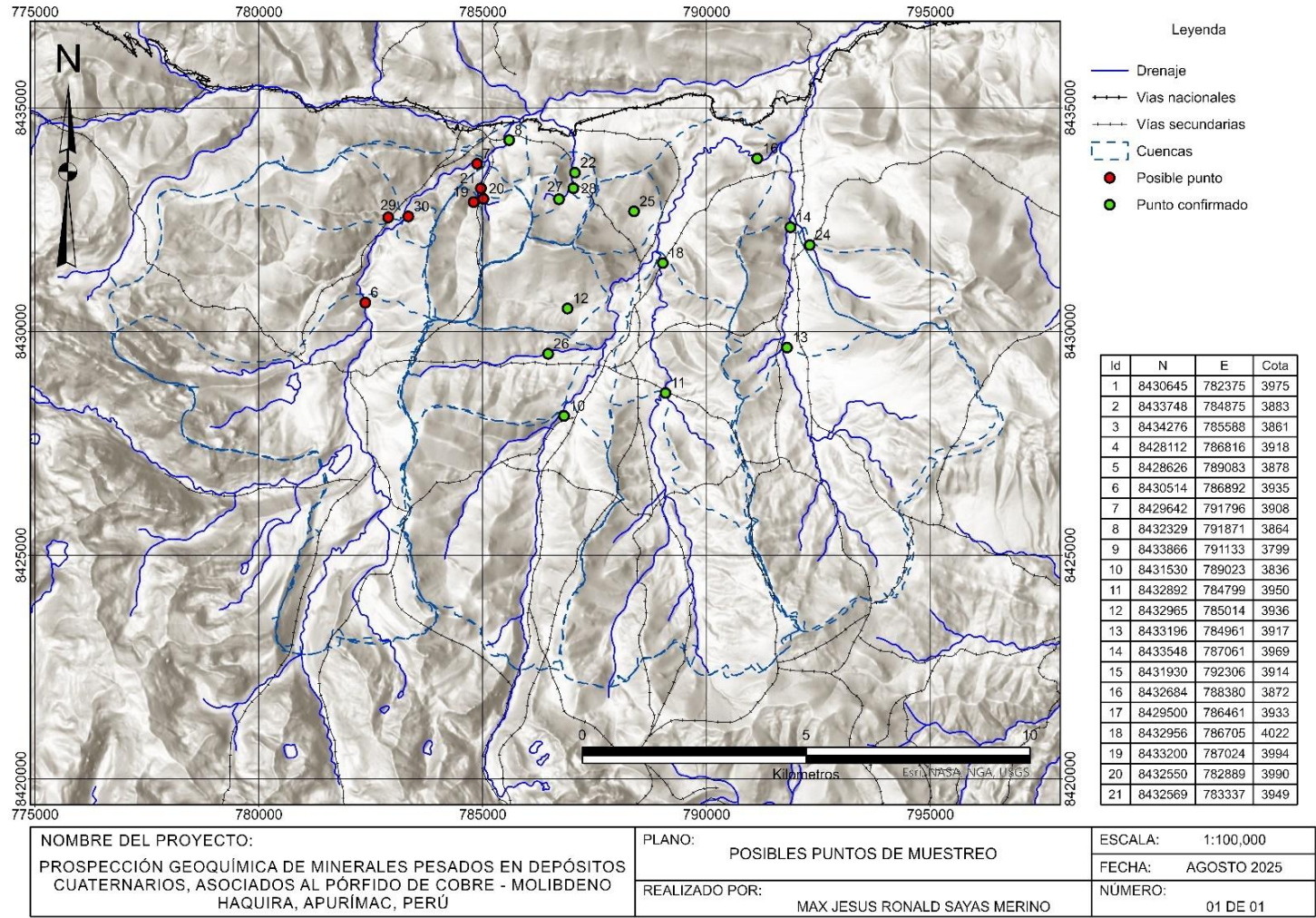
Puntos de muestreo proyectados

Punto de muestreo	Norte	Este	Cota	Estado
1	8430645	782375	3975	Posible punto
2	8433748	784875	3883	Posible punto
3	8434276	785588	3861	Punto confirmado
4	8428112	786816	3918	Punto confirmado
5	8428626	789083	3878	Punto confirmado
6	8430514	786892	3935	Punto confirmado
7	8429642	791796	3908	Punto confirmado
8	8432329	791871	3864	Punto confirmado
9	8433866	791133	3799	Punto confirmado
10	8431530	789023	3836	Punto confirmado
11	8432892	784799	3950	Posible punto
12	8432965	785014	3936	Posible punto
13	8433196	784961	3917	Posible punto
14	8433548	787061	3969	Punto confirmado
15	8431930	792306	3914	Punto confirmado
16	8432684	788380	3872	Punto confirmado
17	8429500	786461	3933	Punto confirmado
18	8432956	786705	4022	Punto confirmado
19	8433200	787024	3994	Punto confirmado
20	8432550	782889	3990	Posible punto
21	8432569	783337	3949	Posible punto

Nota: Elaboración propia.

Figura 13

Mapa de posibles puntos de muestreo en el proyecto minero Haquira.



Nota: Elaboración propia.

3.1.1 Método de muestreo

Al realizar el presente trabajo de investigación debemos tener en cuenta el siguiente método de muestreo.

El muestreo para el estudio HMC del proyecto minero Haquira, consideraremos una dispersión mínima y máxima de 7 a 11 kilómetros, respectivamente; según autores mencionados en el Capítulo II. Además, para la muestra se considera parámetros mínimos de 2 kilogramos de masa y su extracción a una profundidad mínima de 30 cm desde la cobertura superficial, además dicha muestra debe ser tamizada por la malla ASTM N°10 (2mm). Además, tomaremos entre 10 – 20 puntos de muestreo a lo largo de 50 – 100 metros río arriba del punto de muestro. Dichos puntos deben ser localizado río abajo y adyacente de las llamadas “trampas” dado que en esta zona se depositan los minerales pesados.

El registro de las muestras de HMC en sedimentos de escorrentía (stream sediment) se tomará en cuenta los siguientes parámetros:

- Coordenadas UTM: Este, norte y elevación.
- Humedad: Húmedo, poco húmedo y seco.
- Color de la muestra.
- Longitud transversal de la cuenca.
- Peso de la muestra.
- Contaminación identificada: Casas, granjas, caminos y demás.
- Magnetismo: Magnético, poco magnético y no presenta magnetismo.

Adicionalmente, recolectaremos muestra para geoquímica ICP, XRF y TerraSpec con parámetros mínimos de 1 – 2 kilogramos de masa. Su extracción a una profundidad mínima de 10 – 15cm (Moon, 2006). La cobertura superficial, además dicha muestra debe ser tamizada por la malla ASTM #10 (1mm). Además, tomaremos entre 5 – 10 puntos de muestreo a lo largo de 10 – 15 metros río arriba del punto de muestro. Dichos puntos deben ser localizado priorizando la zona central de la cuenca.

Para el registro de las muestras geoquímicas en sedimentos de escorrentía (stream sediment) se tomará en cuenta los siguientes parámetros:

- Coordenadas UTM: Este, norte y elevación.
- Humedad: Húmedo, poco húmedo y seco.
- Color de la muestra.
- Longitud transversal de la cuenca.
- Peso de la muestra.
- Contaminación identificada: Casas, granjas, caminos y demás.

La etapa del muestreo se realizó en una etapa, realizada entre el 1 al 14 de setiembre del 2024, se solicitaron los permisos correspondientes en la comunidad campesina de Haquira, donde se logró la autorización para el estudio de los sedimentos por el método HMC de las quebradas aledañas al proyecto minero Haquira. Para realizar la toma de muestras necesitamos de los siguientes materiales:

- Bolsa microporosa Hubco Sentry
- Lampas
- Malla ASTM #10
- Baldes transparentes de 6 litros
- Bolsas de muestreo de polietileno
- Balanza
- Libreta de campo
- Lápices y lapiceros
- Marcador indeleble
- Tarjeta de muestreo
- Picota
- Imán
- Lápiz rayador
- Lupa 20X

La distribución de las muestras fue planeada con el objetivo de obtener la mayor información posible cercana a los pórfidos ya reconocidos de Haquira Este y Haquira Oeste; además, de verificar y/o proponer nuevos prospectos en base al estudio de HMC.

Adicionalmente, debemos tener en cuenta el protocolo de muestreo que tiene como finalidad una toma de muestra de forma sistemática, representativa y objetiva de los sedimentos de quebrada ya sea para el estudio de HMC, geoquímica, XRF y TerraSpec. Por ello, consideramos el siguiente protocolo:

- Registro de observaciones de campo
 - Identificación del punto de muestreo en el mapa de diseño.
 - Ubicación de las muestras utilizando las coordenadas indicadas por el GPS.
 - Anotación del código de muestra, las coordenadas UTM y geográficas, así como los datos relativos a la ubicación referencial.
 - Información previamente propuesta de los parámetros de la muestra.
 - Información referida a la naturaleza, porcentaje, geometría, alteración y mineralización del material clástico presente en el cauce fluvial, además de definir la unidad de aporte del sedimento predominante.
 - Registro fotográfico de la estación de muestreo siempre con vista río arriba o río abajo.
- Toma de Muestra
 - Recolección de la muestra compuesta en el lugar predeterminado, considerando como mínimo 5 puntos de submuestreo en el caso de muestras geoquímicas y mínimo 10 puntos de submuestreo en el caso de muestras HMC, seleccionadas preferentemente en la parte central del cauce para muestras geoquímicas y por delante de las “trampas” en el cauce para muestras HMC, donde no se evidencie contaminación de una u otra margen por parte del material aluvial, coluvial o eólico.
 - En cada lugar de muestreo, separar la capa superior de sedimento utilizando una pala, dado que dicha capa superior puede contaminar nuestra muestra geoquímica.

- El operador deberá usar lampas durante el proceso de muestreo para proteger sus manos y prevenir cualquier tipo de contaminación (el operador no deberá tener contacto con el material muestreado). Además, no deberá portar objeto alguno que pueda contaminar el sedimento, tales como collares, pulseras o cadenas metálicas.

- Lavar los materiales a utilizar empleando el agua de la escorrentía y del material del lugar de muestreo. Para el caso de quebradas secas solo limpiar el material con arena del mismo lugar. Esto implica realizar un tamizado previo donde se descartará tanto el material retenido de la malla ASTM #10, según corresponda, y el material pasante en su etapa inicial quedará como una submuestra.

- Colocar agua de la escorrentía en una de las bateas hasta que alcance el nivel de sus $\frac{3}{4}$ partes. Recoger el sedimento con las lampas y echarlo sobre el tamiz ASTM #10. Para el caso de quebradas secas, el tamizado se hace en seco.

- Tamizar el sedimento hasta obtener mínimo 3 Kg de muestra húmeda o 2 Kg de muestra seca para el estudio de HMC; además de obtener un mínimo de 2 Kg de muestra húmeda o 1 Kg de muestra seca para el análisis geoquímico. En muestras húmedas con el agua recolectada de la escorrentía, se procederá el proceso de tamizado maximizando la extracción del material pasante de la malla ASTM #10. La batea que contendrá los sedimentos solo deberá llenarse hasta sus $\frac{3}{4}$ partes, para así evitar el rebalse del agua y así no tener la pérdida del material fino en suspensión.

- Colocar el código de la muestra en la bolsa correspondiente, utilizando para ello plumón indeleble.

- Introducir el sedimento en la bolsa adecuada (si es húmedo, utilizar bolsa Hubco Sentry y si fuera seco, utilizar bolsa de polietileno). En el caso de la muestra húmeda, colocarla además en una bolsa de polietileno.

- Lavar los materiales a utilizar empleando el agua de la escorrentía y/o del material del lugar de muestreo, de esta manera se reduce la probabilidad de contaminación de la siguiente muestra a tomar.

- Sellar la bolsa.

- Durante su traslado al campamento base, envolver las muestras en una bolsa de polietileno.

Además, al realizar el trabajo de muestreo no se pudo acceder a ciertos puntos de muestreo por conflictos con la comunidad y mineros de la zona. Además, he de considerar que los puntos de muestreo tomados no consideran la realidad de la naturaleza en el campo actual y por ello se tiene que reconsiderar los puntos a muestrear.

Tabla 12

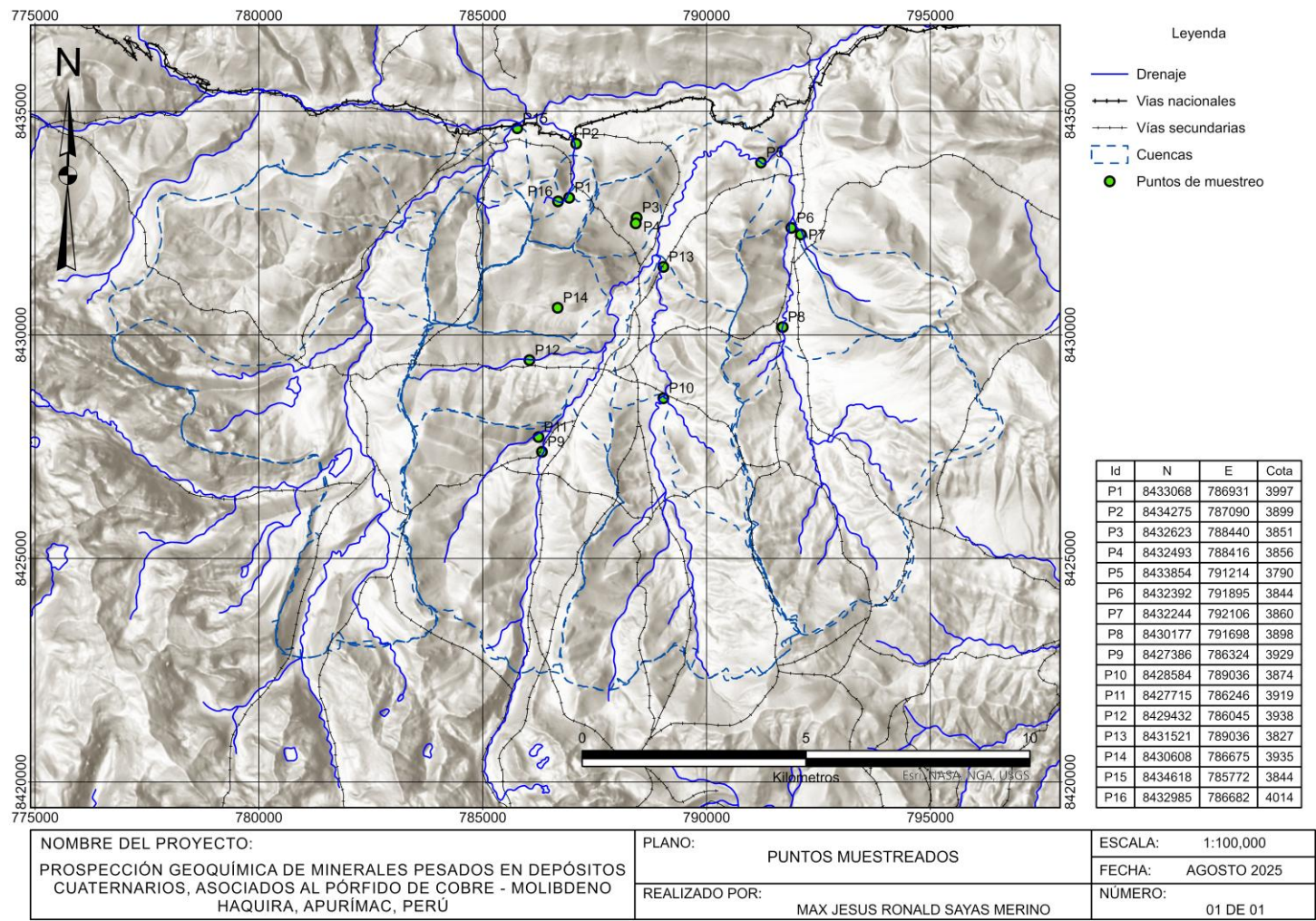
Puntos de muestreo ejecutados.

Punto de muestreo ejecutado	Punto de muestreo proyectado	Norte	Este	Cota
P1	28	8433068	786931	3997
P2	22	8434275	787090	3899
P3	25	8432623	788440	3851
P4	25	8432493	788416	3856
P5	16	8433854	791214	3790
P6	14	8432392	791895	3844
P7	24	8432244	792106	3860
P8	8	8430177	791698	3898
P9	10	8427386	786324	3929
P10	11	8428584	789036	3874
P11	10	8427715	786246	3919
P12	26	8429432	786045	3938
P13	18	8431521	789036	3827
P14	12	8430608	786675	3935
P15	8	8434618	785772	3844
P16	27	8432985	786682	4014

Nota: Puntos tomados con el GPS GARMIN GPSMAP 67. Elaboración propia.

Figura 14

Mapa de puntos muestreados.



Nota: Elaboración propia.

3.2 Trabajo de gabinete

3.2.1 Propiedades de las muestras y cuencas

En cada punto de muestreo se realizó la toma de muestras para el análisis por Concentración de Minerales Pesados y Geoquímica. Por consiguiente, se tiene la siguiente correlación de muestras que se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13

Correlación de muestras.

Punto de muestreo ejecutado	Muestra para HMC	Muestra para Geoquímica
P1	M01-HMC	M01-G
P2	M02-HMC	M02-G
P3	M03-HMC	M03-G
P4	M04-HMC	M04-G
P5	M05-HMC	M05-G
P6	M06-HMC	M06-G
P7	M07-HMC	M07-G
P8	M08-HMC	M08-G
P9	M09-HMC	M09-G
P10	M10-HMC	M10-G
P11	M11-HMC	M11-G
P12	M12-HMC	M12-G
P13	M13-HMC	M13-G
P14	M14-HMC	M14-G
P15	M15-HMC	M15-G
P16	M16-HMC	M16-G

Nota: Elaboración propia.

Asimismo, se obtuvo diferentes propiedades físicas de cada una de las muestras obtenidas para el estudio por HMC, entre las propiedades físicas tenemos el peso, tamaño de los sedimentos, magnetismo y contaminación. Expuesto en la Tabla 14.

Tabla 14*Propiedades físicas de las muestras tomadas.*

Punto de muestreo	Peso HMC (Kg)	Peso Geoquímica (Kg)	Tamaño de los sedimentos	Magnetismo	Contaminación
P1	3.7	2.5	Arena fina a media	Moderado	Moderado
P2	3.7	2.5	Arena fina a media	Moderado	Moderado
P3	4.2	4.6	Arena fina a media	Moderado	Alta
P4	1.7	1.1	Arena fina a media	Leve	Alta
P5	2.3	1.7	Arena fina a media	Fuerte	Alta
P6	1.9	1.2	Arena fina a media	Leve	Moderado
P7	2.8	1.9	Arena fina a media	Leve	Moderado
P8	2.2	2.4	Arena fina a media	Fuerte	Alta
P9	4.2	2.9	Arena fina a media	Fuerte	Moderado
P10	3.5	2.3	Arena fina a media	Fuerte	Moderado
P11	3.5	1.7	Arena fina a media	Moderado	Pobre
P12	1.6	1.1	Arena fina a media	Fuerte	Pobre
P13	2.9	1.7	Arena fina a media	Fuerte	Pobre
P14	1.4	1.7	Arena fina a media	Moderado	Pobre
P15	3.9	3.2	Arena fina a media	Moderado	Moderado
P16	3.3	3.4	Arena fina a media	Leve	Pobre

Nota: Elaboración propia.

También obtenemos los datos de la cuenca en donde se realizó la toma de las muestras, ver Tabla 15.

Tabla 15*Características de la cuenca por punto de muestreo.*

Punto de muestreo	Longitud transversal de la cuenca (metros)	Distancia al Footprint
P1	6	Menos de 200 metros de Haquira Este
P2	5	1.5 km a Haquira Este
P3	4	-
P4	5	-
P5	12	-
P6	10	-
P7	15	-
P8	7	-
P9	7	-
P10	15	-
P11	6	-

Punto de muestreo	Longitud transversal de la cuenca (metros)	Distancia al Footprint
P12	3	2km a Consuelo
P13	8	-
P14	3	2km a Consuelo
P15	14	3 km a Haquira Oeste y 5.5 km a Cris
P16	3	Menos de 100 metros de Haquira Este

Nota: Elaboración propia.

3.2.2 Concentración de minerales pesados

El trabajo de gabinete consiste en la identificación de la muestra, pesado, rotulado (de acuerdo con el laboratorio donde se estudiará la muestra), secado y tamizado entre las mallas #100 y #200, preparación de briquetas para poder realizar el Estudio Mineralógico de Material Suelto y complementario a ello el Estudio por Microscopia Electrónica de Barrido. Además, se requiere cuartear el material para el Análisis de Espectros Minerales en laboratorio. Posterior a la preparación de la muestra se realiza los estudios mencionados; para lo cual se requiere de equipos sofisticados como TerraSpec, analizador de Fluorescencia por Rayos X, Microscopio Óptico y Microscopio Electrónico de Barrido.

A partir de la preparación de la muestra y ejecución del Estudio Mineralógico de Material Suelto realizado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Anexo 1.4, se ha realizado la Tabla 16, la cual presenta los minerales comprendidos entre la malla #100 y malla #200 e incluye minerales livianos (no pesados) y pesados. Los minerales no pesados serán filtrados en el procesamiento de la información. Según la información recopilada en el Capítulo II, se puede identificar los siguientes minerales pesados y el respectivo porcentaje en cada uno de los puntos de muestreo identificado, mostrados en la Tabla 16 y la Figura 15.

De la Tabla 17 se puede observar que se presentan minerales como calcopirita, epidota, goethita, hematita, magnetita, ilmenita, rutilo, anastasa, pirita y turmalina. Del resultado se puede observar que las muestras M03-HMC, M04-HMC, M09-HMC, M10-HMC, M11-HMC, M12-HMC, M13-HMC, M14-HMC y M15-HMC son las que presentan anomalías por Concentración de Minerales Pesados correspondiente al pórfido de Haquira.

Tabla 16

Minerales encontrados en el Estudio Mineralógico de Material Suelto.

Código de la muestra		Componente							
M01-HMC	Hematita	Feldespatos	Epidota	Carbonatos	Zircón	Apatito	Turmalina	Calcopirita	Pirrotita
M02-HMC	Feldespatos	Hematita	Epidota	Moscovita	Zircón	Calcopirita			
M03-HMC	Feldespatos	Epidota	Hematita	Anfíboles	Turmalina	Calcopirita	Esfalerita		
M04-HMC	Feldespatos	Epidota	Hematita	Carbonatos	Turmalina	Zircón	Calcopirita		
M05-HMC	Feldespatos	Hematita	Epidota	Pirita					
M06-HMC	Feldespatos	Epidota	Hematita	Pirita	Zircón	Turmalina			
M07-HMC	Feldespatos	Hematita	Epidota	Turmalina	Zircón	Pirita			
M08-HMC	Feldespatos	Epidota	Hematita	Pirita	Turmalina	Zircón	Pirrotita		
M09-HMC	Feldespatos	Epídota	Hematita	Turmalina	Pirita	Calcopirita			
M10-HMC	Feldespatos	Hematita	Epídota	Pirita	Calcopirita				
M11-HMC	Epídota	Feldespatos	Hematita	Pirita	Calcopirita				
M12-HMC	Epídota	Pirita	Feldespatos	Hematita	Turmalina	Calcopirita	Pirrotita		
M13-HMC	Epídota	Hematita	Feldespatos	Pirita	Calcopirita				
M14-HMC	Hematita	Feldespatos	Epídota	Pirita	Zircón	Calcopirita			
M15-HMC	Feldespatos	Hematita	Epídota	Pirita	Calcopirita				
M16-HMC	Hematita	Feldespatos	Epídota	Turmalina	Pirrotita				

Nota: Hay que considerar que todas las muestras presentan cuarzo, biotita, anfíboles, geothita, magnetita, fragmentos líticos varios y óxidos de titanio; a excepción de la muestra M16-HMC que no presenta óxidos de titanio. Elaboración propia.

