



**UNL**

Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional De Loja

### Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

#### Carrera de Ingeniería en Minas

**Caracterización físico química y mineralógica del material de mena de la mina Montañita 1, Concesión minera Bella Rica Código 15, parroquia el Carmen de Pujilí, cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia Azuay.**

**Trabajo de Integración  
Curricular previo a la obtención  
del título de Ingeniero en Minas.**

**AUTOR:**

Jefferson Alfredo Vidal Rivera

**DIRECTOR:**

Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo

Loja – Ecuador

2025

## **Certificación.**

### **Certificación**

Loja, 15 de abril del 2025

Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo, Mg.Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

#### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Caracterización físico química y mineralógica del material de mena de la mina Montañita 1, Concesión minera Bella Rica Código 15, parroquia el Carmen de Pujilí, cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia Azuay**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Minas, de la autoría del estudiante Jefferson Alfredo Vidal Rivera, con cédula de identidad Nro.1106030560, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo, Mg.Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**Autoría:**

Yo, **Jefferson Alfredo Vidal Rivera**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi trabajo la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cedula de identidad:** 1106030560

**Fecha:** 3 de diciembre del 2024

**Correo electrónico:** [jefferson.vidal@unl.edu.ec](mailto:jefferson.vidal@unl.edu.ec)

**Teléfono:** +593 981667992

**Carta de autorización por parte del autor para la consulta de producción parcial o total y/o, publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Integración Curricular.**

Yo, **Jefferson Alfredo Vidal Rivera**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Caracterización físico química y mineralógica del material de mena de la mina Montañita 1, Concesión minera Bella Rica Código 15, parroquia el Carmen de Pujilí, cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia Azuay**, como requisito para optar por el título de Ingeniero en Minas, autorizo al sistema Biblioteca de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional. Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes informáticas del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja a los 31 días del mes de enero del 2025.

**Firma:**



**Cedula de identidad:** 1106030560

**Fecha:** 3 de diciembre del 2024

**Correo electrónico:** [jefferson.vidal@unl.edu.ec](mailto:jefferson.vidal@unl.edu.ec)

**Teléfono:** +593 981667992

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Integración Curricular:** Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo, Mg.Sc.

**Dedicatoria.**

Dedico a mis padres Alfredo Vidal y Gloria Rivera, por su apoyo incondicional en tantos meses de esfuerzo y dedicación, con su amor y sacrificio me han sido de mucha inspiración y fortaleza para llegar hasta el final de este trabajo académico, agradeciendo de lo más fondo de mi corazón y con todo mi cariño por su apoyo. A mi papá quien me ha enseñado grandes valores y enseñanzas de la minería, eres un minero de gran inspiración para mí.

A mis hermanos Rodolfo, Edwin, Luis y Nohemí, por cada consejo brindado cuando más lo necesite, ese apoyo incondicional que me han dado, siendo esto una gran fuente de inspiración en toda mi carrera universitaria y poder llegar a esta meta. Gracias por nunca dejarme solo, los quiero demasiado.

A mi novia Tatiana, quien ha sido una gran ayuda estando a mi lado para poder lograr esta meta haciendo que cada día sean lo más lindos y especiales posibles.

## **Agradecimiento.**

Expreso mi más grande agradecimiento a Dios y a la Virgen del Cisne por darme guía para poder alcanzar este logro tan anhelado.

Agradecido desde el fondo de mi corazón con mis padres por darme esa confianza y teniendo tantos sacrificios para que pueda llegar alcanzar esta meta, son un gran ejemplo a seguir, este trabajo es el reflejo de todos esos sacrificios que han tenido por mí.

Con mis hermanos eternamente agradecido, cada apoyo brindado a sumado de mucho en esta etapa.

Mi grato agradecimiento a mi director de Trabajo de Integración Curricular el Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo, Mg.Sc., por su gran comprensión y orientación demostrada en el desarrollo de este trabajo, siendo esto de suma importancia para tener un trabajo tan bien desarrollado.

A los ingenieros de laboratorio Ing. Fernando e Ing. Cristian y a toda la planta docente por brindarme sus conocimientos necesarios para poder llevar a cabo el desarrollo de esta investigación.