Tabla 17

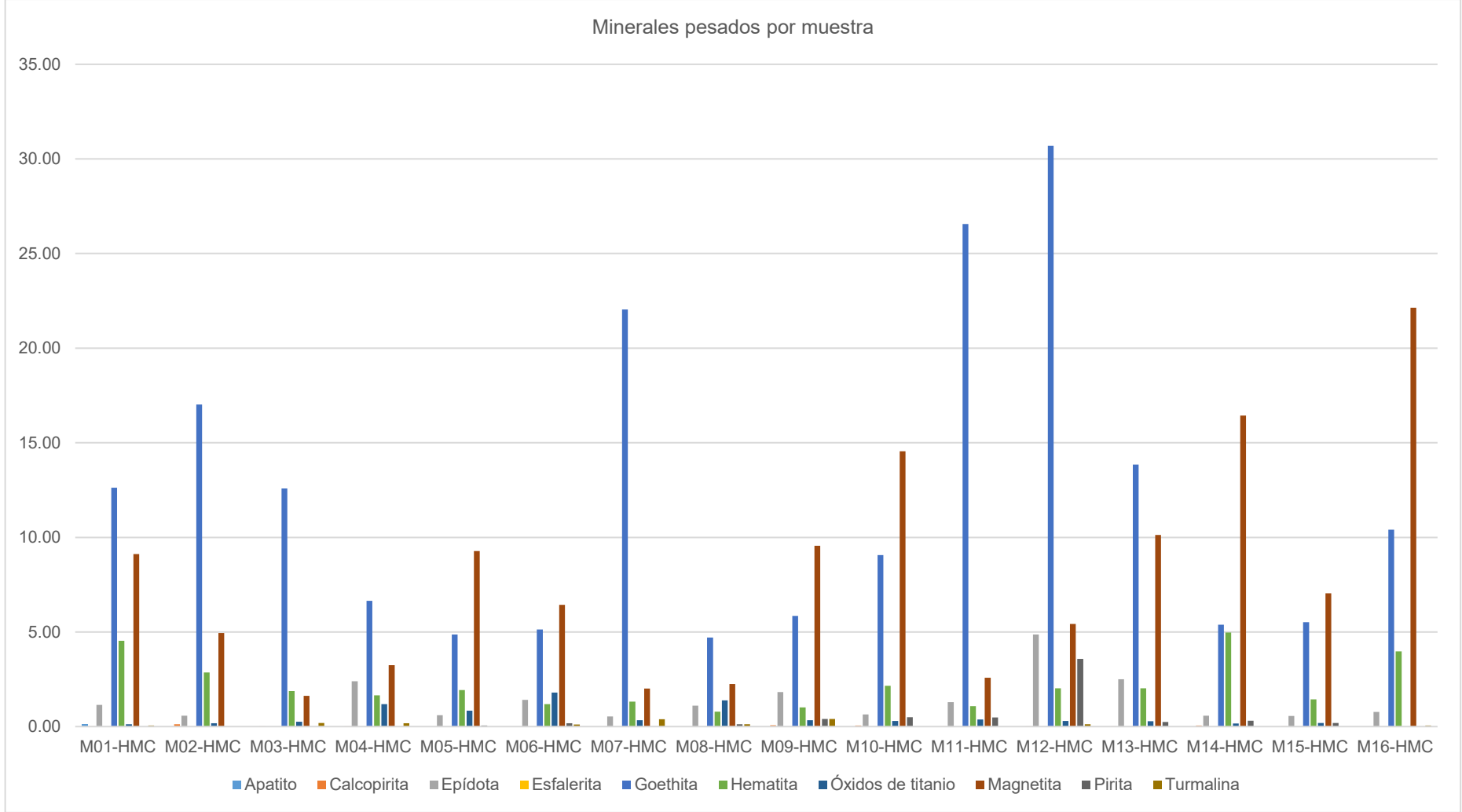
Identificación de minerales pesados en porcentaje por muestra.

Código de la muestra	Minerales									
	Apatito	Calcopirita	Epidota	Esfalerita	Goethita	Hematita	Óxidos de titanio	Magnetita	Pirita	Turmalina
M01-HMC	0.12	Trazas	1.15	-	12.63	4.53	0.12	9.12	-	0.06
M02-HMC	-	0.12	0.58	-	17.02	2.86	0.17	4.95	-	-
M03-HMC	-	Trazas	-	Trazas	12.59	1.88	0.25	1.63	-	0.19
M04-HMC	-	Trazas	2.39	-	6.64	1.65	1.19	3.24	-	0.17
M05-HMC	-	-	0.60	-	4.86	1.93	0.84	9.28	0.05	-
M06-HMC	-	-	1.41	-	5.13	1.18	1.80	6.43	0.17	0.11
M07-HMC	-	-	0.54	-	22.04	1.32	0.34	2.01	Trazas	0.39
M08-HMC	-	-	1.11	-	4.70	0.79	1.38	2.25	0.12	0.12
M09-HMC	-	0.07	1.82	-	5.85	1.01	0.34	9.56	0.40	0.40
M10-HMC	-	0.05	0.64	-	9.06	2.16	0.29	14.55	0.49	-
M11-HMC	-	Trazas	1.29	-	26.56	1.08	0.38	2.58	0.48	-
M12-HMC	-	Trazas	4.86	-	30.69	2.02	0.29	5.43	3.58	0.12
M13-HMC	-	Trazas	2.50	-	13.84	2.02	0.28	10.12	0.24	-
M14-HMC	-	0.05	0.58	-	5.39	4.97	0.16	16.44	0.31	-
M15-HMC	-	Trazas	0.56	-	5.51	1.44	0.19	7.04	0.19	-
M16-HMC	-	-	0.77	-	10.41	3.97	-	22.14	-	0.06

Nota: Trazas; porcentaje ínfimo, generalmente se encuentran incluidos en otros minerales (principalmente sulfuros). Elaboración propia.

Figura 15

Porcentaje de minerales pesados por muestra.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 18

Identificación de minerales pesados por el estudio complementario de Microscopía Electrónica de Barrido.

Muestras de HMC															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Andradita-grosularia			Andradita	-	Andradita	-	-	-	Andradita	-	almandino-piropo	Andradita-grosularia	-	Almandino-piropo	Andradita
-	-	-	Andradita-grosularia	Grosularia	-	-	-	-	Grosularia	-	Andradita-grosularia	-	-	Andradita-grosularia	Grosularia
-	-	-	-	-	-	-	-	-	Grosularia-andradita	-	-	-	-	-	-
-	Apatito	-	Apatito	-	-	-	Apatito			-	-	Apatito	-	Apatito	-
-	-	-	Baritina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calcopirita				-	-	-	Calcopirita			-	Calcopirita				-
-	-	Shorlo-dravita	-	-	-	-	-	-	-	-	Schorlo-dravita	-	-	-	-
-	-	-	Esfena	-	-	-	-	Esfena		-	-	-	-	-	-
-	-	Goethita	-	-	-	-	-			Goethita	-	-	-	-	-
Hematita				-	-	-	-			Hematita	-	-	-	-	-
Ilmenita				-	-	-	-			Ilmenita	-	-	-	-	-
Magnetita				-	-	-	-			Magnetita	-	-	-	-	-
-	Pirita	-	Pirita												
-	-	-	-	-	-	-	Pirita-As	-	-	-	-	-	-	-	-
-	Piropo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pirrotita		-	Pirrotita	-	-	-	Pirrotita			-	Pirrotita			-	-
Rutilo		-	-	-	-	-	-	-	-	Rutilo		-	-	-	-

Titanita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Titanita	-
-	-	Óxidos de hierro	-	-	-	-	-	Óxidos de hierro	-	-	-
-	-	Óxidos de hierro y titanio	-	-	-	-	-	Óxidos de titanio	-	-	-
-	-	Óxidos de titanio	-	-	-	-	-	Óxidos de titanio	-	-	-
-	-	-	-	Titanita	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	Zoisita-epídota	-	-	-

Nota: Elaboración propia.

Además, de acuerdo con el estudio de Microscopía Electrónica de Barrido se puede observar la presencia de minerales de tierras raras y minerales relevantes tales como:

- Churchita rica en Itrio (Y), kanonaita, monacita rica en cerio (Ce), monacita rica en neodimio (Nd) y zircón en la muestra M16-HMC.
- Chevkinita, monacita, xenotima y zircón en la muestra M14-HMC.
- Baddeleyita, chevkinita, dissakisita rica en cerio (Ce), monacita y zircón en la muestra M13-HMC.
- Allanita, brockita, chevkinita, esfena, monacita, thorita, xenotima y zircón en la muestra M10-HMC.
- Chevkinita, esfena y zircón en la muestra M09-HMC.
- Monacita rica en cerio (Ce) y zircón en la muestra M07-HMC.
- Monacita, xenotima y zircón en la muestra M04-HMC.

3.2.3 Análisis Geoquímico

Una vez terminado el trabajo de muestreo geológico de sedimentos de escorrentía se procedió a transportar las muestras desde el almacén del Proyecto Minero Haquira a la ciudad de Arequipa en donde se procedió a analizar cada una de las muestras en el Laboratorio de ALS Perú S.A.

En el laboratorio de ALS Perú S.A. se realizaron los ensayos de ICP-MS por 4 ácidos denominado en el laboratorio como “48 element four acid ICP-MS” y Au por extracción de cianuro con acabado ICP-MS. Muestra de 25g, denominado como “Trace Level Au - 25g AR”. En ambos métodos se considera los siguientes rangos permitidos mostrados en la Tabla 19 y Tabla 20 respectivamente.

Tabla 19

Rango de detección para elementos básicos en el laboratorio de ALS.

Código		Analitos y rangos (ppm)				
ME-MS61L™ 0.25g muestra	Ag	0.002-100	Hf	0.004-500	Sb	0.02-10,000
	Al	0.01%-50%	In	0.005-500	Sc	0.01-10,000
	As	0.02-10,000	K	0.01%-10%	Se	0.006-1000
	Ba	1-10,000	La	0.005-10,000	Sn	0.02-500
	Be	0.02-1,000	Li	0.2-10,000	Sr	0.02-10,000
	Bi	0.002-10,000	Mg	0.01%-50%	Ta	0.01-500
	Ca	0.01%-50%	Mn	0.2-100,000	Te	0.005-500
	Cd	0.005-1,000	Mo	0.02-10,000	Th	0.004-10,000
	Ce	0.01-500	Na	0.001%-10%	Ti	0.001%-10%
	Co	0.005-10,000	Nb	0.005-500	Tl	0.002-10,000
	Cr	0.3-10,000	Ni	0.08-10,000	U	0.01-10,000
	Cs	0.01-500	P	0.001%-1%	V	0.1-10,000
	Cu	0.02-10,000	Pb	0.01-10,000	W	0.008-10,000
	Fe	0.002%-50%	Rb	0.02-10,000	Y	0.01-500
	Ga	0.05-10,000	Re	0.0004-50	Zn	0.2-10,000
	Ge	0.05-500	S	0.01%-10%	Zr	0.1-500

Nota: Tomado y modificado de ALS Global.

Tabla 20*Rango de detección para el oro en el laboratorio de ALS.*

Código	Analito	Rango (ppm)	Descripción
Au-CN43™	Au	0,02 ppb-1 ppm	Au por extracción de cianuro con acabado ICP-MS. Muestra de 25 g
Au-CN44™			Au por extracción de cianuro con acabado ICP-MS. Muestra de 50 g

Nota: Tomado de ALS Global.

Teniendo en cuenta que los siguientes elementos Cu, Mo, Au, Re, As, Pb, Zn, K, W, Sb, Sn y F los cuales son importantes pathfinders para la identificación de yacimientos tipo pórfidos; por ello se filtró los datos obtenidos de laboratorio en base a los elementos mencionados, ver Tabla 21.

De la Tabla 21 se puede observar que las muestras M01-G, M02-G, M07-G, M08-G, M09-G, M10-G, M14-G, M15-G y M16-G son las que presentan anomalías por Geoquímica correspondiente al pórfido de Haquira.

Tabla 21

Elementos químicos pathfinders de yacimientos tipo pórfido.

Muestra	Peso - 200um g	Au ppm	As ppm	Cu ppm	K %	Mo ppm	Pb ppm	Re ppm	Sb ppm	Sn ppm	W ppm	Zn ppm
M01-G	348.5	0.007	14	770	1.88	21.1	38.4	0.001	1.74	2.9	4.3	71
M02-G	298.6	0.005	11.1	656	1.86	14.2	27.4	0.001	1.4	2.7	3.9	62
M03-G	383	0.005	14.8	170.5	1.8	5.5	30.6	0.001	1.59	2.8	5.6	63
M04-G	164.1	0.007	8.5	260	1.37	7.82	26.1	0.002	1.43	2.1	6.5	49
M05-G	97.7	0.004	43.8	149	1.84	4.88	36.4	0.002	2.39	2.2	3.3	158
M06-G	141	0.005	12.6	71.8	1.21	2.06	22	0.001	1.18	1.9	1.9	89
M07-G	123.4	0.01	12.1	43.6	0.83	1.82	21.6	0.001	2.06	1.6	1.4	25
M08-G	67.3	0.026	18.2	82.9	1.32	2.11	22.3	0.002	1.46	1.6	1.8	74
M09-G	54.7	0.01	28.5	468	2.35	8.99	35.2	0.002	3.6	2.2	2.2	117
M10-G	104.9	0.011	53.1	106.5	1.46	3.67	34.4	0.001	2.29	1.7	5.3	183
M11-G	168.4	0.005	53	76.3	1.9	4.17	64	0.002	4.42	1.5	3	249
M12-G	70.3	0.005	123	66.3	2.85	7.66	52.4	0.003	4.68	2.7	2	511
M13-G	171.2	0.002	24.8	75.1	2.97	3.4	38.8	0.001	1.27	2.3	3.7	94
M14-G	69.8	0.018	44.7	93.6	1.6	3.16	33.4	0.001	2.42	1.8	8.1	175
M15-G	109.6	0.004	55.7	381	2.19	8.42	48.8	0.002	2.72	7.5	6.9	97
M16-G	347.9	0.008	17.5	799	1.91	26	36.7	0.001	1.86	3	4.4	68

Nota: Elaborado en base a los resultados de laboratorio, ver Anexo 4. Considerar PES004002 y PES004019 como muestras de control. Elaboración propia.

3.2.4 Fluorescencia de rayos X

Posterior al trabajo de campo se procedió a realizar la toma de datos con analizador XRF portátil de marca OLYMPUS; para ello, con especímenes seleccionados en el mismo punto de muestreo para la muestra de Geoquímica. Las muestras se secaron y se procedió a la toma de datos, mostrados en la Figura 16.

Al tomar los datos con el analizador XRF se registraron distintos elementos, de los cuales se filtraron los 7 elementos más relevantes para los yacimientos tipo pórfido de cobre en la Tabla 22.

Figura 16

Toma de datos con el analizador XRF marca OLYMPUS.



Nota: Elaboración propia.

Los resultados del analizador XRF se muestran en la Tabla 22, en donde se consideraron las 16 muestras tomadas por stream sediment.

Tabla 22*Elementos químicos pathfinders obtenidos por el estudio de fluorescencia de rayos X.*

Muestra	As ppm	Cu ppm	K ppm	Mo ppm	P ppm	Pb ppm	Zn ppm
P01	8	457	16833	13		10	29
P02	9	520	16500	11		12	34
P03	11	110	17667			14	37
P04		116	12900			10	22
P05	12	30	15033			10	40
P06		9	7053			5	12
P07		9	4178			5	
P08	6	24	12548			6	21
P09	11	192	26067			13	48
P10	15	28	12400			9	48
P11	27	40	19000	7		30	103
P12	63	30	16900	5		13	153
P13	32	25	13078	5		11	91
P14	21	42	20067			11	50
P15	17	97	17200	4	5337	20	40
P16	9	503	15567	14		13	34

Nota: Datos obtenidos con analizador XRF portátil de marca OLYMPUS. Elaboración propia.

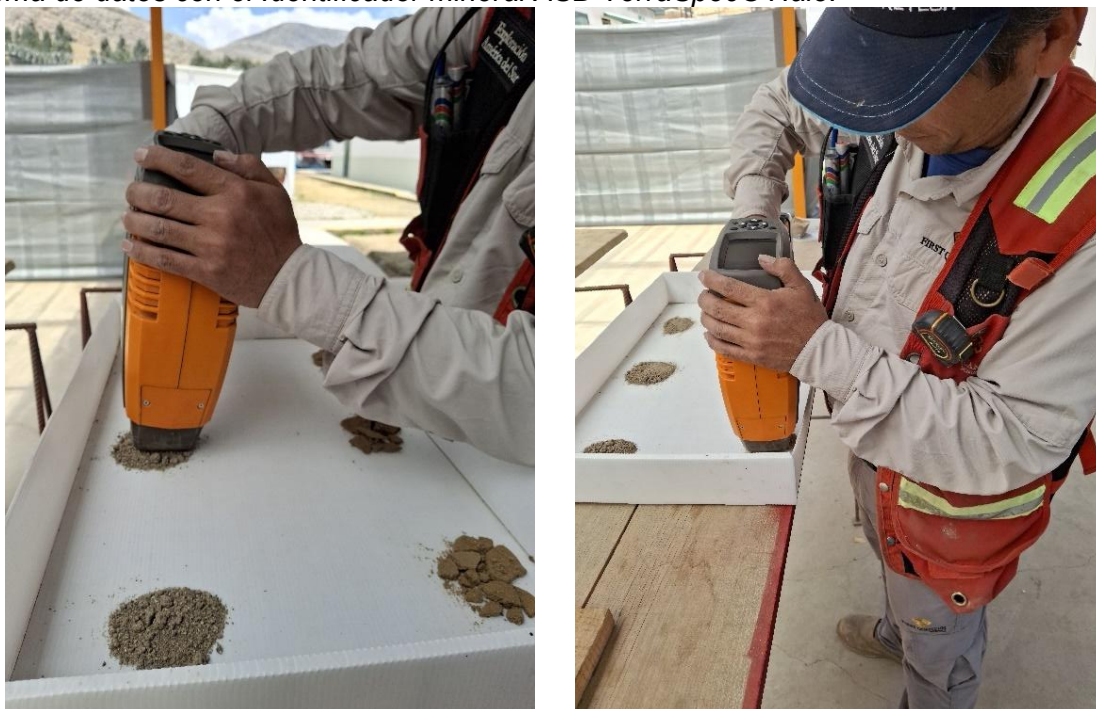
De la Tabla 22 se puede observar que las muestras P01, P02, P03, P09, P11, P12 y P16 son las que presentan anomalías por Fluorescencia de Rayos X correspondiente al pórfido de Haquira.

3.2.5 Espectro Minerales

Al igual que el procedimiento para tomar datos con el analizador XRF portátil, con especímenes seleccionados en el mismo punto de muestreo para la muestra de Concentración de Minerales Pesados. Posteriormente se tomó los datos con el Identificador mineral ASD TerraSpec® Halo.

Figura 17

Toma de datos con el Identificador mineral ASD TerraSpec® Halo.



Nota: Elaboración propia.

Los resultados del Identificador mineral ASD TerraSpec® Halo se muestran en la Tabla 23. Así mismo, se realizó el Estudio de Espectro Minerales en el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, en base al equipo TerraSpec de la marca ASD, modelo Hi Res 4 y usando el software The Spectral Geologist (TSG) 8; los cuales se presentan en la Tabla 24.

Tabla 23

Minerales identificados en el estudio de espectros minerales.

Muestra	Mineral 1	Mineral 2	Mineral 3	Mineral 4
P01	Goethite	Halloysite	Muscovite	
P02	Goethite	Halloysite	Muscovite	
P03	Goethite	Halloysite	Mg-illite	
P04	K-illite	KaolinitePX	VNIR - No match	
P05	Goethite	Montmorillonite	KaolinitePX	
P06	Goethite	KaolinitePX	Mg-illite	
P07	Ferrihydrite	Halloysite	Muscovite	
P08	Goethite	Beidellite	Phengite	
P09	Goethite	Montmorillonite	Muscovite	
P10	Goethite	Halloysite	Mg-illite	

Muestra	Mineral 1	Mineral 2	Mineral 3	Mineral 4
P11	Goethite	K-illite	KaolinitePX	
P12	Goethite	Halloysite	Mg-illite	
P13	Goethite	Halloysite	Palygorskite	Muscovite
P14	Montmorillonite	KaolinitePX	VNIR - No match	
P15	Goethite	K-illite	KaolinitePX	
P16	Goethite	Halloysite	Montmorillonite	

Nota: Datos obtenidos con el identificador mineral ASD TerraSpec® Halo. Elaboración propia.

Tabla 24

Minerales identificados en el estudio de espectros minerales realizado por el INGEMMET.

Muestra	Mineral 1	Mineral 2	Mineral 3	Alteración	Grado
P01	Caolinita-Esmectita	Moscovita		Argilización	Débil
P02	Caolinita-Esmectita	Moscovita		Argilización	Débil
P03	Caolinita-Esmectita	Moscovita		Argilización	Débil
P04	Caolinita-Esmectita	Moscovita		Argilización	Débil
P05	Caolinita-Esmectita			Argilización	Débil
P06	Caolinita-Esmectita	Moscovita		Argilización	Débil
P07	Caolinita-Esmectita	Moscovita		Argilización	Débil
P08	Caolinita-Esmectita	Moscovita		Argilización	Débil
P09	Moscovita	Caolinita-Esmectita		Argilización	Débil
P10	Caolinita-Esmectita	Moscovita		Argilización	Débil
P11	Caolinita-Esmectita	Montmorillonita	Moscovita	Argilización	Débil
P12	Caolinita-Esmectita	Montmorillonita	Moscovita	Argilización	Débil
P13	Moscovita	Caolinita-Esmectita		Argilización	Incipiente
P14	Caolinita-Esmectita	Moscovita		Argilización	Débil
P15	Caolinita-Esmectita	Moscovita		Argilización	Débil
P16	Caolinita-Esmectita			Argilización	Débil

Nota: Datos obtenidos en base al Estudio de Espectro Minerales. Elaboración propia.

De ambas tablas se puede observar que todas las muestras, a excepción de P05, P09, P13 y P16, presentan anomalías por Espectros Minerales correspondiente al pórfido de Haquira.

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

4.1 Evaluación de método de Concentración de Minerales Pesados

Según el apartado 3.2.1 del capítulo III y teniendo en cuenta los cuatro footprints identificados por First Quantum Minerals Ltd., además de los puntos de muestreo P01, P02, P12, P14, P15 y P16 observamos que la masa del muestreo para el estudio por HMC es de entre 1.5 a 4 kilogramos; también el tamaño de granos es de arena media a finas y presenta magnetismo moderado a fuerte, a excepción del punto P16 que presenta un leve magnetismo.

Asimismo, la longitud transversal de las cuencas de los puntos mencionados anteriormente presenta un rango de 3 a 6 metros, excluyendo al P15 que presenta una longitud transversal de 14 metros. Además, dichos puntos presentan una distancia de entre 100 a 5500 metros a los footprints.

Dado los resultados del estudio por Concentración de Minerales Pesados del apartado 3.2.2 del Capítulo III, observamos que los puntos mencionados presentan los siguientes minerales: Hematita, epidota, goethita, magnetita y óxidos de titanio principalmente, además de apatito, turmalina, calcopirita, pirita y pirrotita; además, por el estudio complementario de Microscopía Electrónica de Barrido se puede identificar minerales como: Andradita, grosularia, piropo y almandino que pertenecen al grupo de los granates; dravita y schorlo que pertenecen al grupo de las turmalinas; además de rutilo. Sin embargo, no todas las muestras presentan anomalías predominantes en términos de HMC, tales como las muestras P01, P02 y P16, aunque si presentan anomalías altas por el método de Análisis Geoquímico; ver Figura 18 y Figura 19. Ello se debe principalmente a la cercanía con el footprint, que es de menos de 1.5 km de distancia.

Según el Análisis Geoquímico del inciso 3.2.3 del tercer Capítulo, observamos que todos los puntos presentan fuerte anomalía, a excepción del punto P12, ello posiblemente se deba a que el footprint Consuelo no presenta anomalías fuertes en comparación con los demás footprints.

Asimismo, el estudio por Fluorescencia por Rayos X del inciso del 3.2.4 del Capítulo III, muestra anomalías altas para los puntos P01, P02 y P16; por lo contrario, los puntos P12, P14 y P15 presentan anomalías bajas. Ello podría estar relacionado con la distancia de los puntos a sus respectivos footprints.

Además, observamos que el estudio de Espectros Minerales del apartado 3.2.5 del Capítulo III, indican que las muestras presentan alteración argílica en grado débil, con minerales como caolinita-esmectita y moscovita.

4.2 Minerales indicadores del pórfido de Haquira

Dado el apartado 3.2.2 del Capítulo III, obtenemos los siguientes resultados con respecto a los minerales indicadores de los puntos P01, P02, P12, P14, P15 y P16 del pórfido de Cu – Mo de Haquira. Resumidos en la Tabla 25.

Tabla 25

Minerales indicadores del pórfido Haquira.

Código de la muestra	Componente						
M01-HMC	Granates	Apatito	Calcopirita	Pirrotita	Rutilo	Titanita	Turmalina
M02-HMC	Granates	Apatito	Calcopirita	Pirita	Pirrotita	Rutilo	Titanita
M12-HMC	Granates	Calcopirita	Pirita	Pirrotita	Rutilo	Titanita	Turmalina
M14-HMC	Calcopirita	Pirita	Pirrotita	Titanita	-	-	-
M15-HMC	Granates	Apatito	Calcopirita	Pirita	Titanita	-	-
M16-HMC	Granates	Pirita	Pirrotita	Turmalina	-	-	-

Nota: Considerar que todas las muestras presentan hematita, epidota, goethita, magnetita y óxidos de titanio (principalmente ilmenita); a excepción de la muestra M16-HMC que no presenta óxidos de titanio. Elaboración propia.

4.3 Toma de muestras en el pórfido de Haquira

Según el apartado 3.2.1 del capítulo III, las muestras P01, P02, P12, P14, P15 y P16 observamos que la masa del muestreo para el estudio de Concentración de Minerales Pesados es de entre 1.5 a 4 kilogramos y por Análisis Químicos de 1 a 3.5. Analizando la masa de muestreo y los resultados de los estudios, observamos que la masa presenta menor influencia en las anomalías de las muestras. Sin embargo, si es relevante que las muestras sean tomadas en zonas de trampas.

También el tamaño de granos es de arena media a finas, o al menos que pasen la malla ASTM #10, y presenta magnetismo moderado a fuerte, a excepción del punto P16 que presenta un leve magnetismo, esto se debe a la baja concentración de magnetita. Con respecto a la contaminación, varía entre pobre a moderado y por consiguiente no es influente en los resultados de laboratorio. Ver Tabla 26.

Tabla 26

Propiedades físicas de las muestras tomadas.

Punto de muestreo	Peso HMC (Kg)	Peso Geoquímica (Kg)	Tamaño de los sedimentos	Magnetismo	Contaminación
P1	3.7	2.5	Arena fina a media	Moderado	Moderado
P2	3.7	2.5	Arena fina a media	Moderado	Moderado
P12	1.6	1.1	Arena fina a media	Fuerte	Pobre
P14	1.4	1.7	Arena fina a media	Moderado	Pobre
P15	3.9	3.2	Arena fina a media	Moderado	Moderado
P16	3.3	3.4	Arena fina a media	Leve	Pobre

Nota: Elaboración propia.

Asimismo, la longitud transversal de las cuencas de los puntos mencionados anteriormente presenta un rango de 3 a 6 metros, excluyendo al P15 que presenta una longitud transversal de 14 metros. Además, dichos puntos presentan una distancia de entre 100 a 5500 metros a los footprints.

4.4 Comparativa de estudios ejecutados

Dado los incisos 3.2.2, 3.2.3, 3.2.4 y apoyándonos en el apéndice 3.2.1 del Capítulo III, procedemos a realizar la comparativa entre los métodos de Concentración de Minerales Pesados, Análisis Geoquímico y Fluorescencia de Rayos X.

El método de Concentración de Minerales Pesados (HMC) aplicado en el proyecto Haquira permitió identificar 3 puntos de muestreo con anomalías relevantes, en comparación con los otros 6 puntos restantes, como se muestra en la Tabla 27 y la Figura 19. Las anomalías moderadas como son las del punto P01 y P02 se deben a la cercanía con el footprint Haquira Este, que son de 0.2 y 1 kilómetro aproximadamente. Además, la anomalía baja del punto P16, tiene correlación con lo mencionado anteriormente, dado que se encuentra a menos de 100 metros del footprint Haquira Este.

Del Análisis Geoquímico realizado, se identificó que 5 de las 6 muestras analizadas (equivalente al 80%) presentan anomalías altas características de sistemas tipo pórfido, como se muestra en la Figura 18. Es importante resaltar que el punto P12 relacionado al footprint Consuelo presenta moderada anomalía dado que el mismo footprint presenta esta característica de baja concentración de elementos económicos en comparación con los demás footprints. La Florescencia de Rayos X permitió identificar 3 puntos con anomalías de yacimientos tipo pórfido, representando aproximadamente un 50% de las muestras analizadas. Esto se debe a que los puntos P01, P02 y P016 están cerca al footprint, en este caso Haquira Este, por lo cual presentan altas anomalías en términos de XRF.

Tabla 27

Resumen comparativo de anomalías de los estudios realizados.

Código de la muestra	XRF	Análisis Químico	HMC
P01	Alta	Alta	Moderada
P02	Alta	Alta	Moderada
P12	Baja	Moderada	Alta
P14	Baja	Alta	Alta
P15	Baja	Alta	Alta
P16	Alta	Alta	Baja

Nota: Elaboración propia.

4.5 Delimitación de targets de exploración

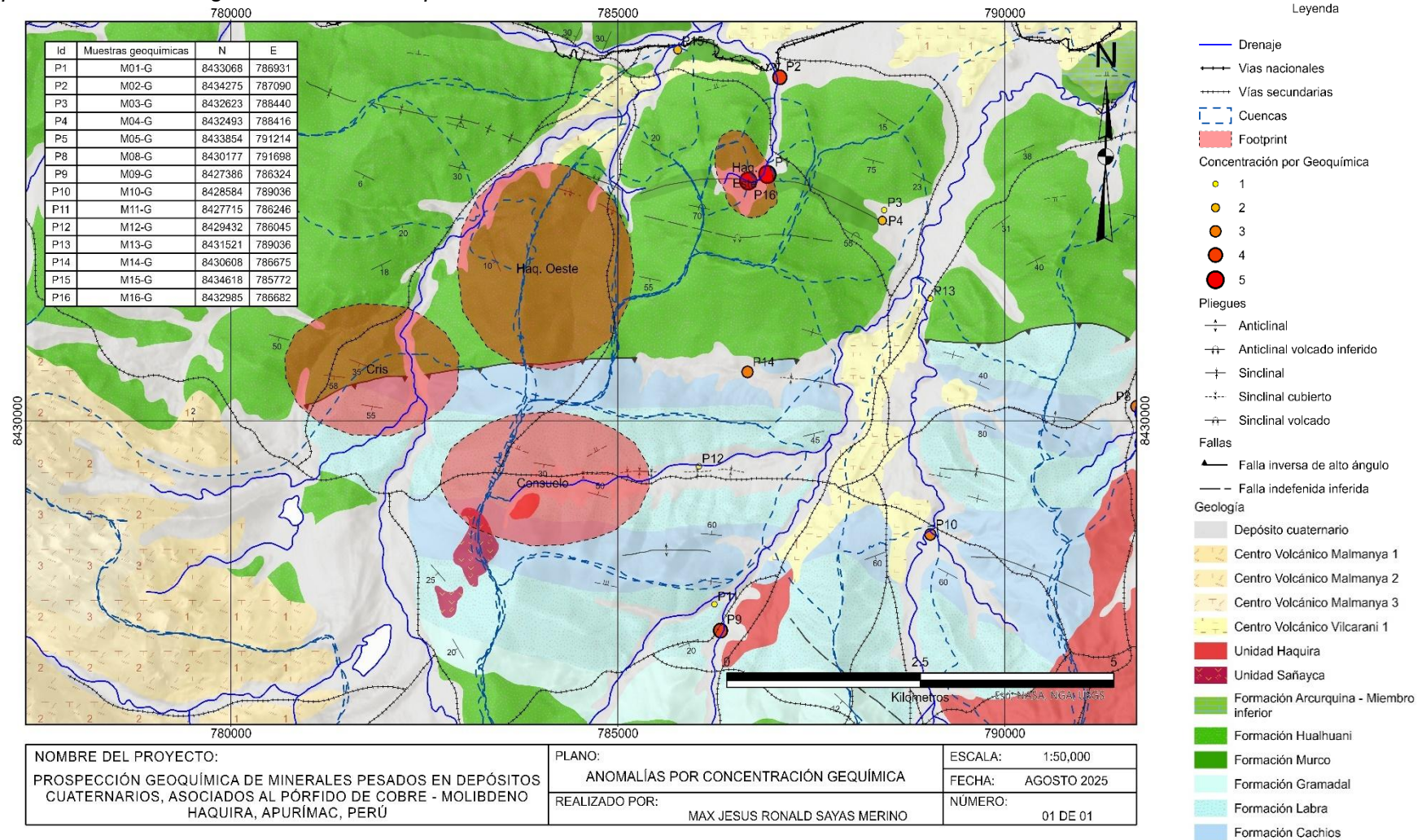
De acuerdo con el inciso 3.2.3 y 3.2.4 del Capítulo III y la Tabla 27, observamos que los puntos P09 y P10 presentan altas anomalías en de acuerdo con los estudios de Concentración de Minerales Pesados y Análisis Geoquímico. Además, aguas arriba de estos puntos de muestreo se presentan formaciones sedimentarias geológicamente similares a las que yacen en los diferentes footprints del pórfido de Haquira.

Entre ellos, destacan especialmente los puntos P09 y P10, que presentan características favorables que se describen a continuación:

- P09 se ubica a una distancia óptima aguas abajo para la acumulación de minerales pesados. Al correlacionarse con el análisis geoquímico, se recomienda delimitar blancos de exploración aguas arriba, a una distancia mayor a 2 kilómetros del punto de muestreo, en donde yacen las formaciones sedimentarias.
- P10 presenta características favorables y presencia aguas arriba de la Formación Hualhuani, al igual que en los principales footprints de Haquira, por lo cual también se recomienda delimitar blancos de exploración aguas arriba.

Figura 18

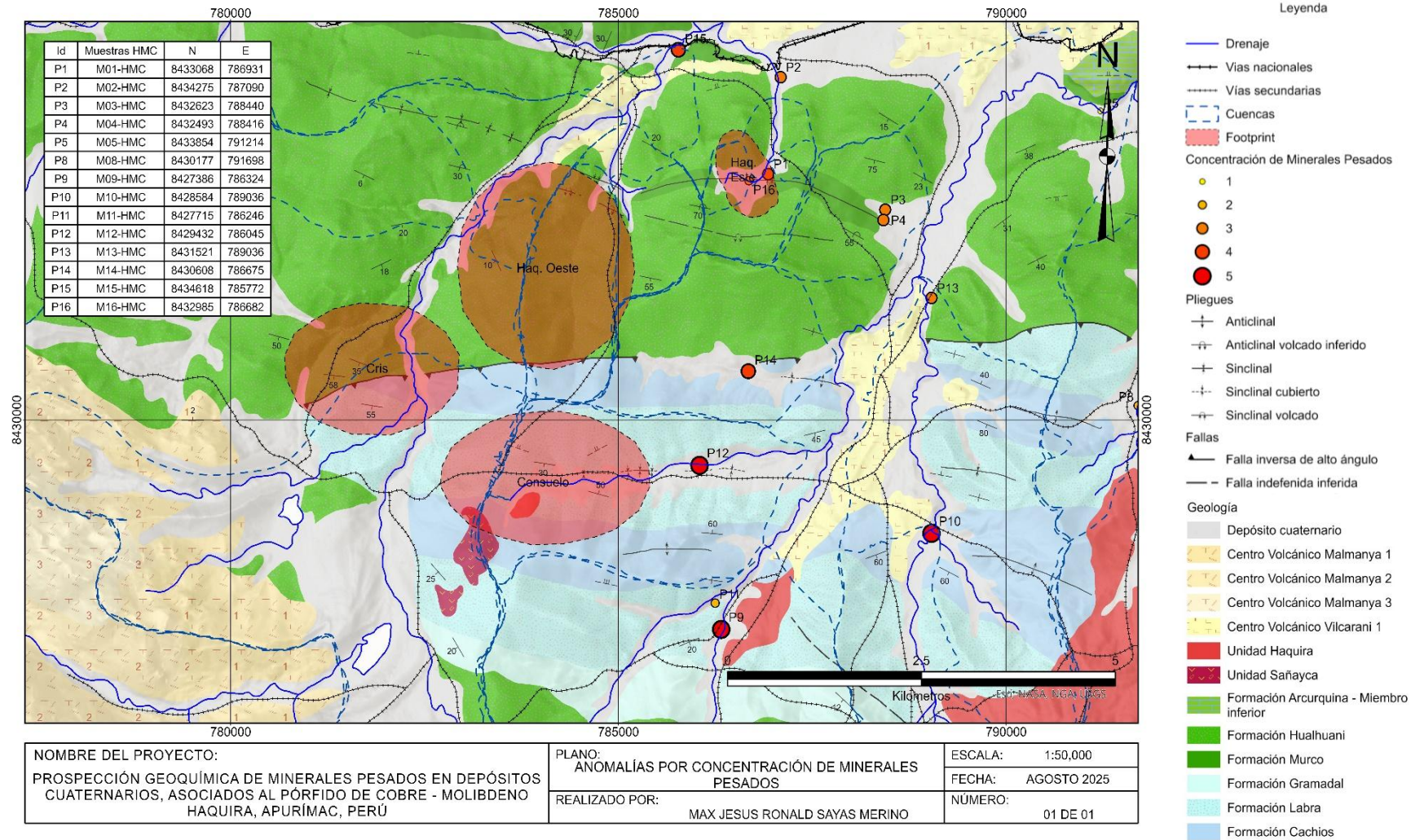
Mapa de anomalías según el Análisis Geoquímico.



Nota: Elaboración propia.

Figura 19

Mapa de concentración por HMC



Nota: Elaboración propia.

Conclusiones

En conclusión, el método de Concentración de Minerales Pesados conformaría una nueva herramienta de prospección geológica a escala regional, dado que no se ve afectada por la contaminación antrópica y/o materia orgánica; además de no verse afectado por la alteración química; por consiguiente, se puede determinar con eficacia los minerales indicadores.

También, se concluye que para el pórfido de cobre de Haquira se obtiene los siguientes minerales indicadores: Hematita, epidota, goethita, magnetita y óxidos de titanio principalmente, además de apatito, turmalina, calcopirita, pirita y pirrotita.

Considerando la geografía accidentada de las cuencas donde se encuentra el pórfido de Haquira y según el apartado 4.1 del Capítulo IV, se puede concluir que la longitud mínima de dispersión de minerales indicadores es de 1.5 kilómetros, y las cuencas deben tener una longitud transversal de 3 metros. Además, el peso de la muestra debe ser de entre 1.5 a 4 kilogramos y que pase por la malla ASTM N°10 para sedimentos de escorrentía.

En conclusión, el método HMC es un método que en comparación con la Fluorescencia de Rayos X y análisis de Espectros Minerales es más efectivo; sin embargo, es más un método complementario al Análisis Geoquímico que tradicionalmente se ejecuta en campañas de prospección.

Asimismo, se concluye que los puntos M09-HMC y M10-HMC, presentan evidencias como posibles targets o blancos de exploración río arriba.

Recomendaciones

Se recomienda realizar un tamizado de entre las mallas ASTM #10 (2 mm) y ASTM #200 (0.075 mm) que comprende el tamaño de arenas. Asimismo, se recomienda tomar un mínimo de 20 puntos de muestreo a lo largo de 100 metros río arriba del punto de muestreo por HMC. Si por cualquier motivo no se puede tomar las muestras en 20 puntos a lo largo de la quebrada, se recomienda tomar en los puntos que se puedan; sin embargo, respetando específicamente que sean tomadas en zonas de trampas o en zonas de bajas velocidades del río. El muestreo para el estudio HMC del proyecto Haquira se realizará en un área con dispersión de 1.5 a 11 km, utilizando muestras de al menos 1.5 kg, extraídas a una profundidad mínima de 30 cm.

Es recomendable el uso de los métodos de Espectros Minerales y Fluorescencia de Rayos X para identificar minerales de alteración, tipo de alteración y grado; asimismo, la concentración de elementos; por lo cual no permitiría delimitar blancos de exploración en comparación con los métodos de Análisis Geoquímico o Concentración de Minerales Pesados.

En base al estudio Geoquímico, se recomienda realizar mayores investigaciones geológicas en los puntos M-07, M-08, M-09 y M-10. Dado que estos presentan relevante concentración de elementos pathfinders de yacimientos tipo pórfido de cobre. También, en base al estudio por Concentración de Minerales Pesados, se recomienda mayores exploraciones en los puntos M09-HMC y M10-HMC, con la finalidad de delimitar nuevos blancos de exploración. También se recomienda realizar un estudio a detalle, adicionales a los ejecutados por Cernuchi (2015), de la mineralización en la brecha hidrotermal a fin de buscar evidencias de yacimientos epitermales asociados al pórfido de Cu-Mo de Haquira.

Referencias bibliográficas

- Ali, L. (2011). *Gold and base metal exploration studies based on mineralogical and geochemical characterisation of stream sediments from North Pakistan*. University of Exeter (United Kingdom).
- Ali, L., Ahmad, S., Khattak, S. A., Anjum, N., Waseem, M., & Ali, A. (2019). *Economic Evaluation of Placer Gold Along River Indus From Ghazi to Kund, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan: Implications for Commercial Scale Pilot Plant*. International Journal of Economic and Environmental Geology, 10(3), 129-134.
- Ali, L., Williamson, B. J., Moon, C. J., Shah, M. T., & Khattak, S. A. (2015). *Distribution of gold in different size fractions of stream sediments as a guide to bedrock gold mineralisation along the Shyok Suture Zone and adjacent areas of the Kohistan Island Arc, Pakistan*. Arabian Journal of Geosciences, 8, 2227-2235.
- Aliaga Oblitas, M. (2012). Controles de mineralización del pórfido Au-Cu Morococha–Minas Conga, Cajamarca-Perú.
- Archer, A. R., & Main, C. A. (1971). *Casino, Yukon—a geochemical discovery of an unglaciated Arizona-type porphyry*. In BOYLE R W. Geochemical Exploration, Proceedings of the 3rd International Geochemical Exploration Symposium (Vol. 67, p. 77). Toronto: Canadian Institute of Mining and Metallurgy.
- Averill, S. A. (2001). *The application of heavy indicator mineralogy in mineral exploration with emphasis on base metal indicators in glaciated metamorphic and plutonic terrains*. Geological Society, London, Special Publications, 185(1), 69-81.
- Balaram, V., & Sawant, S. S. (2022). *Indicator minerals, pathfinder elements, and portable analytical instruments in mineral exploration studies*. Minerals, 12(4), 394.
- Ballantyne, S. B., & Ellwood, D. J. (1988). An evaluation of reconnaissance and follow-up geochemical surveys to delineate favourable areas for tin mineralization in the Northern Canadian Cordillera. In *Geology of Tin Deposits in Asia and the Pacific: Selected Papers from the International Symposium on the Geology of Tin Deposits*

- held in Nanning, China, October 26–30, 1984, jointly sponsored by ESCAP/RMRDC and the Ministry of Geology, People's Republic of China* (pp. 127-162). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Bejarano Aguilar, V. W. (2017). Proceso de perforación diamantina y logueo geológico en el proyecto minero la Granja Rio Tinto en Querocoto-Chota–Cajamarca.
- Bellehumeur, C., Marcotte, D., & Jébrak, M. (1994). *Multi-element relationships and spatial structures of regional geochemical data from stream sediments, southwestern Quebec, Canada*. Journal of Geochemical Exploration, 51(1), 11-35.
- Bheemalingeswara, K. (1995). *Possible effects of iron oxide coating in the recovery of particulate gold from stream sediments*. Journal of Geochemical Exploration, 52(3), 373-380.
- Bravo Cerro, F. I. (2023). Rutilo como mineral indicador resistente para depósitos de Cu-Mo La Granja, Cajamarca, Perú.
- Castro Medrano, E. (2012). El Pórfido de Cu-Mo Sayta y su mineralización en cuarcitas.
- Cernuschi Rodillo, F. (2015). *The Geology and Geochemistry of the Haquira East Porphyry Copper Deposit of Southern Peru: Insights on the Timing, Temperature and Lifespan of the Magmatic-hydrothermal Alteration and Mineralization*.
- Cernuschi, F., Dilles, J. H., Grocke, S. B., Valley, J. W., Kitajima, K., & Tepley, F. J. (2018). *Rapid formation of porphyry copper deposits evidenced by diffusion of oxygen and titanium in quartz*. Geology, 46(7), 611-614.
- Chastain, E. A. (2001). *Geochemistry of stream sediments and surficial deposits at Pascua-Lama high sulfidation epithermal gold deposit, Chile-Argentina* (Doctoral dissertation, University of British Columbia).
- Cornelio Orbegoso, F. A. (2019). Caracterización mineralógica de los sedimentos de quebrada del brownfield del pórfido de Cu-Mo de La Granja, Cajamarca (Perú).
- Dieye, M., Van Lichtenvelde, M., Ndiaye, A. A., Gueye, M., & Blancher, S. B. (2020). *Mineralogical characterization of heavy mineral concentrates from Senegalese*

- great cost by using Qemscan and SEM. *International Journal of Geosciences*, 11(12), 800.
- Doherty, M. E., Arndt, K., Chang, Z., Kelley, K., & Lavin, O. (2023). *Stream sediment geochemistry in mineral exploration: a review of fine-fraction, clay-fraction, bulk leach gold, heavy mineral concentrate and indicator mineral chemistry*. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 23(4), geochem2022-039.
- Farhan, M., Ali, L., Shah, M. T., Khattak, N. U., Khattak, S. A., Ali, A., & Sadiq, I. (2017). *Comparative study of heavy mineral concentrates and fine fractions of Quaternary sediments for gold and base metal exploration in Nowshera District, Khyber Pakhtunkhwa Pakistan*. *Journal of Himalayan Earth Sciences*, 50(1A), 25-34.
- Fletcher, W. K. (1997). *Stream sediment geochemistry in today's exploration world*. In *Proceedings of exploration* (Vol. 97, pp. 249-260).
- Gent, M., Menendez, M., Toraño, J., & Torno, S. (2011). *A review of indicator minerals and sample processing methods for geochemical exploration*. *Journal of Geochemical Exploration*, 110(2), 47-60.
- Ghasemzadeh, S., Maghsoudi, A., Yousefi, M., & Mihalasky, M. J. (2019). *Stream sediment geochemical data analysis for district-scale mineral exploration targeting: Measuring the performance of the spatial U-statistic and CA fractal modeling*. *Ore Geology Reviews*, 113, 103115.
- Godwin, C. I. (1975). *Geology of Casino porphyry copper-molybdenum deposit, Dawson Range, YT* (Doctoral dissertation, University of British Columbia).
- Kelley, K. D., Graham, G. E., Pfaff, K., Lowers, H. A., & Koenig, A. E. (2022). *Indicator mineral analyses of stream-sediment samples using automated mineralogy and mineral chemistry: Applicability to exploration in covered terranes in eastern Alaska, USA*. *Ore Geology Reviews*, 148, 105021.
- Kelley, K. D., Pfaff, K., & Graham, G. E. (2022). *Results of automated scanning electron microscope (SEM) analyses of rock and stream sediment samples from the Taurus*

- porphyry copper deposit area, Tanacross quadrangle, eastern Alaska (No. 2022-1046). US Geological Survey.*
- Korshunova, V. A., & Charykova, M. V. (2019). *Mobile forms of gold and pathfinder elements in surface sediments at the Novye Peski gold deposit and in the Piilola prospecting area (Karelia region).* Minerals, 9(1), 34.
- LAGESA-CFGS, A. (1996). Geología de los cuadrángulos de Huancapi, Chincheros, Querobamba y Chaviña. Hojas: 28-ñ, 28-o, 29-o, 30-o—[Boletín A 70].
- Layton-Matthews, D., & McClenaghan, M. B. (2021). *Current techniques and applications of mineral chemistry to mineral exploration; examples from glaciated terrain: A review.* Minerals, 12(1), 59.
- Lehtonen, M., Lahaye, Y., O'Brien, H., Lukkari, S., Marmo, J., & Sarala, P. (2015). *Novel technologies for indicator mineral-based exploration.* Geological Survey of Finland, Special Paper, 57, 23-62.
- Lett, R. (2007). *Drainage Geochemical Surveys-Stream Sediments, Lake Sediment, Moss Mats, Heavy Minerals.* GeoFile, 6, 33-34.
- Lett, R. E., Friske, P. W. B., & Jackaman, W. National Geochemical Reconnaissance Program in Northwestern British Columbia: Bowser Lake (NTS 104A) Regional Geochemical Survey.
- Lightfoot, P. C., & Evans-Lamswood, D. (2015). *Near surface manifestations of the controls on Ni-Cu-Co-PGE sulphide mineralisation in the structural roots of Large Igneous Provinces.* Environmental and Economic Significance of Gossans, 23-28.
- Martínez Valladares, W., & Cervantes Gárate, J. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pausa (31-p), Escala 1: 100 000.
- McClenaghan, M. B., Beckett-Brown, C. E., McCurdy, M. W., & Casselman, S. (2023). *Stream sediment indicator mineral signatures of the Casino porphyry Cu-Au-Mo deposit, Yukon, Canada.* Economic Geology, 118(2), 411-431.
- McClenaghan, M. B., Parkhill, M. A., Pronk, A. G., Seaman, A. A., McCurdy, M. W., & Leybourne, M. I. (2017). *Indicator mineral and geochemical signatures associated*

- with the Sisson W-Mo deposit, New Brunswick, Canada. Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 17(4), 297-313.
- Naganna, S. R., Deka, P. C., Ch, S., & Hansen, W. F. (2017). *Factors influencing streambed hydraulic conductivity and their implications on stream-aquifer interaction: a conceptual review. Environmental Science and Pollution Research*, 24(32), 24765-24789.
- Nude, P. M., Asigri, J. M., Yidana, S. M., Arhin, E., Foli, G., & Kutu, J. M. (2012). *Identifying pathfinder elements for gold in multi-element soil geochemical data from the Wa-Lawra Belt, Northwest Ghana: a multivariate statistical approach. International Journal of Geosciences*, 3(01), 62.
- Obeid, M., Ali, M., & Mohamed, N. (2001). *Geochemical exploration on the stream sediments of Gabal El Mueilha area, central Eastern Desert, Egypt: An overview on the rare metals. Resource Geology*, 51(3), 217-227.
- Ottesen, R. T., & Theobald, P. K. (1994). *Stream sediments in mineral exploration. In Handbook of exploration geochemistry (Vol. 6, pp. 147-184). Elsevier Science BV.*
- Pecho Gutiérrez, V. (1981). Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomás. Hojas: 29-p, 29-q, y 29-r-[Boletín A 35].
- Rivera Cornejo, R. (2009). Alcances metalogenéticos de los Pórfidos de Au-Cu-Mo y sus relaciones en la exploración minera (Región Cajamarca) (TT-160).
- Rivera Cornejo, R., Quispe Cangana, J. L., Rodríguez Morante, I., & Villarreal Jaramillo, E. (2008). Comparación entre los sistemas porfiríticos de Cu-Mo y Au-Cu del norte del Perú (Región Cajamarca).
- Sadeghi, S. H. R., Harchegani, M. K., & Younesi, H. A. (2012). *Suspended sediment concentration and particle size distribution, and their relationship with heavy metal content. Journal of earth system science*, 121, 63-71.