Así mismo a la Universidad Nacional de Loja por haberme dado la gran oportunidad de formar parte de esta institución y poder llegar a ser un gran universitario.

Agradezco a mi novia Tatiana por su gran apoyo y comprensión constante brindada en este proyecto.

## Índice de contenido.

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de figuras.....	x
Índice de tablas.....	xii
Índice de anexos.....	xiii
1. TITULO:.....	1
2. RESUMEN.....	2
3. INTRODUCCION.....	4
4. MARCO TEÓRICO.....	6
4.1. Antecedentes.....	6
4.2. Yacimientos Minerales.....	6
4.2.1. Clasificación de yacimientos minerales según sus procesos de formación.	6
4.3. Conceptos básicos.....	7
4.4. Minerales auríferos.....	8
4.5. Importancia de la caracterización de los minerales.....	8
4.6. Muestreo.....	8
4.6.1. Tipos de muestreo.....	8
4.6.2. Técnicas de muestreo.....	9
4.6.3. Preparación de muestras.....	11
4.7. Caracterización de minerales.....	12
4.7.1. Técnicas de caracterización de minerales.....	12
4.7.2. Tecnologías convencionales.....	12

4.7.3.	Propiedades físico-químicas y mineralógicas de las rocas. ....	13
4.7.4.	Mineralogía. ....	14
4.8.	Beneficio de minerales. ....	14
4.8.1.	Procesos de beneficio de minerales. ....	15
5.	METODOLOGIA. ....	17
5.1.	Área de estudio. ....	17
5.1.1.	Ubicación. ....	17
5.1.2.	Acceso. ....	18
5.1.3.	Materiales. ....	18
5.1.4.	Geología Regional. ....	19
5.2.	Geología local. ....	20
5.3.	Metodología del primer objetivo: ....	21
5.4.	Metodología del segundo objetivo. ....	25
5.4.1.	Propiedades físicas. ....	26
5.4.2.	Química del material de mena. ....	28
5.4.3.	Mineralogía del material. ....	29
5.5.	Metodología para el tercer objetivo. ....	31
6.	RESULTADOS ....	34
6.1.	Muestreo y características geológicas de la mina. ....	34
6.1.1.	Geología interior mina. ....	34
6.1.2.	Muestreo. ....	36
6.2.	Propiedades físico- químicas y mineralógicas de material de mena. ....	38
6.2.1.	Propiedades físicas. ....	38
6.2.2.	Caracterización Química del material de mena. ....	38
6.2.3.	Caracterización mineralógica del material de mena. ....	39
6.3.	Caracterización metalúrgica. ....	48

6.3.1. Propuesta del proceso metalúrgico óptimo de recuperación del mineral del material de mena de acuerdo con sus características. ....	48
6.3.2. Método propuesto.....	49
7. DISCUSION.....	51
8. CONCLUSIONES.....	54
9. RECOMENDACIONES. ....	55
10. Referencias Bibliográficas.....	56
11. ANEXOS .....	59