- Salama, W., Anand, R. R., & Verrall, M. (2016). *Mineral exploration and basement mapping in areas of deep transported cover using indicator heavy minerals and paleoredox fronts, Yilgarn Craton, Western Australia*. Ore Geology Reviews, 72, 485-509.
- Sillitoe, R. H. (2010). *Porphyry copper systems*. Economic geology, 105(1), 3-41.
- Swennen, R., & Van der Sluys, J. (1998). *Zn, Pb, Cu and As distribution patterns in overbank and medium-order stream sediment samples: their use in exploration and environmental geochemistry*. Journal of Geochemical Exploration, 65(1), 27-45.
- Valdivia, W., & Latorre, O. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Antabamba (29-q). Escala, 1(50), 000.
- Villarreal Jaramillo, E., Gómez Cahuaya, E. H., Yupa Paredes, G. R., Valencia Miraval, C., & Flores Jacobo, R. (2019). *Prospecto Pataypampa: ¿Qué ocultan las areniscas del Cretácico Inferior?*
- Xiaoqian, T. A. N. G. (2023). *Geological characteristics of the Hakura porphyry copper polymetallic deposit in Peru*. CHINA MINING MAGAZINE, 32(S2), 123-127.
- Guillén, F., Gamero, F., Sequeiros, J., Hanampa, M., & Palomino, L. Ferrobamba: Un megayacimiento en el proyecto las bambas.
- Maureira, G. (2020). *Las Bambas Cu-skarn, Peru: implications of whole rock, mineral, and isotope geochemistry for ore genesis and exploration* (Doctoral dissertation, University of Tasmania).
- Carlos, J., & Quispe, C. (2014). *Evolución magmática-hidrotermal del sistema pórfido-skarn Paraíso y su relación con la mineralización de Cu-Mo, Batolito de Andahuaylas-Yauri, Apurímac, Perú*. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, 109, 073-105.

Anexos

Anexo 1 : Registro fotográfico del procedimiento para la toma de muestras en campo....	1
Anexo 2 : Registro de los puntos muestreados	2
Anexo 3 : Análisis Químico realizado por el Laboratorio de ALS Perú S.A.....	18
Anexo 4 : Estudios realizados por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.....	
(INGEMMET)	24

Anexo 1: Registro fotográfico del procedimiento para la toma de muestras en campo

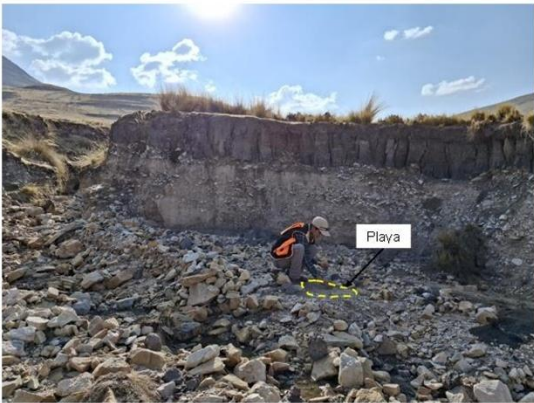
REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	
	
Toma de coordenadas con el GPS GARMIN GPSMAP 67	Recolección de la muestra en trampas, playas y/o curvas
	
Recolección de la información de cada punto de muestreo	Visualización del material pasante por la malla ASTM #10
	
Registro de los datos en la etiqueta	Sellado de la muestra

Anexo 2: Registro de los puntos muestreados

MUESTREO DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA									
PROYECTO:	Muestreo de sedimentos de escorrentía				PROSPECTO:	Haqira	CÓDIGO:	P01	
GEOLOGO:	Max Sayas Merino				FECHA:	03/09/2024			
CUADRANGULO		DEPARTAMENTO		PROVINCIA		DISTRITO		LUGAR	
29-r		Apurímac		Cotabambas		Challhuahuacho		Huancopampa	
N° MUESTRAS		COORD. UTM		COTA	LONGITUD TRANSVERSAL DE LA CUENCA (m)	COLOR DE LA MUESTRA	HUMEDAD		
		Norte	Este	m.s.n.m.					
M01-HMC	M01-G	8433068	786931	3997	6	Beige parduzco	Húmedo		
PESO DE LA MUESTRA		CONTAMINACIÓN IDENTIFICADA					MAGNETISMO		
M01-HMC	M01-G.	Zona de cultivos, pastoreo y cercano a zonas de contaminación por talud del río.					Fuerte magnetismo		
3721g	2546g								
OBSERVACIONES ADICIONALES									
No hay muchas trampas para la deposición de minerales finos, tampoco hay abundante concentración de finos (pesados). La muestra se tomó de trampas, "playas" y curvas. Bloque de rocas, material de sedimentos de arenisca 30%, cuarcitas 30% y 40% limos. Relacionado al Punto propuesto 14.									
Nombre de la quebrada:									
MARGEN						ANCHO DE QUEBRADA			
Der		Cen	X	Izq		<2m		4-6 m	
						2-4 m		>6m	X
ORDEN DE QUEBRADA				PENDIENTE DE QUEBRADA					
1°	X	3°		Suave		Moderada	X	Fuerte	
2°		4°							
COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS									
Qz%	Biot. %		Lític. Volcanic. %			Feld. K %			
Lític. Intrus. %	Lític. Sedim. %		Lític. Metam. %			Otros %			
CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO	Alto	X	Moderado		Pobre		Ausente		
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
Vista río abajo, observamos un pequeño flujo de agua y deposición de botonería y sedimentos al margen izquierdo. Además, observamos una "pirca" que delimita una zona de pastoreo.									

MUESTREO DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA									
PROYECTO:	Muestreo de sedimentos de escorrentía				PROSPECTO:	Haqira	CÓDIGO:	P02	
GEOLOGO:	Max Sayas Merino				FECHA:	03/09/2024			
CUADRANGULO		DEPARTAMENTO		PROVINCIA		DISTRITO		LUGAR	
29-r		Apurímac		Cotabambas		Challhuahuacho		Huancopampa	
N° MUESTRAS		COORD. UTM		COTA	LONGITUD TRANSVERSAL DE LA CUENCA (m)	COLOR DE LA MUESTRA	HUMEDAD		
		Norte	Este	m.s.n.m.					
M02-HMC	M02-G	8434275	787090	3899	5	Beige parduzco	Húmedo		
PESO DE LA MUESTRA		CONTAMINACIÓN IDENTIFICADA					MAGNETISMO		
M02-HMC	M02-G	Zona de cultivos, pastoreo, contaminación antrópica y cercano a zonas de contaminación por talud del río.					Moderado magnetismo		
3740g	2585g								
OBSERVACIONES ADICIONALES									
No hay muchas trampas para la deposición de minerales pesados y si hay trampas, en estas no depositaron minerales pesados. La muestra se tomó de "playas" húmedas. Mayor concentración de bloque de rocas, material de sedimentos de arenisca 30%, cuarcitas 30% y 40% limos. Relacionado al Punto propuesto 14 (misma cuenca que el P1, que corrobora la contaminación que se produce por las vías, personas y demás).									
Nombre de la quebrada:									
MARGEN					ANCHO DE QUEBRADA				
Der		Cen	X	Izq		<2m		4-6 m	X
						2-4 m		>6m	
ORDEN DE QUEBRADA				PENDIENTE DE QUEBRADA					
1°		3°		Suave		Moderada	X	Fuerte	
2°		4°	X						
COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS									
Qz%	Biot. %		Litic. Volcanic. %			Feld. K %			
Litic. Intrus. %	Litic. Sedim. %		Litic. Metam. %			Otros %			
CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO	Alto	X	Moderado		Pobre		Ausente		
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
Vista río arriba, observamos un pequeño flujo de agua, deposición de bloques de roca, bolonería y sedimentos en ambos márgenes del río. Además, observamos una "trampa"; sin embargo, en dicha trampa no hay deposición de sedimentos finos pesados.									

MUESTREO DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA									
PROYECTO:		Muestreo de sedimentos de escorrentía			PROSPECTO:		Haquira		CÓDIGO: P03
GEOLOGO:		Max Sayas Merino				FECHA:		03/09/2024	
CUADRANGULO		DEPARTAMENTO		PROVINCIA		DISTRITO		LUGAR	
29-r		Apurímac		Cotabambas		Challhuahuacho		Pararani	
N° MUESTRAS		COORD. UTM		COTA	LONGITUD TRANSVERSAL DE LA CUENCA (m)	COLOR DE LA MUESTRA	HUMEDAD		
		Norte	Este	m.s.n.m.					
M03-HMC	M03-G	8432623	788440	3851	4	Beige parduzco	Húmedo		
PESO DE LA MUESTRA		CONTAMINACIÓN IDENTIFICADA					MAGNETISMO		
M01-HMC	M01-G.	Zona de cultivos, pastoreo, contaminación antrópica, cercano a zonas de contaminación por talud del río y contaminación por minería artesanal río arriba.					Moderado magnetismo		
4234g	4636g								
OBSERVACIONES ADICIONALES									
No hay muchas trampas para la deposición de minerales pesados y poca concentración de finos (pesados). La muestra se tomó de "playas" y curvas. Bloques de roca, materiales de sedimentos de arenisca 35%, cuarcitas 40% y 25% limos. Relacionado al Punto propuesto 16.									
Nombre de la quebrada:									
MARGEN					ANCHO DE QUEBRADA				
Der		Cen	X	Izq		<2m		4-6 m	X
						2-4 m		>6m	
ORDEN DE QUEBRADA				PENDIENTE DE QUEBRADA					
1°	X	3°		Suave		Moderada	X	Fuerte	
2°		4°							
COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS									
Qz%		Biot. %		Lític. Volcanic. %			Feld. K %		
Lític. Intrus. %		Lític. Sedim. %		Lític. Metam. %			Otros %		
CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO		Alto	X	Moderado		Pobre		Ausente	
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
Vista río abajo, se observan bloques y bolonerías en donde se actúan como "trampas".									

MUESTREO DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA									
PROYECTO:		Muestreo de sedimentos de escorrentía			PROSPECTO:		Haquira		CÓDIGO: P04
GEOLOGO:		Max Sayas Merino				FECHA:		03/09/2024	
CUADRANGULO		DEPARTAMENTO		PROVINCIA		DISTRITO		LUGAR	
29-r		Apurímac		Cotabambas		Challhuahuacho		Pararani	
N° MUESTRAS		COORD. UTM		COTA	LONGITUD TRANSVERSAL DE LA CUENCA (m)	COLOR DE LA MUESTRA	HUMEDAD		
		Norte	Este	m.s.n.m.					
M04-HMC	M04-G	8432493	788416	3856	5	Gris		Seco	
PESO DE LA MUESTRA		CONTAMINACIÓN IDENTIFICADA					MAGNETISMO		
M04-HMC	M04-G	Zona de cultivos, pastoreo, contaminación antrópica, cercano a zonas de contaminación por talud del río y contaminación por minería artesanal río arriba.					Leve magnetismo		
1723g	1140g								
OBSERVACIONES ADICIONALES									
No hay muchas trampas para la deposición de minerales pesados. La muestra se tuvo que sacar sedimentos de manera superficial debido a que está cerca al suelo, en zonas de trampas y "playas" secas. Bloque de rocas, material de sedimentos de arenisca 30%, cuarcitas 30%, 5% de volcánicos y 35% limos.									
Nombre de la quebrada:									
MARGEN					ANCHO DE QUEBRADA				
Der		Cen	X	Izq		<2m		4-6 m	X
						2-4 m		>6m	
ORDEN DE QUEBRADA				PENDIENTE DE QUEBRADA					
1°		3°		Suave		Moderada	X	Fuerte	
2°		4°	X						
COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS									
Qz%	Biot. %		Lític. Volcanic. %			Feld. K %			
Lític. Intrus. %	Lític. Sedim. %		Lític. Metam. %			Otros %			
CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO	Alto		Moderado	X	Pobre		Ausente		
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
Vista arriba de la quebrada seca, en donde hay deposición de bloques de roca, bolonería y sedimentos al margen izquierdo. Además, observamos una "playa" con deposición de sedimentos finos pesados.									

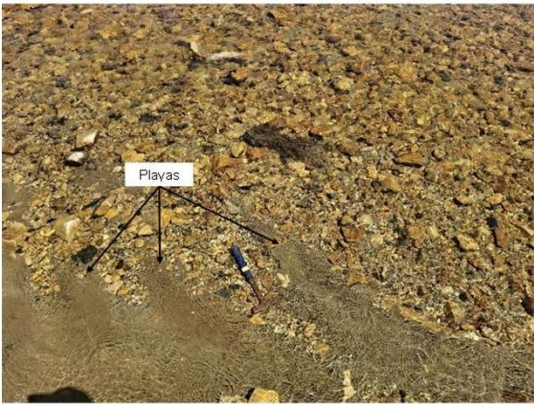
MUESTREO DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA									
PROYECTO:	Muestreo de sedimentos de escorrentía				PROSPECTO:	Haqira	CÓDIGO:	P05	
GEOLOGO:	Max Sayas Merino				FECHA:	04/09/2025			
CUADRANGULO		DEPARTAMENTO		PROVINCIA		DISTRITO		LUGAR	
29-r		Apurímac		Cotabambas		Challhuahuacho		Kenco Ccasa	
N° MUESTRAS		COORD. UTM		COTA	LONGITUD TRANSVERSAL DE LA CUENCA (m)	COLOR DE LA MUESTRA	HUMEDAD		
		Norte	Este	m.s.n.m.					
M05-HMC	M05-G	8433068	786931	3997	12	Beige parduzco a gris	Húmedo		
PESO DE LA MUESTRA		CONTAMINACIÓN IDENTIFICADA					MAGNETISMO		
M05-HMC	M05-G	Zona de pastoreo, contaminación por cercanía a una cantera y vías de acceso peatonal y trocha carrozable.					Fuerte magnetismo		
2351g	1739g								
OBSERVACIONES ADICIONALES									
Hay presencia de trampas, pero con poca concentración de minerales pesados. La muestra se tomó en trampas y curvas. Bloque de rocas, material de sedimentos de arenisca 25%, cuarcitas 30%, 10% de volcánicos y 35% limos. Relacionado al Punto propuesto 9.									
Nombre de la quebrada:									
MARGEN						ANCHO DE QUEBRADA			
Der		Cen	X	Izq		<2m		4-6 m	
						2-4 m		>6m	X
ORDEN DE QUEBRADA				PENDIENTE DE QUEBRADA					
1°		3°		Suave	X	Moderada		Fuerte	
2°		4°	X						
COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS									
Qz%	Biot. %		Lític. Volcanic. %				Feld. K %		
Lític. Intrus. %	Lític. Sedim. %		Lític. Metam. %				Otros %		
CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO	Alto		Moderado	X	Pobre		Ausente		
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
Vista río arriba, observamos un gran flujo de agua, deposición de bolonería y sedimentos en el margen izquierdo del río. Además, observamos una "trampa"; en donde se depositaron sedimentos finos pesados.									

MUESTREO DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA									
PROYECTO:	Muestreo de sedimentos de escorrentía				PROSPECTO:	Haqira	CÓDIGO:	P06	
GEOLOGO:	Max Sayas Merino				FECHA:	04/09/2024			
CUADRANGULO		DEPARTAMENTO		PROVINCIA		DISTRITO		LUGAR	
29-r		Apurímac		Cotabambas		Challhuahuacho		Huanquere	
N° MUESTRAS		COORD. UTM		COTA	LONGITUD TRANSVERSAL DE LA CUENCA (m)	COLOR DE LA MUESTRA	HUMEDAD		
		Norte	Este	m.s.n.m.					
M06-HMC	M06-G	8432392	791895	3844	10	Beige parduzco	Poca Humedad		
PESO DE LA MUESTRA		CONTAMINACIÓN IDENTIFICADA					MAGNETISMO		
M06-HMC	M06-G	Zona de pastoreo, contaminación antrópica y cerca a trochas carrozables.					Leve magnetismo		
1929g	1228g								
OBSERVACIONES ADICIONALES									
Existen varias trampas, pero no hay presencia de deposición de finos en esta. La muestra se tomó de trampas y "playas" secas. Bloque de rocas, material de sedimentos de arenisca 35%, cuarcitas 30% y 35% limos. Relacionado al Punto propuesto 8.									
Nombre de la quebrada:									
MARGEN					ANCHO DE QUEBRADA				
Der		Cen	X	Izq		<2m		4-6 m	
						2-4 m		>6m	X
ORDEN DE QUEBRADA				PENDIENTE DE QUEBRADA					
1°		3°		Suave		Moderada	X	Fuerte	
2°		4°	X						
COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS									
Qz%	Biot. %		Lític. Volcanic. %			Feld. K %			
Lític. Intrus. %	Lític. Sedim. %		Lític. Metam. %			Otros %			
CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO	Alto		Moderado	X	Pobre		Ausente		
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
Vista río arriba, observamos un gran flujo de agua, deposición de bloques de roca, bolonería y sedimentos en el margen izquierdo del río. Además, no observamos "trampas" secas, en las cuales hay deposición de finos pesados en tiempo de lluvia intensa.									

MUESTREO DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA									
PROYECTO:		Muestreo de sedimentos de escorrentía			PROSPECTO:		Haqira		CÓDIGO: P07
GEOLOGO:		Max Sayas Merino				FECHA:		04/09/2024	
CUADRANGULO		DEPARTAMENTO		PROVINCIA		DISTRITO		LUGAR	
29-r		Apurímac		Cotabambas		Challhuahuacho		Huanquere	
N° MUESTRAS		COORD. UTM		COTA	LONGITUD TRANSVERSAL DE LA CUENCA (m)	COLOR DE LA MUESTRA	HUMEDAD		
		Norte	Este	m.s.n.m.					
M07-HMC	M07-G	8432244	792106	3860	15	Beige naranja	Húmedo		
PESO DE LA MUESTRA		CONTAMINACIÓN IDENTIFICADA					MAGNETISMO		
M07-HMC	M07-G	Zona de pastoreo y cerca a trochas carrozables.					Leve magnetismo		
2833g	1986g								
OBSERVACIONES ADICIONALES									
No hay trampas con deposición de minerales pesados. La muestra se tomó "playas" húmedas, formadas por diques de origen antrópico. Bloque de rocas, material de sedimentos de arenisca 30%, cuarcitas 30% y 40% limos. Relacionado al Punto propuesto 15.									
Nombre de la quebrada:									
MARGEN						ANCHO DE QUEBRADA			
Der		Cen	X	Izq		<2m		4-6 m	
						2-4 m		>6m	X
ORDEN DE QUEBRADA				PENDIENTE DE QUEBRADA					
1°	X	3°		Suave		Moderada	X	Fuerte	
2°		4°							
COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS									
Qz%	Biot. %		Lític. Volcanic. %				Feld. K %		
Lític. Intrus. %	Lític. Sedim. %		Lític. Metam. %				Otros %		
CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO	Alto		Moderado	X	Pobre		Ausente		
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
Vista río arriba, observamos un pequeño flujo de agua, deposición de bloques de roca, bolonería y sedimentos en el margen derecho del río. Además, no observamos "diques" de origen antrópico y pequeñas "playas" en las cuales hay deposición de finos pesados.									

MUESTREO DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA									
PROYECTO:		Muestreo de sedimentos de escorrentía			PROSPECTO:		Haqira		CÓDIGO: P08
GEOLOGO:		Max Sayas Merino				FECHA:		04/09/2024	
CUADRANGULO		DEPARTAMENTO		PROVINCIA		DISTRITO		LUGAR	
29-r		Apurímac		Cotabambas		Challhuahuacho		Huanquere	
N° MUESTRAS		COORD. UTM		COTA	LONGITUD TRANSVERSAL DE LA CUENCA (m)	COLOR DE LA MUESTRA	HUMEDAD		
		Norte	Este	m.s.n.m.					
M08-HMC	M08-G	8430177	791698	3898	7	Gris a beige parduzco	Húmedo		
PESO DE LA MUESTRA		CONTAMINACIÓN IDENTIFICADA					MAGNETISMO		
M08-HMC	M08-G	Zona de pastoreo, contaminación antrópica, acceso peatonal y en cercanía a la comunidad de Challa Challa.					Fuerte magnetismo		
2222g	2583g								
OBSERVACIONES ADICIONALES									
No hay trampas con deposición de minerales pesados. La muestra se tomó "playas" y curvas. Bloque de rocas, material de sedimentos de arenisca 35%, cuarcitas 35% y 30% limos. Relacionado al Punto propuesto 7.									
Nombre de la quebrada:									
MARGEN						ANCHO DE QUEBRADA			
Der		Cen	X	Izq		<2m		4-6 m	
						2-4 m		>6m	X
ORDEN DE QUEBRADA				PENDIENTE DE QUEBRADA					
1°		3°	X	Suave	X	Moderada		Fuerte	
2°		4°							
COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS									
Qz%		Biot. %		Lític. Volcanic. %			Feld. K %		
Lític. Intrus. %		Lític. Sedim. %		Lític. Metam. %			Otros %		
CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO		Alto	X	Moderado		Pobre		Ausente	
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
Vista río arriba, observamos un gran flujo de agua, abundante vegetación en el mismo río y en ambos márgenes del río; además divisamos zonas de pastoreo. No observamos trampas con deposición de finos pesados.									

MUESTREO DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA									
PROYECTO:		Muestreo de sedimentos de escorrentía			PROSPECTO:		Haqira		CÓDIGO: P09
GEOLOGO:		Max Sayas Merino				FECHA:		04/09/2024	
CUADRANGULO		DEPARTAMENTO		PROVINCIA		DISTRITO		LUGAR	
29-r		Apurímac		Cotabambas		Challhuahuacho		Challa Challa	
N° MUESTRAS		COORD. UTM		COTA	LONGITUD TRANSVERSAL DE LA CUENCA (m)	COLOR DE LA MUESTRA	HUMEDAD		
		Norte	Este	m.s.n.m.					
M09-HMC	M09-G	8427386	786324	3929	7	Negro a beige parduzco	Húmedo		
PESO DE LA MUESTRA		CONTAMINACIÓN IDENTIFICADA					MAGNETISMO		
M09-HMC	M09-G	Zona de pastoreo, contaminación antrópica y acceso peatonal.					Fuerte magnetismo		
4264g	3037g								
OBSERVACIONES ADICIONALES									
No hay trampas con deposición de minerales pesados. La muestra se tomó en curvas, retirando la vegetación existente. Bloque de rocas, material de sedimentos de arenisca 40%, cuarcitas 35% y 25% limos. Relacionado al Punto propuesto 4.									
Nombre de la quebrada:									
MARGEN						ANCHO DE QUEBRADA			
Der		Cen	X	Izq		<2m		4-6 m	
						2-4 m		>6m	X
ORDEN DE QUEBRADA				PENDIENTE DE QUEBRADA					
1°		3°		Suave		Moderada	X	Fuerte	
2°	X	4°							
COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS									
Qz%		Biot. %		Litic. Volcanic. %			Feld. K %		
Litic. Intrus. %		Litic. Sedim. %		Litic. Metam. %			Otros %		
CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO		Alto	X	Moderado		Pobre		Ausente	
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
Vista río abajo, observamos un pequeño flujo de agua y deposición de botonería y sedimentos al margen izquierdo. Además, observamos una "pirca" que delimita una zona de pastoreo.									