## Indice de Figuras.

<b>Figura 1.</b> Muestreo por Canala.....	9
<b>Figura 2.</b> Muestreo de canaleta al techo. ....	10
<b>Figura 3.</b> Método de muestreo en frente de explotación. ....	11
<b>Figura 4.</b> Método de muestreo Stock Pile. ....	11
<b>Figura 5.</b> Mapa de ubicación de la concesión minera Bella Rica. ....	17
<b>Figura 6.</b> Acceso al área de Estudio.....	18
<b>Figura 7.</b> Mapa Geología Regional Concesión Bella Rica. ....	19
<b>Figura 8.</b> Mapa de geología local mina Montañita 1.....	21
<b>Figura 9.</b> Formulario recolección de información de muestra. ....	22
<b>Figura 10.</b> Muestras en laboratorio. ....	26
<b>Figura 11.</b> Ensayo contenido de humedad... ..	26
<b>Figura 12.</b> Ensayo peso específico aparente.....	27
<b>Figura 13.</b> Ensayo peso específico real.....	28
<b>Figura 14.</b> Ensayo al fuego.....	28
<b>Figura 15.</b> Ensayo Espectrofotometría de absorción atómica.....	29
<b>Figura 16.</b> Ensayo Difracción de rayos X.....	29
<b>Figura 17.</b> Ensayo Fluorescencia de rayos X.....	30
<b>Figura 18.</b> Preparación de secciones delgadas pulidas.....	31
<b>Figura 19.</b> Preparación secciones delgas.....	31
<b>Figura 20.</b> Ensayo de cianuración.....	32
<b>Figura 21.</b> Ensayo de Flotación.....	33
<b>Figura 22.</b> Geología interior mina área minera Montañita 1. ....	34
<b>Figura 23.</b> Mineralización mina Montañita 1. ....	35
<b>Figura 24.</b> Potencia de la veta. ....	35
<b>Figura 25.</b> Mapa de muestreo. ....	37
<b>Figura 26.</b> Lamina MMM1-V003 Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri. ....	41
<b>Figura 27.</b> Lamina pulida MMM1-V003. Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.....	42
<b>Figura 28.</b> Lamina pulida MMM1-V003. Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.....	43
<b>Figura 29.</b> Lamina MM1-V004. Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.....	44
<b>Figura 30.</b> Lamina pulida MMM1-V004. Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.....	45

<b>Figura 31.</b> Lamina pulida MMM1-V004. Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.....	45
<b>Figura 32.</b> Lamina MM1-V005. Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.....	46
<b>Figura 33.</b> Lamina pulida MMM1-S005. Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.....	47
<b>Figura 34.</b> Lamina pulida MMM1-S005. Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.....	47

## Índice de tablas.

<b>Tabla 1.</b> Coordenadas UTM (PSDAD-56).....	17
<b>Tabla 2.</b> Materiales .....	18
<b>Tabla 3.</b> Datos estructurales de la veta. ....	21
<b>Tabla 4.</b> Potencia de la veta.....	21
<b>Tabla 5.</b> Comparativa entre protocolos de muestreo. ....	25
<b>Tabla 6.</b> Datos estructurales de la veta. ....	35
<b>Tabla 7.</b> Potencia de la veta.....	35
<b>Tabla 8.</b> Resultado de las Propiedades físicas del material de mena. ....	38
<b>Tabla 9.</b> Resultados de ensayo ala fuego. ....	38
<b>Tabla 10.</b> Resultados de ensayo de absorción atómica. ....	39
<b>Tabla 11.</b> Resultados del análisis de difracción de rayos X. ....	40
<b>Tabla 12.</b> Resultados de análisis de fluorescencia de rayos X. ....	40
<b>Tabla 13.</b> Minerales aproximados MM1-V003. ....	42
<b>Tabla 14.</b> Minerales aproximados MM1-V004. ....	44
<b>Tabla 15.</b> Minerales aproximados MM1-S005. ....	46
<b>Tabla 16.</b> Determinación de oro atreves de ensayo de cianuración. ....	48
<b>Tabla 17.</b> Ensayo de Flotación. ....	49

## **Índice de anexos.**

<b>Anexo 1.</b> Mapa de ubicación.....	60
<b>Anexo 2.</b> Mapa de geología regional concesión minera Bella Rica Código 15. ....	61
<b>Anexo 3.</b> Ficha de muestreo afloramiento 1. ....	62
<b>Anexo 4.</b> Ficha de muestreo afloramiento 2. ....	63
<b>Anexo 5.</b> Ficha de muestreo afloramiento 3. ....	64
<b>Anexo 6.</b> Ficha de muestreo afloramiento 4. ....	65
<b>Anexo 7.</b> Ficha de laboratorio afloramiento 1. ....	66
<b>Anexo 8.</b> Ficha de laboratorio afloramiento 2. ....	67
<b>Anexo 9.</b> Ficha de laboratorio afloramiento 3. ....	68
<b>Anexo 10.</b> Ficha de laboratorio afloramiento 4. ....	69
<b>Anexo 11.</b> Mapa geología local área minera Montañita 1. ....	70
<b>Anexo 12.</b> Mapa geología interior mina área minera Montañita 1. ....	71
<b>Anexo 13.</b> Ficha de muestreo.....	72
<b>Anexo 14.</b> Ficha formato de muestreo Muestra 1. ....	73
<b>Anexo 15.</b> Ficha formato de muestreo Muestra 2. ....	74
<b>Anexo 16.</b> Ficha formato de muestreo Muestra 3. ....	75
<b>Anexo 17.</b> Ficha formato de muestreo Muestra 4. ....	76
<b>Anexo 18.</b> Mapa de muestreo. ....	77
<b>Anexo 19.</b> Ensayo al fuego y absorción atómica.....	78
<b>Anexo 20.</b> Ensayo difracción de rayos X.....	80
<b>Anexo 21.</b> Gráficas del espectro obtenidas de difractor de rayos X.....	81
<b>Anexo 22.</b> Ensayo fluorescencia de rayos X.....	87
<b>Anexo 23.</b> Ensayo de Cianuración.....	89
<b>Anexo 24.</b> Ensayo de fluorescencia.....	91
<b>Anexo 25.</b> Certificado de traducción.....	92

**1. TITULO:**

Caracterización físico química y mineralógica del material de mena de la mina Montañita 1, Concesión minera Bella Rica Código 15, parroquia el Carmen de Pujilí, cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia Azuay.

## 2. RESUMEN

El área de estudio se circunscribe en la concesión minera Bella Rica (Código 15), que se ubica geográficamente en la parroquia el Carmen de Pujilí, cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay, geológicamente se encuentra en la Unidad Pallatanga conformadas por andesitas basálticas, tobas y brechas que han sido intruidas por rocas porfiríticas de edad Eocénica, las cuales cuentan con una mineralización vetiforme con presencia de vetas y vetillas de cuarzo.

La presente investigación tiene por objetivos caracterizar la composición físico química y mineralógica del material de mena, iniciando con un muestreo óptimo de la mineralización; determinando la composición física por medio de ensayos de contenido de humedad, peso específico, peso aparente, porosidad y pH; análisis químicos por medio de ensayos al fuego determinando leyes promedio y espectrofotometría de absorción atómica para conocer otros minerales presentes en la mena; de igual manera se realizó el análisis mineralógico empleando técnicas de difracción de rayos X para conocer cuantitativamente los minerales presentes, fluorescencia de rayos X determinando la mineralogía y el ensayo petrográfico con la construcción de láminas delgadas y secciones pulidas; y por ultimo proponer el método metalúrgico más adecuado para la recuperación mineral.

En base a los datos obtenidos y por medio del ensayo metalúrgico aplicado se propuso el método metalúrgico más adecuado para el proceso de beneficio del mineral de interés oro, a más de poder realizar la identificación de minerales penalizantes los cuales podrían presentar dificultades en la extracción. Todo el depósito del yacimiento presenta características que favorecen la liberación de mineral de interés oro por medio del método de cianuración corroborando con la aplicación de un ensayo donde tenemos un resultado de recuperación del 92.86 %.

***Palabras clave:** mena, caracterización físico-química, análisis mineralógico, procesos metalúrgicos, cianuración.*

### **Abstrac.**

The study area is located within the Bella Rica mining concession (Code 15), geographically situated in the parish of El Carmen de Pujilí, Camilo Ponce Enríquez canton, Azuay province. Geologically, it is found in the Pallatanga Unit, composed of basaltic andesites, tuffs, and breccias that have been intruded by Eocene porphyritic rocks. These rocks feature vein-like mineralization with quartz veins and veinlets.

The present investigation aims to select the optimal sampling method based on mineralization; characterize the physical composition through tests of moisture content, specific gravity, apparent weight, porosity, and pH; conduct chemical analyses using fire assays to determine average assays and atomic absorption spectrophotometry to identify other minerals present in the ore. Additionally, mineralogical analysis was performed using X-ray diffraction techniques to quantitatively identify minerals, X-ray fluorescence to determine mineralogy, and petrographic testing with the construction of thin sections and polished sections. Finally, the most suitable metallurgical method for mineral recovery was proposed.