MUESTREO DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA									
PROYECTO:		Muestreo de sedimentos de escorrentía			PROSPECTO:		Haqira		CÓDIGO: P10
GEOLOGO:		Max Sayas Merino				FECHA:		05/09/2025	
CUADRANGULO		DEPARTAMENTO		PROVINCIA		DISTRITO		LUGAR	
29-r		Apurímac		Cotabambas		Challhuahuacho		Tambulla	
N° MUESTRAS		COORD. UTM		COTA	LONGITUD TRANSVERSAL DE LA CUENCA (m)	COLOR DE LA MUESTRA	HUMEDAD		
		Norte	Este	m.s.n.m.					
M10-HMC	M10-G	8428584	789036	3874	15	Beige parduzco a negro	Húmedo		
PESO DE LA MUESTRA		CONTAMINACIÓN IDENTIFICADA					MAGNETISMO		
M10-HMC	M10-G	Zona de pastoreo, contaminación antrópica, vía de acceso en el río y cantera.					Fuerte magnetismo		
3564g	2505g								
OBSERVACIONES ADICIONALES									
No hay trampas con deposición de minerales pesados. La muestra se tomó en playas, retirando la vegetación existente. Material de sedimentos de arenisca 40%, cuarcitas 40% y 20% limos. Relacionado al Punto propuesto 5.									
Nombre de la quebrada:									
MARGEN						ANCHO DE QUEBRADA			
Der		Cen	X	Izq		<2m		4-6 m	
						2-4 m		>6m	X
ORDEN DE QUEBRADA				PENDIENTE DE QUEBRADA					
1°		3°		Suave	X	Moderada		Fuerte	
2°	X	4°							
COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS									
Qz%		Biot. %		Lític. Volcanic. %			Feld. K %		
Lític. Intrus. %		Lític. Sedim. %		Lític. Metam. %			Otros %		
CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO		Alto		Moderado		Pobre	X	Ausente	
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
Observamos distintas "playas" en donde hay deposición de finos pesados.									

MUESTREO DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA									
PROYECTO:		Muestreo de sedimentos de escorrentía			PROSPECTO:		Haquira		CÓDIGO: P11
GEOLOGO:		Max Sayas Merino				FECHA:		05/09/2025	
CUADRANGULO		DEPARTAMENTO		PROVINCIA		DISTRITO		LUGAR	
29-r		Apurímac		Cotabambas		Challhuahuacho		Challa Challa	
N° MUESTRAS		COORD. UTM		COTA	LONGITUD TRANSVERSAL DE LA CUENCA (m)	COLOR DE LA MUESTRA	HUMEDAD		
		Norte	Este	m.s.n.m.					
M11-HMC	M11-G	8427715	786246	3919	6	Beige parduzco	Poco Húmedo		
PESO DE LA MUESTRA		CONTAMINACIÓN IDENTIFICADA					MAGNETISMO		
M11-HMC	M11-G	Zona de pastoreo y contaminación antrópica.					Moderado magnetismo		
3573g	1707g								
OBSERVACIONES ADICIONALES									
No hay trampas con deposición de minerales pesados. La muestra se tomó en playas, retirando la vegetación existente. Material de sedimentos de arenisca 40%, cuarcitas 35% y 25% limos.									
Nombre de la quebrada:									
MARGEN						ANCHO DE QUEBRADA			
Der		Cen	X	Izq		<2m		4-6 m	
						2-4 m		>6m	X
ORDEN DE QUEBRADA				PENDIENTE DE QUEBRADA					
1°		3°		Suave		Moderada	X	Fuerte	
2°		4°	X						
COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS									
Qz%		Biot. %		Lític. Volcanic. %			Feld. K %		
Lític. Intrus. %		Lític. Sedim. %		Lític. Metam. %			Otros %		
CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO		Alto	X	Moderado		Pobre		Ausente	
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
Vista río arriba, observamos un gran flujo de agua y la bifurcación del río. En dicha bifurcación observamos "playas" con deposición de finos pesados.									

MUESTREO DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA									
PROYECTO:		Muestreo de sedimentos de escorrentía			PROSPECTO:		Haquira		CÓDIGO: P12
GEOLOGO:		Max Sayas Merino				FECHA:		05/09/2024	
CUADRANGULO		DEPARTAMENTO		PROVINCIA		DISTRITO		LUGAR	
29-r		Apurímac		Cotabambas		Challhuahuacho		Tambulla	
N° MUESTRAS		COORD. UTM		COTA	LONGITUD TRANSVERSAL DE LA CUENCA (m)	COLOR DE LA MUESTRA	HUMEDAD		
		Norte	Este	m.s.n.m.					
M12-HMC	M12-G	8429432	786045	3938	3	Beige parduzco	Húmedo		
PESO DE LA MUESTRA		CONTAMINACIÓN IDENTIFICADA					MAGNETISMO		
M12-HMC	M12-G	Zona de pastoreo y contaminación antrópica.					Fuerte magnetismo		
1616g	1736g								
OBSERVACIONES ADICIONALES									
No hay trampas con deposición de minerales pesados. La muestra se tomó en curvas, retirando la vegetación existente. Material de sedimentos de arenisca 35%, cuarcitas 35% y 30% limos. Relacionado al Punto propuesto 17.									
Nombre de la quebrada:									
MARGEN						ANCHO DE QUEBRADA			
Der		Cen	X	Izq		<2m		4-6 m	
						2-4 m	X	>6m	
ORDEN DE QUEBRADA				PENDIENTE DE QUEBRADA					
1°	X	3°		Suave	X	Moderada		Fuerte	
2°		4°							
COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS									
Qz%		Biot. %		Lític. Volcanic. %			Feld. K %		
Lític. Intrus. %		Lític. Sedim. %		Lític. Metam. %			Otros %		
CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO		Alto		Moderado	X	Pobre		Ausente	
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
Vista río arriba, observamos un pequeño flujo de agua y deposición de bolonería, gravas y sedimentos en el margen derecho del río.									

MUESTREO DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA									
PROYECTO:		Muestreo de sedimentos de escorrentía			PROSPECTO:		Haqira		CÓDIGO: P13
GEOLOGO:		Max Sayas Merino				FECHA:		05/09/2024	
CUADRANGULO		DEPARTAMENTO		PROVINCIA		DISTRITO		LUGAR	
29-r		Apurímac		Cotabambas		Challhuahuacho		Pararani	
N° MUESTRAS		COORD. UTM		COTA	LONGITUD TRANSVERSAL DE LA CUENCA (m)	COLOR DE LA MUESTRA	HUMEDAD		
		Norte	Este	m.s.n.m.					
M13-HMC	M13-G	8431521	789036	3827	8	Beige parduzco a gris	Húmedo		
PESO DE LA MUESTRA		CONTAMINACIÓN IDENTIFICADA					MAGNETISMO		
M13-HMC	M13-G	Zona de pastoreo y río abajo hay una cantera.					Fuerte magnetismo		
2988g	1789g								
OBSERVACIONES ADICIONALES									
Existen buenas trampas con deposición de minerales pesados. La muestra se tomó en trampas y "playas". Material de sedimentos de arenisca 35%, cuarcitas 30%, volcánicos? 15% y 20% limos. Relacionado al Punto propuesto 10.									
Nombre de la quebrada:									
MARGEN						ANCHO DE QUEBRADA			
Der		Cen	X	Izq		<2m		4-6 m	
						2-4 m		>6m	X
ORDEN DE QUEBRADA				PENDIENTE DE QUEBRADA					
1°		3°	X	Suave	X	Moderada		Fuerte	
2°		4°							
COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS									
Qz%		Biot. %		Litic. Volcanic. %			Feld. K %		
Litic. Intrus. %		Litic. Sedim. %		Litic. Metam. %			Otros %		
CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO		Alto		Moderado	X	Pobre		Ausente	
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
Vista río arriba, observamos un gran flujo de agua con deposición de bloques de roca, bolonería y sedimentos en el margen derecho del río. Además, observamos una trampa en donde se depositaron finos pesados.									

MUESTREO DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA									
PROYECTO:		Muestreo de sedimentos de escorrentía			PROSPECTO:		Haqira		CÓDIGO: P14
GEOLOGO:		Max Sayas Merino				FECHA:		05/09/2024	
CUADRANGULO		DEPARTAMENTO		PROVINCIA		DISTRITO		LUGAR	
29-r		Apurímac		Cotabambas		Challhuahuacho		Tambulla	
N° MUESTRAS		COORD. UTM		COTA	LONGITUD TRANSVERSAL DE LA CUENCA (m)	COLOR DE LA MUESTRA	HUMEDAD		
		Norte	Este	m.s.n.m.					
M14-HMC	M14-G	8430608	786675	3935	3	Beige parduzco a negro	Húmedo		
PESO DE LA MUESTRA		CONTAMINACIÓN IDENTIFICADA					MAGNETISMO		
M14-HMC	M14-G	Zona de pastoreo y río abajo hay accesos peatonales.					Leve magnetismo		
1422g	1933g								
OBSERVACIONES ADICIONALES									
No existen trampas con deposición de minerales pesados. La muestra se tomó en curvas y "playas". Material de sedimentos de arenisca 45%, cuarcitas 35% y 20% limos. Relacionado al Punto propuesto 6.									
Nombre de la quebrada:									
MARGEN						ANCHO DE QUEBRADA			
Der		Cen	X	Izq		<2m		4-6 m	
						2-4 m	X	>6m	
ORDEN DE QUEBRADA				PENDIENTE DE QUEBRADA					
1°	X	3°		Suave		Moderada	X	Fuerte	
2°		4°							
COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS									
Qz%		Biot. %		Lític. Volcanic. %			Feld. K %		
Lític. Intrus. %		Lític. Sedim. %		Lític. Metam. %			Otros %		
CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO		Alto		Moderado		Pobre	X	Ausente	
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
Vista río arriba, observamos un moderado flujo de agua con deposición de bloques de roca, bolonería y sedimentos a lo largo del río. Además, observamos una trampa en donde no se depositaron finos pesados.									

MUESTREO DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA									
PROYECTO:		Muestreo de sedimentos de escorrentía			PROSPECTO:		Haqira		CÓDIGO: P15
GEOLOGO:		Max Sayas Merino				FECHA:		09/09/2024	
CUADRANGULO		DEPARTAMENTO		PROVINCIA		DISTRITO		LUGAR	
29-r		Apurímac		Cotabambas		Challhuahuacho		Huancopampa	
N° MUESTRAS		COORD. UTM		COTA	LONGITUD TRANSVERSAL DE LA CUENCA (m)	COLOR DE LA MUESTRA	HUMEDAD		
		Norte	Este	m.s.n.m.					
M15-HMC	M15-G	785772	8434618	3844	14	Beige parduzco	Poco Húmedo		
PESO DE LA MUESTRA		CONTAMINACIÓN IDENTIFICADA					MAGNETISMO		
M15-HMC	M15-G	Zona de pastoreo, contaminación antrópica, cantera y vías de acceso en las cercanías del río.					Leve magnetismo		
3984g	3196g								
OBSERVACIONES ADICIONALES									
No existen trampas con deposición de minerales pesados. La muestra se tomó en curvas y "playas". Material de sedimentos de arenisca 35%, cuarcitas 35% y 30% limos. Relacionado al Punto propuesto 3.									
Nombre de la quebrada:									
MARGEN						ANCHO DE QUEBRADA			
Der		Cen	X	Izq		<2m		4-6 m	
						2-4 m		>6m	X
ORDEN DE QUEBRADA				PENDIENTE DE QUEBRADA					
1°		3°	X	Suave	X	Moderada		Fuerte	
2°		4°							
COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS									
Qz%		Biot. %		Lític. Volcanic. %			Feld. K %		
Lític. Intrus. %		Lític. Sedim. %		Lític. Metam. %			Otros %		
CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO		Alto		Moderado	X	Pobre		Ausente	
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
Vista río arriba, observamos un gran flujo de agua con deposición de bloques de roca, bolonería y sedimentos en el margen derecho del río. Además, observamos zonas urbanas y depósitos de agregados de canteras.									

MUESTREO DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA									
PROYECTO:		Muestreo de sedimentos de escorrentía			PROSPECTO:		Haqira		CÓDIGO: P16
GEOLOGO:		Max Sayas Merino				FECHA:		09/09/2024	
CUADRANGULO		DEPARTAMENTO		PROVINCIA		DISTRITO		LUGAR	
29-r		Apurímac		Cotabambas		Challhuahuacho		Huancopampa	
N° MUESTRAS		COORD. UTM		COTA	LONGITUD TRANSVERSAL DE LA CUENCA (m)	COLOR DE LA MUESTRA	HUMEDAD		
		Norte	Este	m.s.n.m.					
M16-HMC	M16-G	786682	8432985	4014	3	Beige parduzco	Húmedo		
PESO DE LA MUESTRA		CONTAMINACIÓN IDENTIFICADA					MAGNETISMO		
M16-HMC	M16-G	Zona de pastoreo.					Leve magnetismo		
3300g	3460g								
OBSERVACIONES ADICIONALES									
No existen trampas con deposición de minerales pesados. La muestra se tomó en curvas y "playas". Material de sedimentos de arenisca 30%, cuarcitas 35% y 35% limos. Relacionado al Punto propuesto 18.									
Nombre de la quebrada:									
MARGEN					ANCHO DE QUEBRADA				
Der		Cen	X	Izq		<2m		4-6 m	
						2-4 m	X	>6m	
ORDEN DE QUEBRADA				PENDIENTE DE QUEBRADA					
1°	X	3°		Suave	X	Moderada		Fuerte	
2°		4°							
COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS									
Qz. %		Biot. %		Litic. Volcanic. %			Feld. K %		
Litic. Intrus. %		Litic. Sedim. %		Litic. Metam. %			Otros %		
CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO		Alto		Moderado	X	Pobre		Ausente	
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
Vista río arriba, observamos un pequeño flujo de agua con deposición de bloques de roca, bolonería y sedimentos en el margen izquierdo del río. Además, observamos contaminación producto del pastoreo y abundante vegetación.									

Anexo 3: Análisis Químico realizado por el Laboratorio de ALS Perú S.A.



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

To: MINERA ANTARES PERÚ S.A.C.
AV. ESQUILACHE NRO. 371 (PISO 14)
SAN ISIDRO
LIMA LIMA

Page: 1
Total # Pages: 2 (A – D)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 29-NOV-2024
Account: ANTRSP

CERTIFICATE AR24325042		
Project: ARESAMEX P.O. No.: HQCE-0131-24 This report is for 18 samples of Soil submitted to our lab in Arequipa, Peru on 18-NOV-2024. The following have access to data associated with this certificate:		
YANDIRA AMEZQUITA MARKKU LAPPALAINEN RAFAEL ROBERTO	FQML ASSAY CATALINA LONDONO MIGUEL TOAPANTA	DAISY DEL AGUILA MOSES MATEMA

SAMPLE PREPARATION		
ALS CODE	DESCRIPTION	
WEI-21	Received Sample Weight	
LOG-23	Pulp Login - Rcvd with Barcode	
SPLIT-G	Create G Split	
BAG-01	Bulk Master for Storage	
SCR-51	Screening	
LOG-21	Sample logging - ClientBarCode	

ANALYTICAL PROCEDURES		
ALS CODE	DESCRIPTION	INSTRUMENT
ME-MS61	48 element four acid ICP-MS	
Au-TL43	Trace Level Au - 25q AR	ICP-MS

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

Signature:


Rene Mamani, Laboratory Manager, Peru



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

To: MINERA ANTARES PERÚ S.A.C.
AV. ESQUILACHE NRO. 371 (PISO 14)
SAN ISIDRO
LIMA LIMA

Page: 2 - A
Total # Pages: 2 (A - D)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 29-NOV-2024
Account: ANTRSP

Project: ARESAMEX

CERTIFICATE OF ANALYSIS AR24325042

Sample Description	Method Analyte Units LOD	WEI-21	SCR-51	Au-TL43	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61
		Recvd Wt. kg 0.02	WT. -200 g 0.1	Au ppm 0.001	Ag ppm 0.01	Al % 0.01	As ppm 0.2	Ba ppm 10	Be ppm 0.05	Bi ppm 0.01	Ca % 0.01	Cd ppm 0.02	Ce ppm 0.01	Co ppm 0.1	Cr ppm 1	Cs ppm 0.05
PES004002		0.06		<0.001	0.01	0.10	0.7	<10	0.06	<0.01	0.01	<0.02	1.60	0.7	10	0.17
PES004003		2.50	348.5	0.007	0.34	9.45	14.0	740	2.10	0.43	0.27	0.13	119.0	29.9	31	6.06
PES004004		2.48	298.6	0.005	0.28	8.68	11.1	730	1.97	0.36	0.30	0.10	89.7	20.6	28	5.44
PES004005		4.56	383.0	0.005	0.12	7.93	14.8	480	2.55	0.35	0.31	0.13	133.0	17.7	38	6.99
PES004006		1.14	164.1	0.007	0.13	6.25	8.5	380	1.58	0.25	0.31	0.31	107.0	6.2	26	5.10
PES004007		1.68	97.7	0.004	0.25	7.57	43.8	680	2.02	0.48	1.10	0.88	79.6	11.3	26	5.10
PES004008		1.22	141.0	0.005	0.18	7.88	12.6	630	1.94	0.16	1.04	0.26	76.8	13.5	14	3.41
PES004009		1.92	123.4	0.010	0.43	5.48	12.1	320	0.65	0.26	0.07	0.02	55.4	3.8	22	4.09
PES004010		2.44	67.3	0.026	0.18	6.58	18.2	450	1.32	0.17	1.30	0.13	57.7	8.7	17	2.67
PES004011		2.90	54.7	0.010	0.35	7.97	28.5	780	1.86	0.41	1.26	0.49	66.8	18.2	32	4.85
PES004012		2.26	104.9	0.011	0.24	7.57	53.1	540	1.57	0.89	1.28	1.74	62.5	12.3	24	4.30
PES004013		1.70	168.4	0.005	0.42	7.51	53.0	1270	1.92	0.30	0.77	1.71	85.2	11.4	33	6.29
PES004014		1.12	70.3	0.005	0.26	8.13	123.0	670	2.22	1.24	0.35	9.81	65.1	18.3	51	8.76
PES004015		1.66	171.2	0.002	0.16	7.63	24.8	690	3.04	0.48	0.41	0.44	112.0	5.3	15	7.48
PES004016		1.70	69.8	0.018	0.24	7.80	44.7	560	1.64	0.87	1.36	1.49	61.1	11.4	25	4.03
PES004017		3.20	109.6	0.004	0.44	7.49	55.7	590	1.87	0.80	0.58	0.43	83.4	15.9	35	6.74
PES004018		3.42	347.9	0.008	0.35	9.98	17.5	740	2.22	0.49	0.26	0.07	137.0	39.9	35	6.81
PES004019		0.06		0.001	0.01	0.10	0.4	20	0.06	0.01	0.02	<0.02	2.17	0.8	10	0.10

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



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

To: MINERA ANTARES PERÚ S.A.C.
AV. ESQUILACHE NRO. 371 (PISO 14)
SAN ISIDRO
LIMA LIMA

Page: 2 - B
Total # Pages: 2 (A - D)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 29-NOV-2024
Account: ANTRSP

Project: ARESAMEX

CERTIFICATE OF ANALYSIS AR24325042

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61
		Cu	Fe	Ga	Ge	Hf	In	K	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Nb
		ppm 0.2	% 0.01	ppm 0.05	ppm 0.05	ppm 0.1	ppm 0.005	% 0.01	ppm 0.5	ppm 0.2	% 0.01	ppm 5	ppm 0.05	% 0.01	ppm 0.1
PES004002		6.6	0.37	0.22	<0.05	0.2	<0.005	<0.01	0.8	15.8	0.01	97	0.60	0.01	0.5
PES004003		770	3.89	23.2	0.13	3.2	0.081	1.88	48.8	18.5	0.38	1350	21.1	0.30	15.5
PES004004		656	3.28	20.6	0.13	2.9	0.070	1.86	40.7	17.8	0.37	1055	14.20	0.34	13.9
PES004005		170.5	3.45	19.50	0.12	3.1	0.064	1.80	45.8	24.6	0.49	513	5.50	0.45	17.9
PES004006		260	1.66	14.25	0.13	2.3	0.048	1.37	52.3	14.9	0.26	251	7.82	0.28	13.3
PES004007		149.0	3.19	17.60	0.09	2.5	0.057	1.84	38.4	18.2	0.45	1190	4.88	1.20	12.3
PES004008		71.8	2.82	17.60	0.10	1.9	0.044	1.21	38.5	14.3	0.41	849	2.06	0.96	11.0
PES004009		43.6	1.84	10.70	0.08	1.9	0.045	0.83	29.9	8.7	0.14	136	1.82	0.06	8.7
PES004010		82.9	2.95	14.70	0.10	1.0	0.041	1.32	28.8	10.9	0.50	843	2.11	1.10	7.6
PES004011		468	3.43	19.75	0.09	1.4	0.065	2.35	31.7	21.4	0.64	853	8.99	1.46	8.7
PES004012		106.5	3.29	16.90	0.09	1.4	0.062	1.46	30.0	14.1	0.43	1580	3.67	1.02	8.9
PES004013		76.3	2.53	17.05	0.11	1.5	0.049	1.90	45.7	16.3	0.43	583	4.17	1.28	9.1
PES004014		66.3	3.13	19.20	0.11	1.9	0.066	2.85	33.5	13.3	0.56	710	7.66	0.61	10.2
PES004015		75.1	1.60	19.00	0.12	5.7	0.062	2.97	54.6	17.0	0.22	605	3.40	0.79	17.8
PES004016		93.6	3.41	17.65	0.10	1.3	0.064	1.60	30.1	13.8	0.47	1440	3.16	1.12	9.7
PES004017		381	3.15	17.90	0.10	2.3	0.067	2.19	40.9	16.2	0.46	675	8.42	0.76	13.0
PES004018		799	4.37	24.7	0.14	3.4	0.096	1.91	51.7	19.0	0.38	1735	26.0	0.27	16.2
PES004019		7.7	0.37	0.21	<0.05	0.2	<0.005	<0.01	1.1	16.2	0.01	101	0.92	0.01	0.5

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



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

To: MINERA ANTARES PERÚ S.A.C.
AV. ESQUILACHE NRO. 371 (PISO 14)
SAN ISIDRO
LIMA LIMA

Page: 2 - C
Total # Pages: 2 (A - D)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 29-NOV-2024
Account: ANTRSP

Project: ARESAMEX

CERTIFICATE OF ANALYSIS AR24325042

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61
		P ppm 10	Pb ppm 0.5	Rb ppm 0.1	Re ppm 0.002	S % 0.01	Sb ppm 0.05	Sc ppm 0.1	Se ppm 1	Sn ppm 0.2	Sr ppm 0.2	Ta ppm 0.05	Te ppm 0.05	Th ppm 0.01	Ti % 0.005	Tl ppm 0.02
PES004002		10	<0.5	0.5	<0.002	<0.01	0.14	0.2	<1	0.8	1.0	<0.05	<0.05	0.57	0.020	<0.02
	490	38.4	89.4	<0.002	0.03	1.74	10.9	1	2.9	128.5	1.04	0.18	17.00	0.431	0.96	
	430	27.4	81.4	<0.002	0.02	1.40	9.3	1	2.7	128.5	0.94	0.15	14.30	0.399	0.82	
	310	30.6	108.0	<0.002	0.02	1.59	10.2	1	2.8	81.1	1.18	0.11	16.70	0.472	1.04	
	330	26.1	72.4	0.002	0.03	1.43	8.0	<1	2.1	72.5	0.92	0.11	18.30	0.399	0.70	
PES004007		660	36.4	93.4	0.002	0.06	2.39	8.3	1	2.2	205	0.85	0.14	15.85	0.353	0.84
	570	22.0	59.4	<0.002	0.06	1.18	7.6	<1	1.9	144.0	0.79	<0.05	11.40	0.294	0.50	
	350	21.6	41.6	<0.002	0.03	2.06	5.8	<1	1.6	43.8	0.60	<0.05	8.63	0.291	0.40	
	590	22.3	59.4	0.002	0.03	1.46	7.7	<1	1.6	159.5	0.53	<0.05	8.51	0.315	0.40	
	830	35.2	94.8	0.002	0.04	3.60	9.7	1	2.2	310	0.61	0.21	9.13	0.342	0.66	
PES004012		860	34.4	74.0	<0.002	0.05	2.29	8.8	1	1.7	150.5	0.59	0.25	9.56	0.336	0.74
	680	64.0	99.0	0.002	0.21	4.42	10.0	1	1.5	182.5	0.66	0.14	10.55	0.298	0.89	
	600	52.4	154.5	0.003	0.07	4.68	12.4	2	2.7	94.4	0.68	0.16	8.37	0.379	2.13	
	250	38.8	154.0	<0.002	0.04	1.27	7.2	<1	2.3	94.8	1.18	0.09	20.2	0.283	0.95	
	840	33.4	75.1	<0.002	0.05	2.42	9.2	1	1.8	158.0	0.70	0.19	8.97	0.370	0.73	
PES004017		540	48.8	107.5	0.002	0.05	2.72	10.2	1	7.5	157.5	0.86	0.16	11.85	0.395	0.78
	550	36.7	89.2	<0.002	0.02	1.86	12.0	1	3.0	125.5	1.11	0.27	19.10	0.438	1.10	
	10	0.7	0.4	<0.002	0.01	1.09	0.2	<1	0.6	1.7	<0.05	<0.05	0.68	0.021	<0.02	

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



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

To: MINERA ANTARES PERÚ S.A.C.
AV. ESQUILACHE NRO. 371 (PISO 14)
SAN ISIDRO
LIMA LIMA

Page: 2 - D
Total # Pages: 2 (A - D)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 29-NOV-2024
Account: ANTRSP

Project: ARESAMEX

CERTIFICATE OF ANALYSIS AR24325042

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-MS61 U ppm 0.1	ME-MS61 V ppm 1	ME-MS61 W ppm 0.1	ME-MS61 Y ppm 0.1	ME-MS61 Zn ppm 2	ME-MS61 Zr ppm 0.5
PES004002		0.1	2	0.1	0.6	6	6.0
PES004003		4.3	100	4.3	23.7	71	108.0
PES004004		3.8	84	3.9	18.7	62	98.1
PES004005		3.1	96	5.6	16.3	63	110.5
PES004006		3.3	65	6.5	17.7	49	72.2
PES004007		3.6	84	3.3	18.4	158	72.5
PES004008		2.5	50	1.9	19.8	89	58.8
PES004009		1.9	48	1.4	6.3	25	66.1
PES004010		2.0	58	1.8	14.3	74	27.4
PES004011		2.5	103	2.2	14.8	117	36.9
PES004012		2.3	87	5.3	18.0	183	49.9
PES004013		2.9	92	3.0	18.4	249	43.4
PES004014		3.1	161	2.0	20.5	511	60.4
PES004015		4.4	34	3.7	22.7	94	194.5
PES004016		2.3	88	8.1	18.3	175	34.3
PES004017		2.9	90	6.9	17.2	97	75.2
PES004018		4.7	110	4.4	23.7	68	104.5
PES004019		0.1	2	0.1	0.7	6	6.2

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



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

To: MINERA ANTARES PERÚ S.A.C.
AV. ESQUILACHE NRO. 371 (PISO 14)
SAN ISIDRO
LIMA LIMA

Page: Appendix 1
Total # Appendix Pages: 1
Finalized Date: 29-NOV-2024
Account: ANTRSP

Project: ARESAMEX

CERTIFICATE OF ANALYSIS AR24325042

	CERTIFICATE COMMENTS
	ANALYTICAL COMMENTS Applies to Method: REEs may not be totally soluble in this method. ME-MS61 LABORATORY ADDRESSES Applies to Method: Processed at ALS Arequipa located at Urb. Industrial El Cayro A-3 Paucarpata, Arequipa, Peru. BAG-01 LOG-21 LOG-23 SCR-51 SPLIT-G WEI-21 Applies to Method: Processed at ALS Lima located at Calle 1 LT-1A Mz-D, esq. Calle A, Urb. Industrial Bocanegra Callao 01, Lima, Peru. Au-TL43 ME-MS61

Anexo 4: Estudios realizados por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)

	FORMATO	Código : M2.2-F-073
	ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	Versión : 01 Fecha aprob.: 27/09/2023 Página : 1 de 32

I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M01-HMC	29r	8433068	786931	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. DATOS Y CONDICIONES DEL EQUIPAMIENTO

Equipo	Terraspec	Marca	ASD	Modelo	Hi Res 4
Software de análisis	The Spectral Geologist (TSG) 8				

III. ANÁLISIS DE ESPECTROS:

1. CAMPOS ANALIZADOS:

1.1. CAMPO N°1

Mineral	Fotografía macro
Caolinita - Esmeclita	
Moscovita	

Material suelto limo-arenoso, débilmente consolidado, de color naranja amarillento oscuro, de grano fino a grueso, con cantos subredondeados y silicificados, y agregados de arcillas.

 INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-073
	ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	Versión : 01 Fecha aprob.: 27/09/2023 Página : 3 de 32

I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M02-HMC	29r	8434275	787090	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. DATOS Y CONDICIONES DEL EQUIPAMIENTO

Equipo	Terraspec	Marca	ASD	Modelo	Hi Res 4
Software de análisis	The Spectral Geologist (TSG) 8				

III. ANÁLISIS DE ESPECTROS:

1. CAMPOS ANALIZADOS:

1.1. CAMPO N°1

Mineral	Fotografía macro
Caolinita - Esmectita	
Moscovita	

Material suelto limo-arenoso, débilmente consolidado, de color marrón amarillento moderado, de grano fino a grueso, con escasos agregados de arcillas.

	FORMATO	Código : M2.2-F-073
	ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	Versión : 01 Fecha aprob.: 27/09/2023 Página : 5 de 32

I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M03-HMC	29r	8432623	788440	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. DATOS Y CONDICIONES DEL EQUIPAMIENTO

Equipo	Terraspec	Marca	ASD	Modelo	Hi Res 4
Software de análisis	The Spectral Geologist (TSG) 8				

III. ANÁLISIS DE ESPECTROS:

1. CAMPOS ANALIZADOS:

1.1. CAMPO N°1

Mineral	Fotografía macro
Caolinita - Esmeclita	
Moscovita	

Material suelto limo-arenoso, débilmente consolidado, de color naranja amarillento oscuro, de grano fino a grueso, con escasos agregados de arcillas.

	FORMATO	Código : M2.2-F-073
	ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	Versión : 01 Fecha aprob.: 27/09/2023 Página : 7 de 32

I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M04-HMC	29r	8432493	788416	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. DATOS Y CONDICIONES DEL EQUIPAMIENTO

Equipo	Terraspec	Marca	ASD	Modelo	Hi Res 4
Software de análisis	The Spectral Geologist (TSG) 8				

III. ANÁLISIS DE ESPECTROS:

1. CAMPOS ANALIZADOS:

1.1. CAMPO N°1

Mineral	Fotografía macro
Caolinita - Esmeclita	
Moscovita	

Material suelto limo-arenoso, de color naranja muy pálido, de grano fino a grueso. En la imagen se observa el campo analizado.

	FORMATO	Código : M2.2-F-073
	ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	Versión : 01 Fecha aprob.: 27/09/2023 Página : 9 de 32

I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M05-HMC	29r	8433854	791214	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. DATOS Y CONDICIONES DEL EQUIPAMIENTO

Equipo	Terraspec	Marca	ASD	Modelo	Hi Res 4
Software de análisis	The Spectral Geologist (TSG) 8				

III. ANÁLISIS DE ESPECTROS:

1. CAMPOS ANALIZADOS:

1.1. CAMPO N°1

Mineral	Fotografía macro
Caolinita - Esmeclita	 Material suelto limo-arenoso, débilmente consolidado, de color naranja grisáceo, de grano fino a grueso, con escasos agregados de arcillas.

	FORMATO	Código : M2.2-F-073
	ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	Versión : 01 Fecha aprob.: 27/09/2023 Página : 11 de 32

I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M06-HMC	29r	8432392	791895	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. DATOS Y CONDICIONES DEL EQUIPAMIENTO

Equipo	Terraspec	Marca	ASD	Modelo	Hi Res 4
Software de análisis	The Spectral Geologist (TSG) 8				

III. ANÁLISIS DE ESPECTROS:

1. CAMPOS ANALIZADOS:

1.1. CAMPO N°1

Mineral	Fotografía macro
Caolinita - Esmeclita	
Moscovita	

Material suelto de arena, de color marrón amarillento moderado, de grano fino a grueso. En la imagen se observa el campo analizado.

	FORMATO	Código : M2.2-F-073
	ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	Versión : 01 Fecha aprob.: 27/09/2023 Página : 13 de 32

I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M07-HMC	29r	8432244	792106	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. DATOS Y CONDICIONES DEL EQUIPAMIENTO

Equipo	Terraspec	Marca	ASD	Modelo	Hi Res 4
Software de análisis	The Spectral Geologist (TSG) 8				

III. ANÁLISIS DE ESPECTROS:

1. CAMPOS ANALIZADOS:

1.1. CAMPO N°1

Mineral	Fotografía macro
Caolinita - Esmeclita	
Moscovita	

Material suelto limo-arenoso, débilmente consolidado, de color marrón grisáceo, de grano fino a medio, con escasos agregados de arcillas.

	FORMATO	Código : M2.2-F-073
	ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	Versión : 01 Fecha aprob.: 27/09/2023 Página : 15 de 32

I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M08-HMC	29r	8430177	791698	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. DATOS Y CONDICIONES DEL EQUIPAMIENTO

Equipo	Terraspec	Marca	ASD	Modelo	Hi Res 4
Software de análisis	The Spectral Geologist (TSG) 8				

III. ANÁLISIS DE ESPECTROS:

1. CAMPOS ANALIZADOS:

1.1. CAMPO N°1

Mineral	Fotografía macro
Caolinita - Esmeclita	
Moscovita	

Material suelto limo-arenoso, de color marrón claro, de grano fino a grueso, con escasos agregados de arcillas. En la imagen se observa el campo analizado.

	FORMATO	Código : M2.2-F-073
	ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	Versión : 01 Fecha aprob.: 27/09/2023 Página : 17 de 32

I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M09-HMC	29r	8427386	786324	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

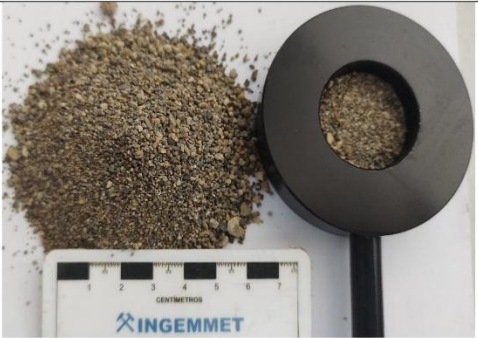
II. DATOS Y CONDICIONES DEL EQUIPAMIENTO

Equipo	Terraspec	Marca	ASD	Modelo	Hi Res 4
Software de análisis	The Spectral Geologist (TSG) 8				

III. ANÁLISIS DE ESPECTROS:

1. CAMPOS ANALIZADOS:

1.1. CAMPO N°1

Mineral	Fotografía macro
Moscovita	
Caolinita - Esmectita	

Material suelto de arena gravosa, de color marrón amarillento pálido, de grano medio a grueso. En la imagen se observa el campo analizado.

	FORMATO	Código : M2.2-F-073
	ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	Versión : 01 Fecha aprob.: 27/09/2023 Página : 19 de 32

I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M10-HMC	29r	8428584	789036	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. DATOS Y CONDICIONES DEL EQUIPAMIENTO

Equipo	Terraspec	Marca	ASD	Modelo	Hi Res 4
Software de análisis	The Spectral Geologist (TSG) 8				

III. ANÁLISIS DE ESPECTROS:

1. CAMPOS ANALIZADOS:

1.1. CAMPO N°1

Mineral	Fotografía macro
Caolinita - Esmectita	
Moscovita	

Material suelto limo-arenoso, débilmente consolidado, de color marrón moderado, de grano fino a medio, con escasos agregados de arcillas.

	FORMATO	Código : M2.2-F-073
	ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	Versión : 01 Fecha aprob.: 27/09/2023 Página : 21 de 32

I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M11-HMC	29r	8427715	786246	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. DATOS Y CONDICIONES DEL EQUIPAMIENTO

Equipo	Terraspec	Marca	ASD	Modelo	Hi Res 4
Software de análisis	The Spectral Geologist (TSG) 8				

III. ANÁLISIS DE ESPECTROS:

1. CAMPOS ANALIZADOS:

1.1. CAMPO N°1

Mineral	Fotografía macro
Caolinita - Esmectita	 Material suelto de arena gravosa, de color marrón amarillento pálido, de grano medio a grueso. En la imagen se observa el campo analizado.
Montmorillonita	
Moscovita	

	FORMATO	Código : M2.2-F-073
	ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	Versión : 01 Fecha aprob.: 27/09/2023 Página : 23 de 32

I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M12-HMC	29r	8429432	786045	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. DATOS Y CONDICIONES DEL EQUIPAMIENTO

Equipo	Terraspec	Marca	ASD	Modelo	Hi Res 4
Software de análisis	The Spectral Geologist (TSG) 8				

III. ANÁLISIS DE ESPECTROS:

1. CAMPOS ANALIZADOS:

1.1. CAMPO N°1

Mineral	Fotografía macro
Caolinita - Esmectita	
Montmorillonita	
Moscovita	

Material suelto de arena, de color marrón amarillento pálido, de grano medio a muy grueso. En la imagen se observa el campo analizado.

	FORMATO	Código : M2.2-F-073
	ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	Versión : 01 Fecha aprob.: 27/09/2023 Página : 25 de 32

I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M13-HMC	29r	8431521	789036	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. DATOS Y CONDICIONES DEL EQUIPAMIENTO

Equipo	Terraspec	Marca	ASD	Modelo	Hi Res 4
Software de análisis	The Spectral Geologist (TSG) 8				

III. ANÁLISIS DE ESPECTROS:

1. CAMPOS ANALIZADOS:

1.1. CAMPO N°1

Mineral	Fotografía macro
Moscovita	
Caolinita - Esmeclita	

Material suelto limo-arenoso, débilmente consolidado, de color gris amarillento, de grano fino a medio, con escasos agregados de arcillas.

	FORMATO	Código : M2.2-F-073
	ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	Versión : 01 Fecha aprob.: 27/09/2023 Página : 27 de 32

I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M14-HMC	29r	8430608	786675	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. DATOS Y CONDICIONES DEL EQUIPAMIENTO

Equipo	Terraspec	Marca	ASD	Modelo	Hi Res 4
Software de análisis	The Spectral Geologist (TSG) 8				

III. ANÁLISIS DE ESPECTROS:

1. CAMPOS ANALIZADOS:

1.1. CAMPO N°1

Mineral	Fotografía macro
Caolinita - Esmeclita	
Moscovita	

Material suelto de arena gravosa, de color gris amarillento, de grano muy fino a muy grueso. En la imagen se observa el campo analizado.

	FORMATO	Código : M2.2-F-073
	ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	Versión : 01 Fecha aprob.: 27/09/2023 Página : 29 de 32

I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M15-HMC	29r	8434618	785772	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. DATOS Y CONDICIONES DEL EQUIPAMIENTO

Equipo	Terraspec	Marca	ASD	Modelo	Hi Res 4
Software de análisis	The Spectral Geologist (TSG) 8				

III. ANÁLISIS DE ESPECTROS:

1. CAMPOS ANALIZADOS:

1.1. CAMPO N°1

Mineral	Fotografía macro
Caolinita - Esmeclita	
Moscovita	

Material suelto de arena, de color naranja amarillento oscuro, de grano fino a grueso. En la imagen se observa el campo analizado.

	FORMATO	Código : M2.2-F-073
	ANÁLISIS DE ESPECTROS MINERALES	Versión : 01 Fecha aprob.: 27/09/2023 Página : 31 de 32

I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M16-HMC	29r	8432985	786682	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. DATOS Y CONDICIONES DEL EQUIPAMIENTO

Equipo	Terraspec	Marca	ASD	Modelo	Hi Res 4
Software de análisis	The Spectral Geologist (TSG) 8				

III. ANÁLISIS DE ESPECTROS:

1. CAMPOS ANALIZADOS:

1.1. CAMPO N°1

Mineral	Fotografía macro
Caolinita - Esmectita	 Material suelto limo-arenoso, débilmente consolidado, de color marrón claro, de grano fino a medio, con escasos agregados de arcillas.

	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 1 de 80

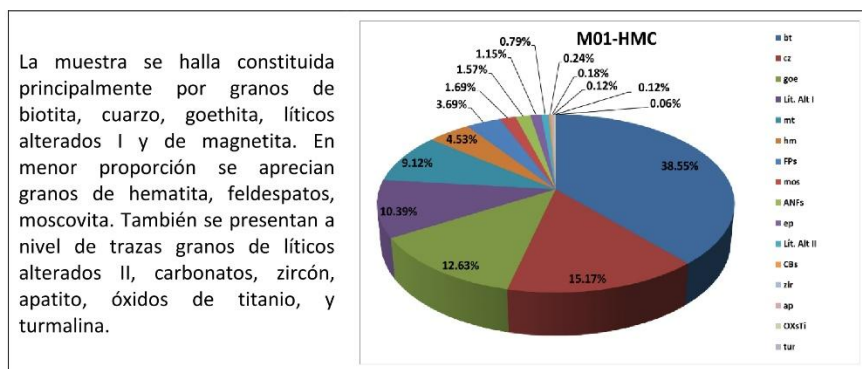
I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M01-HMC	29r	8433068	786931	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
IRVIN DANIEL ZUMARAN ALAYZA

II. INFORMACIÓN MINERALÓGICA:

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES



2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

COMPONENTES	OCURRENCIA
Biotita (bt)	Fragmentos con formas subangulosas con hábito tabular, con esfericidad baja y algunos reemplazados por goethita. Representan el 38,55% de la muestra, tienen tamaños menores a 0,31mm.
Cuarzo (cz)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja y con extinción ondulante. Se aprecian fracturados y algunos con impregnaciones de goethita. Representan el 15,17% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,22mm.
Goethita (goe)	Fragmentos de formas subredondeadas, con esfericidad media. Representan el 12,63% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,25 mm.
Fragmentos líticos alterados I (Lit. Alt. I)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, que han sido alterados principalmente por agregados de sericita, arcillas y goethita. Representan el 10,39% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,20mm.

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-089 Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 2 de 80
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	

Magnetita (mt)	Fragmentos de formas subredondeadas, con esfericidad media. Algunos granos se aprecian reemplazados por hematita y goethita. Representan el 9,12% de la muestra y tienen tamaños menores 0,2mm.
Hematita (hm)	Fragmentos con formas subangulosas, con esfericidad baja. Algunos presentan relictos de magnetita. Representan el 4,53% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,12mm
Feldespatos (FPs)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas. Se aprecian fracturados, algunos con macla polisintética, alterados a sericita y arcilla. Algunos fragmentos presentan impregnaciones de goethita. Sus tamaños son menores a 0,20 mm y representan el 3,69% de la muestra.
Moscovita (mos)	Fragmentos con formas subangulosas con hábito tabular, con esfericidad baja y algunos reemplazados por goethita. Representan el 1,69% de la muestra, tienen tamaños menores a 0,18mm.
Anfíboles (ANFs)	Fragmentos de formas subangulosas con esfericidad baja, algunos de hábito prismático y con impregnaciones de goethita. Representan el 1,57% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,3mm.
Epídota (ep)	Fragmentos con formas subredondeadas, con esfericidad media, y microfracturados. Algunos presentan impregnaciones de goethita. Representan el 1,15% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,15mm.
Fragmentos líticos alterados II (Lit. Alt. II)	Fragmentos de formas subangulosas, conformadas por agregados de cuarzo, posiblemente correspondan a estructuras de relleno y otras a rocas fuertemente silicificada. Representan el 0,79% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,19mm.
Carbonatos (CBs)	Fragmentos con formas subangulosas y esfericidad baja. Representan el 0,24% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,15mm.
Zircón (zir)	Fragmentos con formas subangulosas a subredondeadas, con esfericidad media a baja, y microfracturados. Representan el 0,18% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,15mm.
Apatito (ap)	Fragmentos con formas subredondeadas, de hábito prismático, microfracturados, y de baja esfericidad. Representan el 0,12% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,15mm.
Óxidos de titanio (OXsTi)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Representan el 0,12% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,3mm.
Turmalina (tur)	Fragmentos con formas subredondeadas y con esfericidad media. Se encuentran incluidas en escasos fragmentos de magnetita. Representan el 0,06% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,01mm.
Calcopirita (cp)	No se encuentran como granos individuales. Ocurren como pequeñas inclusiones en fragmentos de magnetita y biotita. Tienen tamaños inferiores a 0,018mm.
Pirrotita (po)	No se encuentran como granos individuales. Ocurren como pequeñas inclusiones en fragmentos de magnetita. Tienen tamaños inferiores a 0,01mm.

	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 6 de 80

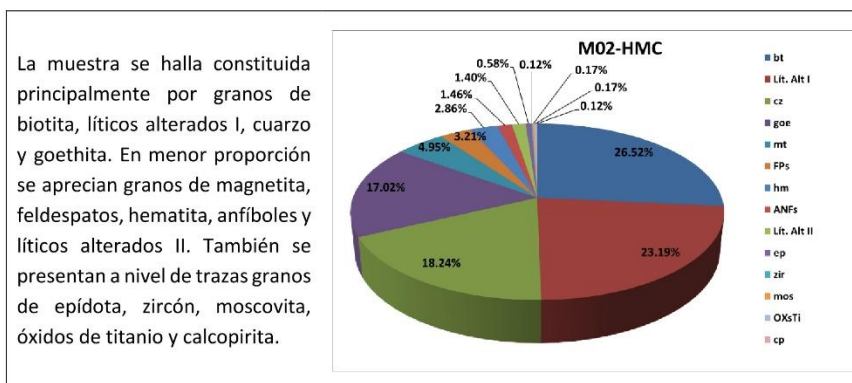
I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M02-HMC	29r	8434275	787090	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
IRVIN DANIEL ZUMARAN ALAYZA

II. INFORMACIÓN MINERALÓGICA:

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES



2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

COMPONENTES	OCURRENCIA
Biotita (bt)	Fragmentos con formas subangulosas y de hábito tabular, con esfericidad baja, algunos están reemplazados por goethita. Representan el 26,52% de la muestra, tienen tamaños menores a 0,43mm.
Fragmentos líticos alterados I (Lit. Alt. I)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, que han sido alterados por agregados de sericita, arcillas y óxidos de hierro. Representan el 23,19% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,23mm.
Cuarzo (cz)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja y con extinción ondulante. Presentan agregados de goethita rellenando fracturas y a manera de impregnaciones. Representan el 18,24% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,20mm.
Goethita (goe)	Fragmentos de formas subredondeadas, con esfericidad media, que reemplazan a magnetita. Representan el 17,02% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,25mm.

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-089 Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 7 de 80
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	

Magnetita (mt)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos granos se aprecian reemplazados por hematita y goethita. Algunos presentan inclusiones de calcopirita. Representan el 4,95% de la muestra y tienen tamaños menores 0,2mm.
Feldespatos (FPs)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas. Se aprecian fracturados, algunos con macla polisintética, alterados a sericita y arcilla; algunos presentan impregnaciones de goethita. Sus tamaños son menores a 0,20mm y representan el 3,21% de la muestra.
Hematita (hm)	Fragmentos con formas subangulosas, con esfericidad baja. Algunos presentan relictos de magnetita. Representan el 2,86% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,1mm.
Anfíboles (ANFs)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja y con impregnaciones de goethita. Representan el 1,46% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,25mm.
Fragmentos líticos alterados II (Lit. Alt. II)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, conformadas por agregados de cuarzo, posiblemente correspondan a rocas fuertemente silicificada y otras a una estructura de relleno; además, presentan ligeras impregnaciones de goethita. Representan el 1,40% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,13mm.
Epídota (ep)	Fragmentos con formas subangulosas a subredondeadas, con esfericidad media a baja, y microfracturados. Algunos presentan impregnaciones de goethita y se encuentran asociados a magnetita. Representan el 0,58% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,2mm.
Moscovita (mos)	Fragmentos con formas subangulosas con hábito tabular y ligeramente flexionado, con esfericidad baja. Representan el 0,17% de la muestra, tienen tamaños menores a 0,33mm.
Óxidos de titanio (OXsTi)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Representan el 0,17% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,28mm.
Zircón (zir)	Fragmentos con formas subangulosas a subredondeadas, con esfericidad media a baja, y microfracturados. Representan el 0,12% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,15mm.
Calcopirita (cp)	Fragmentos con formas subredondeadas y con esfericidad media. También, se observan incluidas en escasos fragmentos de magnetita. Representan el 0,12% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,06mm.

	FORMATO		Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO		Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 11 de 80

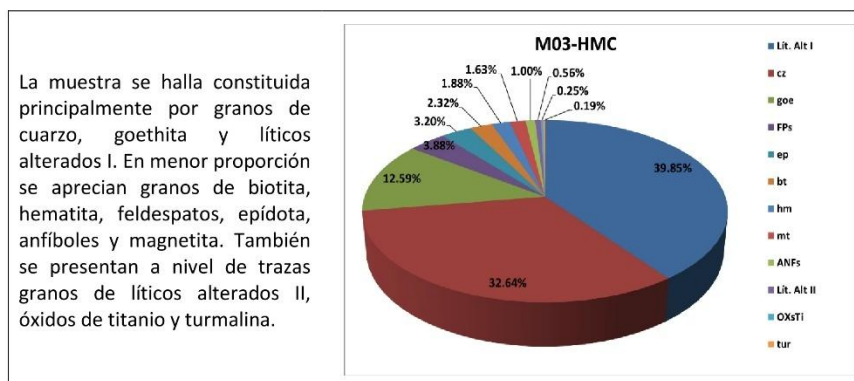
I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M03-HMC	29r	8432623	788440	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
IRVIN DANIEL ZUMARAN ALAYZA

II. INFORMACIÓN MINERALÓGICA:

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES



2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

COMPONENTES	OCURRENCIA
Fragmentos líticos alterados I (Lit. Alt. I)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, alterados principalmente por agregados de sericita, arcillas y goethita. Algunos fragmentos presentan pequeños cristales de magnetita dispersos. Representan el 39,85% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,3mm.
Cuarzo (cz)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja y con extinción ondulante. Presentan agregados de goethita rellenando fracturas y a manera de impregnaciones. Representan el 32,64% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,18mm.
Goethita (goe)	Fragmentos de formas subredondeadas, con esfericidad media, que reemplazan a magnetita. Algunos están intercrecidos con hematita. Representan el 12,59% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,20mm.
Feldespatos (FPs)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas. Se aprecian fracturados, algunos con macla polisintética, alterados a sericita y arcilla;

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 12 de 80

	algunos presentan impregnaciones de goethita. Sus tamaños son menores a 0,20mm y representan el 3,88% de la muestra.
Epídota (ep)	Fragmentos con formas subangulosas, esfericidad baja, y microfracturados. Algunos presentan impregnaciones de goethita y se muestran en contacto con cuarzo. Representan el 3,20% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,25mm.
Biotita (bt)	Fragmentos con formas subangulosas y de hábito tabular, con esfericidad baja y algunos reemplazados por goethita. Representan el 2,32% de la muestra, tienen tamaños menores a 0,65mm.
Hematita (hm)	Fragmentos con formas subangulosas, con esfericidad baja. Algunos se hallan intercrecidos con goethita y presentan relictos de magnetita. También, reemplazan a óxidos de titanio. Representan el 1,88% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,1mm.
Magnetita (mt)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos granos se aprecian reemplazados por hematita y goethita; quedando a manera de relictos. También, se aprecian intercrecido con óxidos de titanio. Representan el 1,63% de la muestra y tienen tamaños menores 0,18mm.
Anfíboles (ANFs)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Representan el 1,00% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,23mm.
Fragmentos líticos alterados II (Lit. Alt. II)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, conformadas por agregados de cuarzo, posiblemente correspondan a rocas una estructura de relleno; además, presentan ligeras impregnaciones de goethita. Representan el 0,56% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,1mm.
Óxidos de titanio (OXsTi)	Fragmentos con formas subangulosas, de esfericidad baja y algunos reemplazados por hematita. Representan el 0,25% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,28mm.
Turmalina	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, con esfericidad baja a media. Representa el 0,19% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,1mm.
Calcopirita (cp)	No se encuentran como granos individuales. Ocurren como pequeñas inclusiones en fragmentos en cuarzo y esfalerita. Tienen tamaños inferiores a 0,018mm.
Esfalerita (ef)	No se encuentran como granos individuales. Ocurren como pequeñas inclusiones en fragmentos en cuarzo. Tienen tamaños menores a 0,02mm.

	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 16 de 80

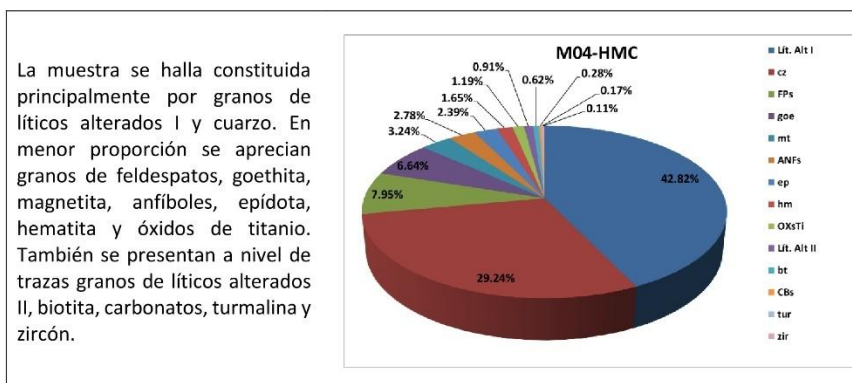
I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M04-HMC	29r	8432493	788416	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
IRVIN DANIEL ZUMARAN ALAYZA

II. INFORMACIÓN MINERALÓGICA:

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES



2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

COMPONENTES	OCURRENCIA
Fragmentos líticos alterados I (Lit. Alt. I)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, alterados por agregados de sericita, arcillas y principalmente goethita. Algunos fragmentos presentan pequeños cristales de magnetita dispersos. Representan el 42,82% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,18mm.
Cuarzo (cz)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja y con extinción ondulante. Presentan agregados de goethita a manera de impregnaciones y en sus bordes. Representan el 29,24% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,20mm.
Feldespatos (FPs)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, algunos de hábito tabular, fracturados, algunos con macla polisintética. Están alterados a sericita y arcilla. Sus tamaños son menores a 0,35mm y representan el 7,95% de la muestra.
Goethita (goe)	Fragmentos de formas subredondeadas, con esfericidad media, que reemplazan a magnetita. Algunos están intercrecidos con hematita.

 INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 17 de 80

	Representan el 6,64% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,18mm.
Magnetita (mt)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos granos se observan reemplazados por hematita y goethita; quedando a manera de relictos. También, presentan escasas inclusiones de calcopirita. Representan el 3,24% de la muestra y tienen tamaños menores 0,26mm.
Anfíboles (ANFs)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja; algunos presentan hábito prismático. Representan el 2,78% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,25mm.
Epídota (ep)	Fragmentos con formas subangulosas, esfericidad baja, y microfracturados. Representan el 2,39% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,18mm.
Hematita (hm)	Fragmentos con formas subangulosas, con esfericidad baja. Algunos se hallan intercrecidos con goethita y presentan relictos de magnetita. Representan el 1,65% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,14mm.
Óxidos de titanio (OXsTi)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, de esfericidad media a baja, algunos intercrecido con magnetita. Representan el 1,19% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,2mm.
Fragmentos líticos alterados II (Lit. Alt. II)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, conformadas por agregados de cuarzo, posiblemente correspondan a una estructura de relleno. Representan el 0,91% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,12mm.
Biotita (bt)	Fragmentos con formas subangulosas y de hábito tabular, con esfericidad baja y algunos reemplazados por goethita. Representan el 0,62% de la muestra, tienen tamaños menores a 0,55mm.
Carbonatos (CBs)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Algunos fragmentos presentan inclusiones de magnetita. Representa el 0,28% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,13mm.
Turmalina	Fragmentos de formas subredondeadas, con esfericidad media. Representa el 0,17% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,15mm.
Zircón (zir)	Fragmentos de formas subredondeadas y con esfericidad media. Representa el 0,11% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,1mm.
Calcopirita (cp)	No se encuentran como granos individuales. Ocurren como pequeñas inclusiones en fragmentos de cuarzo y magnetita. Tienen tamaños inferiores a 0,018mm.

	FORMATO		Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO		Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 21 de 80

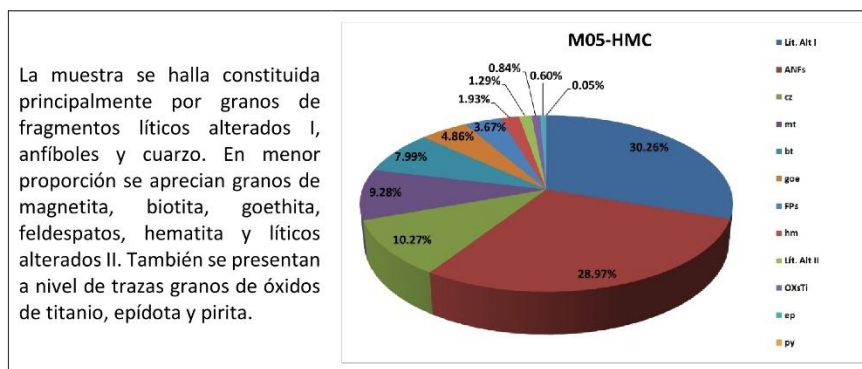
I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M05-HMC	29r	8433854	791214	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. INFORMACIÓN MINERALÓGICA:

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES



2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

COMPONENTES	OCURRENCIA
Fragmentos líticos alterados I (Lit. Alt. I)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, que han sido alterados principalmente por agregados de sericita, arcillas, goethita y en menor proporción por cloritas; algunos muestran finas diseminaciones de magnetita. Representan el 30,26% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,58mm.
Anfíboles (ANFs)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, con esfericidad baja a media, y algunos de hábito prismático. También, se observan en contacto con fragmentos de cuarzo e inclusiones de magnetita y zircón. Representan el 28,97% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,47mm.
Cuarzo (cz)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja y con extinción ondulante. Se aprecian fracturados y algunos con agregados de goethita en sus bordes. Representan el 10,27% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,20 mm.

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-089 Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 22 de 80
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	

Magnetita (mt)	Fragmentos de formas subredondeadas y con esfericidad media. Algunos granos se aprecian reemplazados por hematita. Representan el 9,28% de la muestra y tienen tamaños menores 0,2mm.
Biotita (bt)	Fragmentos con formas subangulosas con hábito tabular, con esfericidad baja, algunos reemplazados por goethita y ligeramente flexionados. Representan el 7,99% de la muestra, tienen tamaños menores a 0,30mm.
Goethita (goe)	Fragmentos de formas subredondeadas y con esfericidad media. Representan el 4,86% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,23mm.
Feldspatos (FPs)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, fracturados, algunos con macla polisintética, alterados a sericita y arcilla. Sus tamaños son menores a 0,22mm y representan el 3,67% de la muestra.
Hematita (hm)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Algunos presentan relictos de magnetita. Representan el 1,93% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,12mm
Fragmentos líticos alterados II (Lit. Alt. II)	Fragmentos de formas subangulosas y de esfericidad baja, conformadas por agregados de cuarzo, posiblemente correspondan a estructuras de relleno y otras a rocas fuertemente silicificadas, algunas con goethita en microfracturas e impregnaciones. Representan el 1,29% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,17mm.
Óxidos de titanio (OXsTi)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos presentan magnetita en fracturas. Representan el 0,84% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,32mm.
Epídota (ep)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja, microfracturados. Representan el 0,60% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,31mm.
Pirita (py)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Algunos presentan magnetita en fracturas. Representan el 0,05% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,09mm.

	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 26 de 80

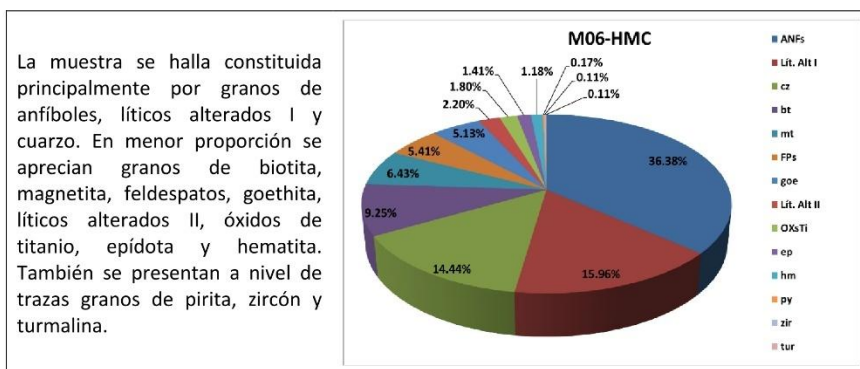
I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M06-HMC	29r	8432392	791895	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. INFORMACIÓN MINERALÓGICA:

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES



2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

COMPONENTES	OCURRENCIA
Anfíboles (ANFs)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, con esfericidad baja a media; algunos de hábito prismático, con inclusiones de magnetita y reemplazados por goethita. Representan el 36,38% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,50mm.
Fragmentos líticos alterados I (Lit. Alt. I)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, que han sido alterados principalmente por agregados de sericita, arcillas y goethita; algunos muestran diseminaciones e inclusiones de magnetita. Representan el 15,96% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,35mm.
Cuarzo (cz)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja y con extinción ondulante. Algunos se aprecian fracturados y con agregados de goethita en sus bordes. Representan el 14,44% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,20mm.

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 27 de 80

Biotita (bt)	Fragmentos con formas subangulosas con hábito tabular, con esfericidad baja, algunos reemplazados por goethita, ligeramente flexionados y con escasas inclusiones de zircón. Representan el 9,25% de la muestra, tienen tamaños menores a 0,50mm.
Magnetita (bt)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos presentan hábito cúbico; también, se aprecian reemplazados por hematita. Representan el 6,43% de la muestra y tienen tamaños menores 0,35mm.
Feldespatos (FPs)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, algunos de hábito prismático y con macla polisintética. Se aprecian fracturados, alterados a sericita, arcillas y escasamente por epidota. También, presentes agregados de goethita en bordes y microfracturas. Sus tamaños son menores a 0,17mm y representan el 5,41% de la muestra.
Goethita (goe)	Fragmentos de formas subredondeadas y con esfericidad media. Representan el 5,13% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,28mm.
Fragmentos líticos alterados II (Lit. Alt. II)	Fragmentos de formas subangulosas, conformadas por agregados de cuarzo, posiblemente correspondan a estructuras de relleno, algunas con goethita en microfracturas. Representan el 2,20% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,20mm.
Óxidos de titanio (OXsTi)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja; algunos presentan inclusiones de magnetita. Representan el 1,80% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,33mm.
Epídota (ep)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja, microfracturados. Algunos presentan impregnaciones de goethita; así como, disseminaciones de magnetita. Representan el 1,41% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,28mm.
Hematita (hm)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Algunos presentan relictos de magnetita y se muestran intercrecidos con goethita. Representan el 1,18% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,15mm
Pirita (py)	Fragmentos con formas subangulosas, con esfericidad baja y microfracturados. Representan el 0,17% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,16mm.
Zircón (zir)	Fragmentos con formas subredondeadas y de esfericidad media. Representan el 0,11% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,07mm.
Turmalina (tur)	Fragmentos con formas subangulosas y de esfericidad baja. Representan el 0,11% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,33mm.

	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 31 de 80

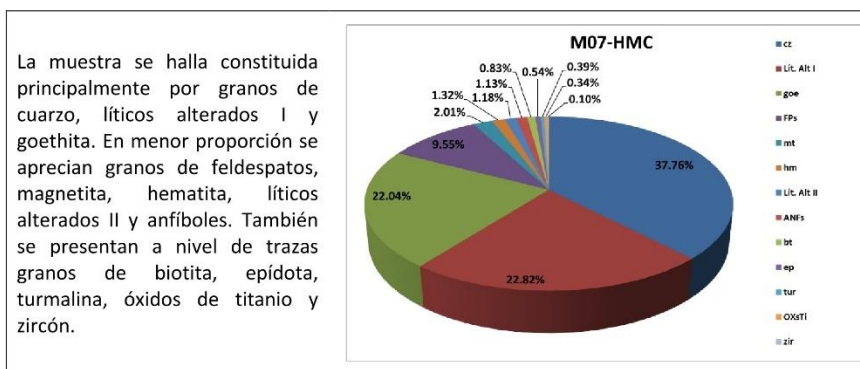
I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M07-HMC	29r	8432244	792106	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. INFORMACIÓN MINERALÓGICA:

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES



2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

COMPONENTES	OCURRENCIA
Cuarzo (cz)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja y con extinción ondulante. Algunos se aprecian fracturados y con agregados de goethita en sus bordes. Representan el 37,76% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,20mm.
Fragmentos líticos alterados I (Lít. Alt. I)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, que han sido alterados principalmente por agregados de sericita, arcillas y goethita; algunos muestran disseminaciones de magnetita y pirita. Representan el 22,82% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,38mm.
Goethita (goe)	Fragmentos de formas subredondeadas y con esfericidad media. Representan el 22,04% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,30mm.

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-089 Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 32 de 80
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	

Feldespatos (FPs)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, algunos de hábito prismático y con macla polisintética. Se aprecian fracturados, alterados a sericita, arcillas y escasamente a epidota. Algunos presentan diseminaciones de magnetita; así como, agregados de goethita en bordes y microfracturas. Sus tamaños son menores a 0,23mm y representan el 9,55% de la muestra.
Magnetita (bt)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos presentan hábito cúbico; también, se aprecian reemplazados por hematita. Representan el 2,01% de la muestra y tienen tamaños menores 0,30mm.
Hematita (hm)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Algunos presentan relictos de magnetita y se muestran intercrecidos con goethita. Representan el 1,32% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,27mm.
Fragmentos líticos alterados II (Lit. Alt. II)	Fragmentos de formas subangulosas, conformadas por agregados de cuarzo, posiblemente correspondan a estructuras de relleno, algunas con goethita en bordes y microfracturas. Representan el 1,18% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,20mm.
Anfíboles (ANFs)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja; algunos de hábito prismático y con inclusiones de magnetita. Representan el 1,13% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,35mm.
Biotita (bt)	Fragmentos con formas subangulosas con hábito tabular, con esfericidad baja, algunos reemplazados por goethita y ligeramente flexionados. Representan el 0,83% de la muestra, tienen tamaños menores a 0,30mm.
Epidota (ep)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja, microfracturados. Algunos presentan impregnaciones de goethita. Representan el 0,54% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,17mm.
Turmalina (tur)	Fragmentos con formas subredondeadas y de esfericidad media. Representan el 0,39% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,17mm.
Óxidos de titanio (OXsTi)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Representan el 0,34% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,17mm.
Zircón (zir)	Fragmentos con formas subredondeadas y de esfericidad media. Representan el 0,10% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,13mm.
Pirita (py)	Ocurren de formas subredondeadas y con esfericidad media. Se encuentran incluidas en fragmentos líticos alterados I. Tienen tamaños inferiores a 0,04mm.

	FORMATO		Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO		Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 36 de 80

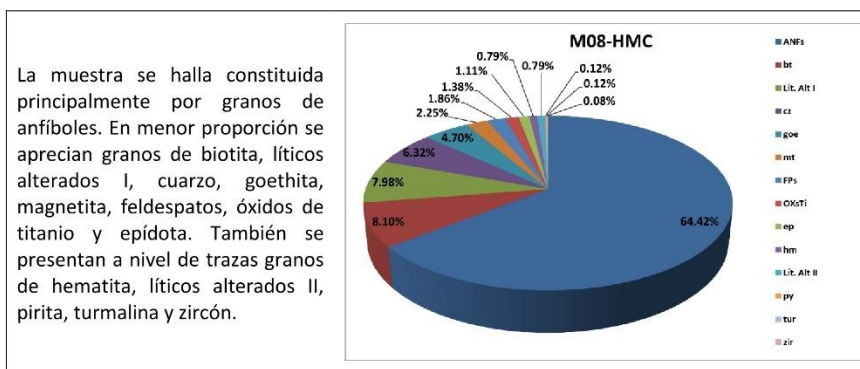
I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M08-HMC	29r	8430177	791698	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. INFORMACIÓN MINERALÓGICA:

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES



2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

COMPONENTES	OCURRENCIA
Anfíboles (ANFs)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, con esfericidad baja a media; algunos de hábito prismático, en contacto con fragmentos de feldespatos e inclusiones de magnetita. Representan el 64,42% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,55mm.
Biotita (bt)	Fragmentos con formas subangulosas con hábito tabular, con esfericidad baja, algunos reemplazados por goethita, ligeramente flexionados y con escasas inclusiones de magnetita. Por sectores, se encuentran en contacto con fragmentos de cuarzo. Representan el 8,10% de la muestra, tienen tamaños menores a 0,50mm.
Fragmentos líticos alterados I (Lit. Alt. I)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, que han sido alterados principalmente por agregados de sericita, arcillas y goethita; algunos muestran finas diseminaciones de magnetita. Representan el 7,98% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,43mm.

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-089 Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 37 de 80
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	

Cuarzo (cz)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja y con extinción ondulante. Algunos se aprecian fracturados, con inclusiones de magnetita y con agregados de goethita en sus bordes. Representan el 6,32% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,20mm.
Goethita (goe)	Fragmentos de formas subredondeadas y con esfericidad media. Representan el 4,70% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,20mm.
Magnetita (mt)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos presentan hábito cúbico y están reemplazados por hematita. Representan el 2,25% de la muestra y tienen tamaños menores 0,2mm.
Feldespatos (FPs)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, algunos de hábito prismático y con macla polisintética. Se aprecian fracturados, alterados a sericita, arcillas y escasamente por epidota. Algunos presentes agregados de goethita en bordes y microfracturas. Sus tamaños son menores a 0,40mm y representan el 1,86% de la muestra.
Óxidos de titanio (OXsTi)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos se encuentran en contacto con fragmentos de magnetita. Representan el 1,38% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,23mm.
Epidota (ep)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja, microfracturados. Algunos presentan impregnaciones de goethita. Representan el 1,11% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,30 mm.
Hematita (hm)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Algunos presentan relictos de magnetita. Representan el 0,79% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,15mm
Fragmentos líticos alterados II (Lít. Alt. II)	Fragmentos de formas subangulosas, conformadas por agregados de cuarzo, posiblemente correspondan a estructuras de relleno, algunas con goethita en microfracturas. Representan el 0,79% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,16mm.
Pirita (py)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Representan el 0,12% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,03mm.
Turmalina (tur)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja y algunos microfracturados. Representan el 0,12% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,20mm.
Zircón (zir)	Fragmentos de formas subredondeadas, con esfericidad media y microfracturados. Representan el 0,08% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,20mm.
Pirrotita (po)	Ocurren de formas subredondeadas, con esfericidad media e incluidas en anfiboles. Tienen tamaños inferiores a 0,01mm.

	FORMATO		Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO		Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 41 de 80

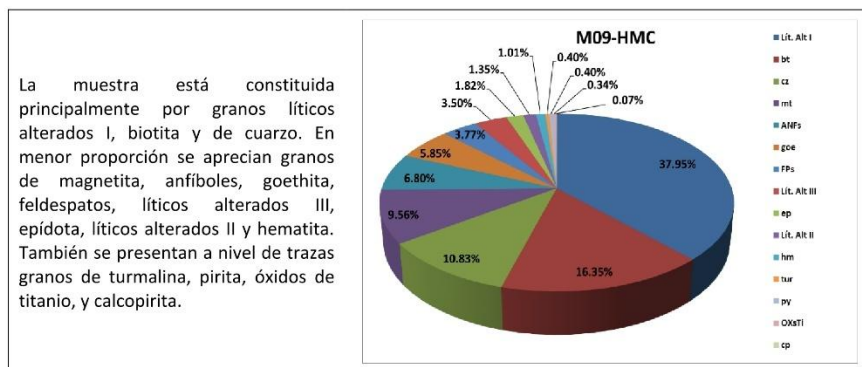
I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M09-HMC	29r	8427386	786324	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
IRVIN DANIEL ZUMARAN ALAYZA

II. INFORMACIÓN MINERALÓGICA:

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES



2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

COMPONENTES	OCURRENCIA
Fragmentos líticos alterados I (Lít. Alt. I)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, que han sido alterados principalmente por agregados de sericita, arcillas, goethita y cloritas. Algunos presentan diseminaciones de magnetita. Representan el 37,95% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,31mm.
Biotita (bt)	Fragmentos de formas subangulosas, con hábito tabular, esfericidad baja y ligeramente flexionados; algunos reemplazados por goethita y con diseminaciones de magnetita. Representan el 16,35% de la muestra, tienen tamaños menores a 0,36mm.
Cuarzo (cz)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, con esfericidad baja a media, con extinción ondulante e inclusiones de magnetita. Representan el 10,83% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,23mm.

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-089 Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 42 de 80
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	

Magnetita (mt)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos presentan hábito cúbico; también, se aprecian reemplazadas por hematita y goethita. Representan el 9,56% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,27mm.
Anfiboles (ANFs)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja; algunos de hábito prismático y microfracturados. Algunos presentan diseminaciones de magnetita y están intercrecidos con biotita. Representan el 6,80% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,45mm.
Goethita (goe)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Representan el 5,85% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,24mm.
Feldespatos (FPs)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, algunos de hábito prismático y con macla polisintética. Se aprecian microfracturados, alterados a arcillas y sericita. Sus tamaños son menores a 0,25mm y representan el 3,77% de la muestra.
Fragmentos líticos alterados III (Lit. Alt. III)	Fragmentos de formas subredondeadas y de esfericidad media. Están conformadas por cristales de plagioclasas inmersos en una matriz reemplazada por agregados de óxidos de hierro. Posiblemente correspondan a fragmentos de rocas ígneas. Representan el 3,50% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,20mm.
Epídota (ep)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja y microfracturados. Algunos presentan impregnaciones de goethita. Representan el 1,82% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,21mm.
Fragmentos líticos alterados II (Lit. Alt. II)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, de esfericidad baja a media. Están conformadas por agregados de cuarzo, algunos con magnetita en intersticios. Posiblemente correspondan a rocas silicificadas. Representan el 1,35% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,20mm.
Hematita (hm)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Algunos presentan relictos de magnetita y se muestran intercrecidos con goethita. Representan el 1,01% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,22mm.
Turmalina (tur)	Fragmentos con formas subangulosas y de esfericidad baja. Algunos presentan inclusiones de magnetita. Representan el 0,40% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,20mm.
Pirita (py)	Fragmentos con formas subredondeadas y esfericidad media. Representan el 0,40% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,13mm.
Óxidos de titanio (OXsTi)	Fragmentos con formas subangulosas y de esfericidad baja. Algunos presentan inclusiones de magnetita. Representan el 0,34% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,30mm.
Calcopirita (cp)	Fragmentos con formas subredondeadas y esfericidad media, algunos de hábito prismático. Representan el 0,07% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,07mm.

	FORMATO		Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO		Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 46 de 80

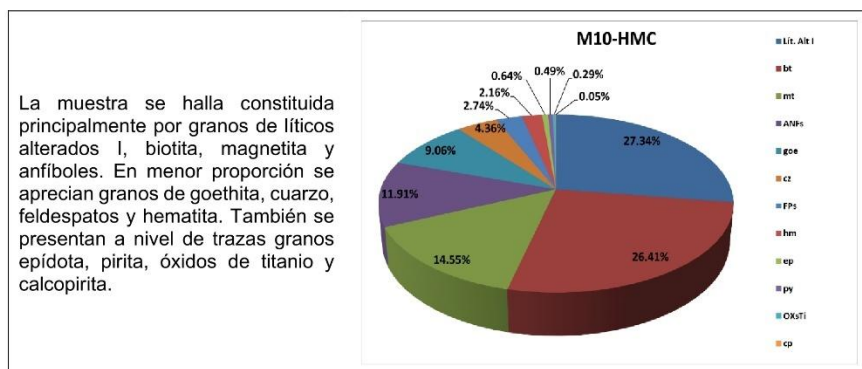
I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M10-HMC	29r	8428584	789036	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
IRVIN DANIEL ZUMARAN ALAYZA

II. INFORMACIÓN MINERALÓGICA:

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES



2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

COMPONENTES	OCURRENCIA
Fragmentos líticos alterados I (Lít. Alt. I)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, que han sido alterados principalmente por agregados de sericita y goethita; algunos muestran diseminaciones de magnetita. Representan el 27,34% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,28mm.
Biotita (bt)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, con hábito tabular, de esfericidad baja a media, algunos reemplazados por goethita e inclusiones de magnetita. Representan el 26,41% de la muestra, tienen tamaños inferiores a 0,27mm.
Magnetita (mt)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja, y microfracturados. Algunos presentan hábito cúbico, se aprecian reemplazados por hematita y goethita. Representan el 14,55% de la muestra y tienen tamaños menores 0,15mm.
Anfíboles (ANFs)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja; de hábito prismático y microfracturados. Representan el 11,91% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,32mm.

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 47 de 80

Goethita (goe)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos se observan intercrecidos con hematita, reemplazan a magnetita y calcopirita. Representan el 9,06% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,19mm.
Cuarzo (cz)	Fragmentos de formas subangulosas y de esfericidad baja, con extinción ondulante, microfracturados e impregnaciones de goethita. Representan el 4,36% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,20mm.
Feldespatos (FPs)	Fragmentos de formas subangulosas y de esfericidad baja. Se aprecian microfracturados y alterados a arcillas; algunos con impregnaciones de goethita. Sus tamaños son menores a 0,21mm y representan el 2.74% de la muestra.
Hematita (hm)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Algunos presentan relictos de magnetita y se observan intercrecidos con goethita. Representan el 2,16% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,19mm.
Epídota (ep)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja y microfracturados. Algunos presentan impregnaciones de goethita. Representan el 0,64% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,18mm.
Pirita (py)	Fragmentos con formas subredondeadas y de esfericidad media. También, se encuentran incluidas en hematita. Representan el 0.49% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,1mm.
Óxidos de titanio (OXsTi)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Representan el 0,29% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,20mm.
Calcopirita (cp)	Fragmentos con formas subangulosas a subredondeadas, de esfericidad Occurren con formas subredondeados y de esfericidad media. Se encuentran reemplazados por goethita e incluidas en algunos fragmentos de cuarzo. Representan el 0,05% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,22mm.

	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 51 de 80

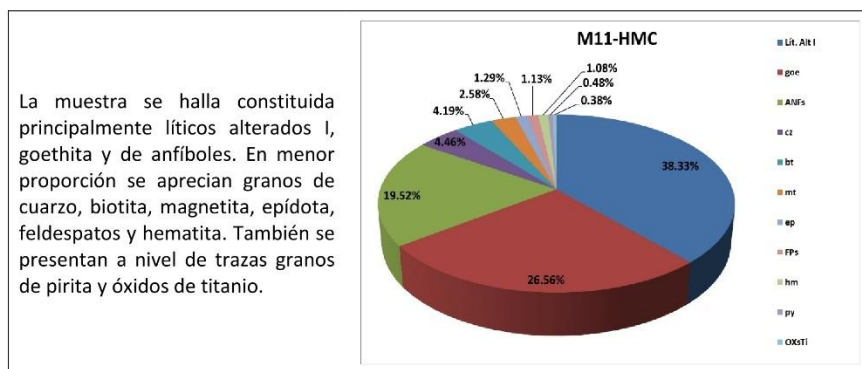
I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M11-HMC	29r	8427715	786246	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
IRVIN DANIEL ZUMARAN ALAYZA

II. INFORMACIÓN MINERALÓGICA:

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES



2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

COMPONENTES	OCURRENCIA
Fragmentos líticos alterados I (Lít. Alt. I)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, que han sido alterados principalmente por agregados de sericita y goethita; algunos muestran diseminaciones de magnetita. Representan el 38,33% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,39mm.
Goethita (goe)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos se observan intercrecidos con hematita y reemplazando a magnetita y pirita. Representan el 26,56% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,26mm.
Anfíboles (ANFs)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja; de hábito prismático, microfracturados, algunos maclados y con inclusiones de magnetita. Representan el 19,52% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,48mm.
Cuarzo (cz)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja y extinción ondulante, microfracturados. Representan el 4,46% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,20mm.

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 52 de 80

Biotita (bt)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, con hábito tabular y ligeramente flexionados, de esfericidad baja a media, algunos reemplazados por goethita y con disseminaciones de magnetita. Representan el 4,19% de la muestra, tienen tamaños menores a 0,5mm.
Magnetita (mt)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos presentan hábito cúbico y se aprecian reemplazados por hematita y goethita. Representan el 2,58% de la muestra y tienen tamaños menores 0,20mm.
Epídota (ep)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja y microfracturados. Algunos presentan impregnaciones de goethita. Representan el 1,29% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,14mm.
Feldespatos (FPs)	Fragmentos de formas subangulosas y de esfericidad baja. Se aprecian microfracturados, maclados, alterados a arcillas y sericita; algunos con impregnaciones de goethita. Sus tamaños son menores a 0,23mm y representan el 1,13% de la muestra.
Hematita (hm)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Algunos presentan relictos de magnetita y se observan intercrecidos con goethita. Representan el 1,08% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,21mm.
Pirita (py)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, de esfericidad media a baja, y microfracturados. Se encuentran reemplazados por goethita. Representan el 0,48% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,16mm.
Óxidos de titanio (OXsTi)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Con inclusiones de magnetita. Representan el 0,38% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,12mm.
Calcopirita (cp)	Ocurren con formas subredondeadas y de esfericidad media. Se encuentran incluidas en magnetita y muestran tamaños inferiores a 0,01mm.

	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 56 de 80

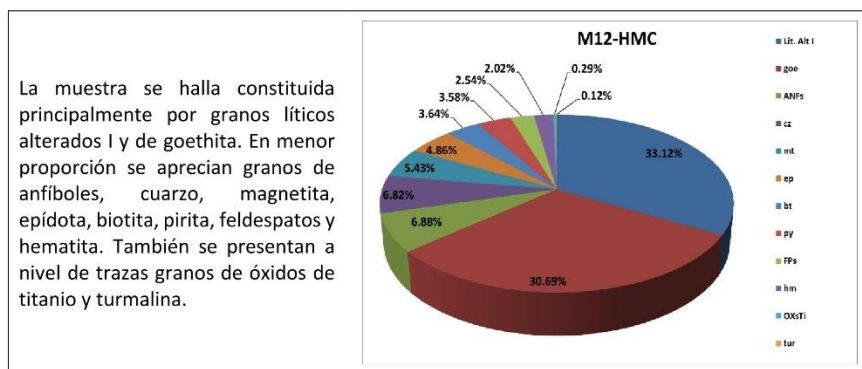
I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M12-HMC	29r	8429432	786045	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
IRVIN DANIEL ZUMARAN ALAYZA

II. INFORMACIÓN MINERALÓGICA:

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES



2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

COMPONENTES	OCURRENCIA
Fragmentos líticos alterados I (Lít. Alt. I)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, que han sido alterados principalmente por agregados de sericita y goethita. Representan el 33,12% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,73mm.
Goethita (goe)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos se observan intercrecidos con hematita y reemplazando a magnetita y piritita. Representan el 30,69% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,22mm.
Anfíboles (ANFs)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja; de hábito prismático y microfracturados. Algunos presentan impregnaciones de goethita. Representan el 6.88% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,30mm.

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 57 de 80

Cuarzo (cz)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, con esfericidad baja a media, con extinción ondulante, microfracturados y algunos con goethita en sus bordes. Representan el 6,82% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,25mm.
Magnetita (mt)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos presentan hábito cúbico y se aprecian reemplazados por hematita y goethita. Representan el 5,43% de la muestra y tienen tamaños menores 0,25mm.
Epídota (ep)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja y microfracturados. Algunos presentan impregnaciones de goethita. Representan el 4,86% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,18mm.
Biotita (bt)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, con hábito tabular, esfericidad baja a media, algunos reemplazados por goethita. Representan el 3,64% de la muestra, tienen tamaños menores a 0,36mm.
Pirita (py)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, de esfericidad media a baja, y microfracturados. Se encuentran reemplazados por goethita; además, algunos se muestran como agregados framboidales. Representan el 3,58% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,13mm.
Feldespatos (FPs)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, algunos de hábito prismático y con macla polisintética. Se aprecian microfracturados, alterados a arcillas, sericita y escasamente por epídota; con impregnaciones de goethita. Sus tamaños son menores a 0,23mm y representan el 2,54% de la muestra.
Hematita (hm)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Algunos presentan relictos de magnetita y se muestran intercrecidos con goethita. Representan el 2,02% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,20mm.
Óxidos de titanio (OXsTi)	Fragmentos con formas subredondeadas, de esfericidad media y microfracturados. Algunos presentan magnetita en intersticios. Representan el 0,29% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,3mm.
Turmalina (tur)	Fragmentos con formas subredondeadas y de esfericidad media. Representan el 0,12% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,1mm.
Calcopirita	Ocurren con formas subredondeadas, están incluidos en cuarzo y tienen tamaños inferiores a 0,02mm.
Pirrotita	Ocurren con formas subredondeadas, incluidos en cuarzo y tienen tamaños inferiores a 0,02mm.

	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 61 de 80

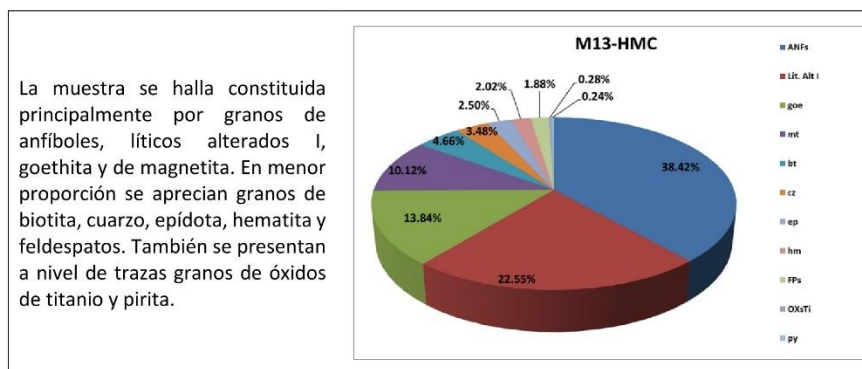
I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M13-HMC	29r	8431521	789036	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. INFORMACIÓN MINERALÓGICA:

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES



2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

COMPONENTES	OCURRENCIA
Anfíboles (ANFs)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja; de hábito prismático, microfracturados y con inclusiones de magnetita. Representan el 38,42% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,40mm.
Fragmentos líticos alterados I (Lit. Alt. I)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, que han sido alterados principalmente por agregados de sericita y goethita; algunos muestran diseminaciones de magnetita. Representan el 22,55% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,35mm.
Goethita (goe)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos se observan elongados, intercrecidos con hematita, reemplazando a magnetita y pirita. Representan el 13,84% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,20mm.

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 62 de 80

Magnetita (mt)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos presentan hábito cúbico, se aprecian reemplazados por hematita y goethita; ocasionalmente presentan inclusiones de calcopirita. Representan el 10,12% de la muestra y tienen tamaños menores 0,20mm.
Biotita (bt)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, con hábito tabular, de esfericidad baja a media, algunos reemplazados por goethita. Representan el 4,66% de la muestra, tienen tamaños menores a 0,32mm.
Cuarzo (cz)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja, extinción ondulante y microfracturados. Representan el 3,48% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,26mm.
Epídota (ep)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja y microfracturados. Algunos presentan impregnaciones de goethita. Representan el 2,50% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,14mm.
Hematita (hm)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Algunos presentan relictos de magnetita y se observan intercrecidos con goethita. Representan el 2,02% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,21mm.
Feldespatos (FPs)	Fragmentos de formas subangulosas y de esfericidad baja. Se aprecian microfracturados y alterados a arcillas; algunos con impregnaciones de goethita. Sus tamaños son menores a 0,21mm y representan el 1,88% de la muestra.
Óxidos de titanio (OXsTi)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Con inclusiones de magnetita. Representan el 0,28% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,20mm.
Pirita (py)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, de esfericidad media a baja, y microfracturados. Se encuentran reemplazados por goethita. Representan el 0,24% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,20mm.
Calcopirita (cp)	Ocurren con formas subredondeadas y de esfericidad media. Se encuentran incluidas en magnetita y muestran tamaños inferiores a 0,01mm.

	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 66 de 80

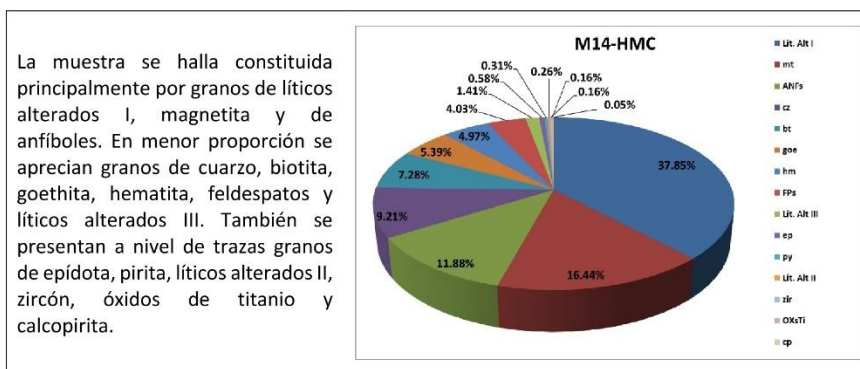
I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M14-HMC	29r	8430608	786675	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. INFORMACIÓN MINERALÓGICA:

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES



2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

COMPONENTES	OCURRENCIA
Fragmentos líticos alterados I (Lit. Alt. I)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, que han sido alterados principalmente por agregados de sericita, arcillas y goethita. Algunos presentan diseminaciones de magnetita. Representan el 37,85% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,25mm.
Magnetita (mt)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos presentan hábito cúbico; también, se aprecian reemplazados por hematita. Representan el 16,44% de la muestra y tienen tamaños menores 0,20mm.
Anfíboles (ANFs)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja; algunos de hábito prismático. Representan el 11,88% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,42mm.

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-089 Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 67 de 80
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	

Cuarzo (cz)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja, con extinción ondulante y microfracturados. Representan el 9,21% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,20mm.
Biotita (bt)	Fragmentos de formas subangulosas, con hábito tabular, esfericidad baja y ligeramente flexionados; algunos reemplazados por goethita y con diseminaciones de magnetita. Representan el 7,28% de la muestra, tienen tamaños menores a 0,27mm.
Goethita (goe)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Representan el 5,39% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,17mm.
Hematita (hm)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Algunos presentan relictos de magnetita y se muestran intercrecidos con goethita. Representan el 4,97% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,18mm.
Feldespatos (FPs)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, algunos de hábito prismático y con macla polisintética. Se aprecian fracturados, alterados a sericita y arcillas. Algunos presentan agregados de goethita en bordes y microfracturas. Sus tamaños son menores a 0,19mm y representan el 4,03% de la muestra.
Fragmentos líticos alterados III (Lit. Alt. III)	Fragmentos de formas subredondeadas y de esfericidad media. Están conformadas por cristales de plagioclasas inmersos en una matriz reemplazada por agregados de óxidos de hierro; algunos presentan diseminaciones de magnetita. Posiblemente correspondan a fragmentos de rocas ígneas. Representan el 1,41% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,21mm.
Epídota (ep)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja y microfracturados. Representan el 0,58% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,30 mm.
Pirita (py)	Fragmentos con formas subredondeadas y esfericidad media. Representan el 0,31% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,13mm.
Fragmentos líticos alterados II (Lit. Alt. II)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, de esfericidad baja a media. Están conformadas por agregados de cuarzo, algunos con micas y goethita en intersticios; posiblemente correspondan a rocas silicificadas. Representan el 0,26% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,19mm.
Zircón (zir)	Fragmentos con formas subredondeadas y esfericidad media. Representan el 0,16% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,18mm.
Óxidos de titanio (OXsTi)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, de esfericidad media a baja. Algunos presentan inclusiones de magnetita. Representan el 0,16% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,18mm.
Calcopirita (cp)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, de esfericidad media a baja. Representan el 0,05% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,15mm.

	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 71 de 80

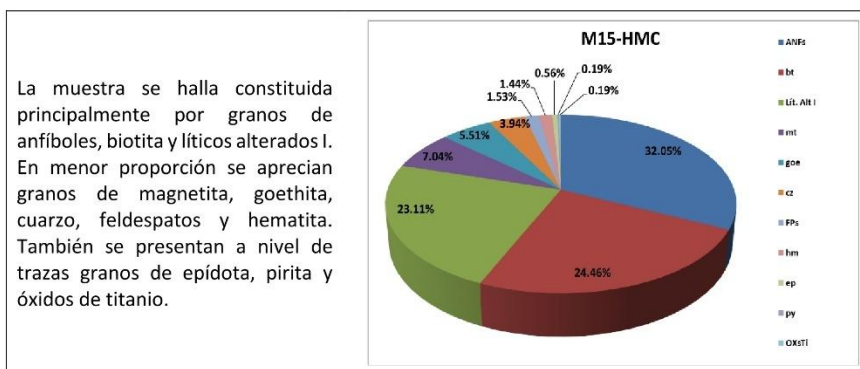
I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M15-HMC	29r	8434618	785772	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. INFORMACIÓN MINERALÓGICA:

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES



2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

COMPONENTES	OCURRENCIA
Anfíboles (ANFs)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja; de hábito prismático y microfracturados. Representan el 32,05% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,30mm.
Biotita (bt)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, con hábito tabular, de esfericidad baja a media, algunos ligeramente flexionados, reemplazados por goethita y con inclusiones de magnetita. Representan el 24,46% de la muestra, tienen tamaños inferiores a 0,28mm.
Fragmentos líticos alterados I (Lit. Alt. I)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, que han sido alterados principalmente por agregados de sericita, arcillas y goethita; algunos muestran inclusiones de magnetita. Representan el 23,11% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,30mm.
Magnetita (mt)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja, y microfracturados. Algunos presentan hábito cúbico, se aprecian reemplazados por hematita y goethita. Representan el 7,04% de la muestra y tienen tamaños menores 0,18mm.

 INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-089 Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 72 de 80
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	

Goethita (goe)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos se observan intercrecidos con hematita, reemplazan a magnetita y pirita. Representan el 5,51% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,20mm.
Cuarzo (cz)	Fragmentos de formas subangulosas y de esfericidad baja, con extinción ondulante, microfracturados y algunos con impregnaciones de goethita. Representan el 3,94% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,20mm.
Feldespatos (FPs)	Fragmentos de formas subangulosas y de esfericidad baja. Se aprecian microfracturados, maclados y alterados a arcillas; algunos con impregnaciones de goethita. Sus tamaños son menores a 0,25mm y representan el 1,53% de la muestra.
Hematita (hm)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, con esfericidad baja a media. Algunos presentan relictos de magnetita y se observan intercrecidos con goethita. Representan el 1,44% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,15mm.
Epídota (ep)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja y microfracturados. Algunos presentan impregnaciones de goethita. Representan el 0,56% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,18mm.
Pirita (py)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, de esfericidad media a baja. Se encuentran reemplazadas por goethita. Representan el 0,19% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,13mm.
Óxidos de titanio (OXsTi)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja; algunos presentan inclusiones de magnetita. Representan el 0,19% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,20mm.
Calcopirita (cp)	Ocurren con formas subangulosas a subredondeadas, de esfericidad baja a media. Se encuentran en intersticios de los fragmentos líticos alterados I y tienen tamaños inferiores a 0,03mm.

	FORMATO	Código : M2.2-F-089
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 76 de 80

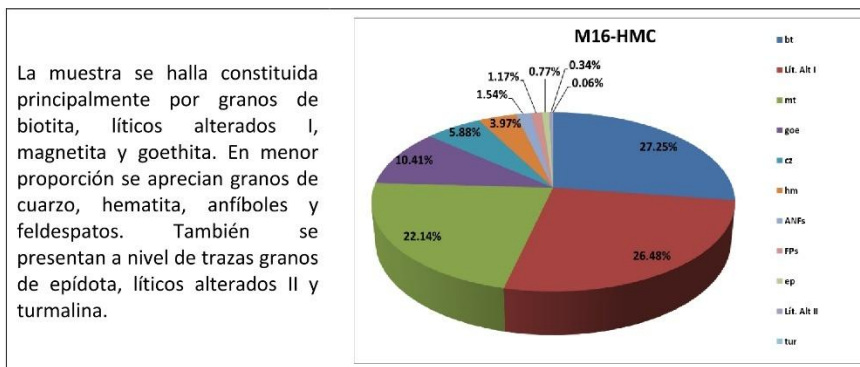
I. DATOS GENERALES:

Código de la muestra	Cuadrángulo	Sistema de coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
M16-HMC	29r	8432985	786682	18	Challhuahuacho

Responsable del estudio
RENATO ANTONIO ALGARATE RETTO

II. INFORMACIÓN MINERALÓGICA:

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES



2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

COMPONENTES	OCURRENCIA
Biotita (bt)	Fragmentos de formas subangulosas, con hábito tabular, esfericidad baja y ligeramente flexionados; algunos reemplazados por goethita y con inclusiones de magnetita. Representan el 27,25% de la muestra, tienen tamaños menores a 0,33mm.
Fragmentos líticos alterados I (Lit. Alt. I)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, que han sido alterados principalmente por agregados de sericita, arcillas, goethita y escasamente por cloritas. Algunos presentan granos de cuarzo. Representan el 26,48% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,22mm.
Magnetita (mt)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Algunos presentan hábito cúbico; también, se aprecian reemplazados por hematita. Representan el 22,14% de la muestra y tienen tamaños menores 0,20mm.

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	FORMATO	Código : M2.2-F-089 Versión : 01 Fecha aprob.: 06/10/2023 Página : 77 de 80
	ESTUDIO MINERALÓGICO DE MATERIAL SUELTO	

Goethita (goe)	Fragmentos de formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja. Representan el 10,41% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,17mm.
Cuarzo (cz)	Fragmentos de formas subangulosas, con esfericidad baja, con extinción ondulante y microfracturados; y con agregados de goethita en sus bordes. Representan el 5,88% de la muestra y tienen tamaños menores a 0,12mm.
Hematita (hm)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja. Algunos presentan relictos de magnetita y se muestran intercrecidos con goethita. Representan el 3,97% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,35mm.
Anfíboles (ANFs)	Fragmentos de formas subangulosas y con esfericidad baja; algunos de hábito prismático. Representan el 1,54% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,30mm.
Feldespatos (FPs)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, algunos de hábito prismático y con macla polisintética. Se aprecian fracturados, alterados a sericita, arcillas y escasamente epidota. Algunos presentan agregados de goethita en bordes y microfracturas. Sus tamaños son menores a 0,21mm y representan el 1,17% de la muestra.
Epidota (ep)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, con esfericidad media a baja, microfracturados. Algunos presentan impregnaciones de goethita. Representan el 0,77% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,14mm.
Fragmentos líticos alterados II (Lit. Alt. II)	Fragmentos de formas subangulosas a subredondeadas, de esfericidad baja a media. Están conformadas por agregados de cuarzo, con escasas diseminaciones de biotita y magnetita; posiblemente correspondan a rocas silicificadas. Representan el 0,34% de la muestra y sus tamaños son menores a 0,16mm.
Turmalina (tur)	Fragmentos con formas subredondeadas a subangulosas, de esfericidad media a baja. Representan el 0,06% de la muestra y tienen tamaños inferiores a 0,12mm.
Pirrotita (po)	Ocurren con formas subredondeadas y están incluidas en cristales de magnetita; además, tienen tamaños menores a 0,02 mm.