Based on the data obtained, the most appropriate metallurgical method for the beneficiation process of the mineral of interest, gold, was proposed. This method also allows for the identification of penalty minerals that could present difficulties in extraction. The entire deposit of the site exhibits characteristics that favor the liberation of gold through cyanidation methods.

**Keywords:** *ore, physico-chemical characterization, mineralogical analysis, metallurgical processes, cyanidation.*

### **3. INTRODUCCION.**

El área minera de la mina Montañita 1 perteneciente a la concesión minera Bella Rica Código 15 ubicada en la provincia de Azuay, cantón Camilo Ponce Enríquez, parroquia el Carmen de Pujilí, sector La López, es un proyecto que se encuentra en la etapa de preparación para la explotación de su yacimiento tipo vetiforme, por lo que es necesario llevar a cabo una caracterización físico-química y mineralógica del material de mena lo que nos permitirá conocer el proceso metalúrgico más óptimo para la recuperación del mineral de interés oro.

En esta investigación se plantea llevar a cabo la caracterización físico-química y mineralógica del material de mena, por lo que se inició con una geología de campo, muestreo optimo, análisis físico-químico y análisis mineralógicos del material de mena, para conocer los minerales presentes, así como aquellos minerales penalizantes que dificulten la recuperación del mineral de interés.

Para el desarrollo de dichos objetivos como parte inicial se efectuó el muestro por Canala en la veta 1 y el muestreo stock pile en material ya extraído ubicado en cancha mina; a este material muestreo se le aplicaron ensayos como; para la caracterización física se realizaron en sayos de propiedades índice; en la parte química se empleó el método de ensayo al fuego determinando leyes promedio y espectrofotometría de absorción atómica para conocer la composición química de las muestras; para el análisis mineralógico se aplicaron técnicas de difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X y el ensayo petrográfico con la construcción de láminas delgadas y secciones pulidas.

Cumplido con todos los análisis planteados se pudo proponer le método metalúrgico más óptimo para la recuperación de mineral de interés oro.

#### **OBJETIVOS.**

##### **Objetivo general.**

- Determinar las características físico-químicas y mineralógicas del material de mena de la mina Montañita 1, Concesión minera Bella Rica Código 15, cantón Camilo Ponce Enríquez.

##### **Objetivos específicos.**

- Seleccionar el método de muestreo optimo en función del tipo de mineralización característica de la mina.
- Caracterizar la composición físico - química y mineralógica del material de la mena de la mina Montañita 1.

- Proponer el proceso metalúrgico óptimo de recuperación mineral del material de mena de la mina Montañita 1.

## 4. MARCO TEÓRICO.

### 4.1. Antecedentes.

América Latina a lo largo de varios años se ha destacado como una región rica en recursos minerales, posicionándola como un proveedor esencial de materia primas en el mercado mundial, los países sudamericanos juegan un papel fundamental en la producción de minerales y metales siendo una trayectoria que se extiende desde la época colonial. (Centro de investigaciones y docencia económicas, 2019)

Históricamente Ecuador tiene una larga data como un país minero, actividad desarrollada en los distritos mineros: Portovelo-Zaruma, Ponce Enríquez y Nambija entre otros, remontándose a la época colonial la explotación minera cuando el oro se extraía en regiones del sur occidente y sur oriente, a inicios del siglo XX se inició el desarrollo de los yacimientos auríferos en Portovelo-Zaruma, lo que impulso el crecimiento de la actividad minera en el país. (Quinteros, 2009)

### 4.2. Yacimientos Minerales.

Bateman (1982), define los yacimientos minerales como agrupaciones o concentraciones de uno o varios materiales valiosos que se encuentran dispersos en cantidades limitadas a lo largo de la capa terrestre. (p. 30)

#### 4.2.1. Clasificación de yacimientos minerales según sus procesos de formación.

Lindgren (1907), propuso una clasificación de los yacimientos minerales según su temperatura y profundidad de formación:

*Yacimientos hipotermas:* Se forman a grandes presiones y profundidades con temperaturas que oscilan entre los 500°C y los 300°C. (Lindgren, 1907)

*Yacimientos mesotermas:* Se forman a presiones y profundidades medias, con temperaturas que oscilan entre los 300°C y los 200°C. (Lindgren, 1907)

*Yacimientos epitermas:* Se forman a poca profundidad con una presión moderada y temperaturas que oscilan entre los 200°C y los 50°C. (p. 112)

Smirnov (1982), plantea una clasificación que se basa en cómo se originan los depósitos;

**Yacimientos endógenos:** estos se originan en lo profundo de la corteza terrestre, están asociados a procesos magmáticos de las rocas y su formación se produce en condiciones de alta temperatura y presión. (Smirnov, 1982)

**Yacimientos exógenos:** Se forman por la circulación subterránea de fluidos calientes mineralizados, en estado gaseoso o líquido. Estos depósitos se desarrollan de dos maneras principales:

- a) Por la acumulación de minerales en cavidades rocosas.
- b) Por la sustitución de rocas presentes en el sitio.

La disposición de los yacimientos hidrotermales depende de los espacios donde se depositan los minerales y de las restricciones de las rocas que han sido reemplazadas. (Smirnov, 1982)

Bateman (1982), propuso una clasificación de yacimientos minerales centrada en el proceso de acumulación de los minerales:

**Filonés:** se extienden a lo largo de una o varias fisuras con gran variedad de minerales y metales.

**Yacimientos de cizallamiento:** Caracterizados por la acumulación de minerales dentro de fisuras y fracturas, dichos minerales presentándose como partículas pequeñas ocupando espacios generados por las fuerzas de cizalla.

**Stockworks:** Estructuras geológicas formadas por una red interconectada con vetas mineralizadas atravesando un cuerpo rocoso.

**Vetas escalonadas:** estas estructuras se distinguen por tener fisuras paralelas que se extienden por todo el dique.

**Depósitos de rellenos de brechas:** en las brechas existe una distribución de trozos rocosos creando espacios vacíos, lo que facilita la infiltración de fluidos.

#### **4.3. Conceptos básicos.**

**Mena:** Mineral cuya explotación es económicamente rentable, pueden ser minerales metálicos. (Herrera, 2017)

**Ganga:** Son minerales que se encuentran relacionados con el material de mena los cuales no son económicamente rentables para su explotación. (Herrera, 2017)

**Recursos:** Cantidad total de los minerales incluidos que no son explotables. (Herrera, 2017)

**Reserva:** Volumen de mineral explotable, dependiendo de factores como; ley media, ley de corte, condiciones técnicas ambientales y de mercado. (Herrera, 2017)

**Ley media:** Concentración del elemento químico relevante para la minería. (Herrera, 2017)

**Valor normal o background:** Rango de abundancia de un elemento en materiales naturales no mineralizados. (Herrera, 2017)

**Ley de corte o cut-off:** Es la cantidad o concentración más baja que presenta un elemento en un yacimiento o depósito para poder realizar su explotación minera. (Herrera, 2017)

**Factor de concentración:** Cantidad de enriquecimiento que un elemento debe presentar para ser explotado. (Herrera, 2017)

#### **4.4. Minerales auríferos.**

Según Guizado et al. (2024), el oro se presenta de forma natural en estado puro o combinado sin formar compuestos, se puede encontrar disperso en pequeñas cantidades generalmente en vetas asociadas a rocas ígneas ricas en sílice. La principal fuente de depositación de oro son filones hidrotermales de cuarzo presentándose junto a pirita y otros sulfuros.

Según Ros (2017), quien cita a Prasad (1991), la clasificación del oro se da de la siguiente manera:

**Oro refractario:** Es extraído por medio del proceso de cianuración, en el cual se debe encontrar minerales no oxidados o parcialmente oxidados, ya que estos podrían limitar su recuperación a un máximo del 80%. En minerales de oro refractario existe:

- Oro asociado a sulfuros: se presenta en forma de partículas dispersas dentro de los sulfuros. (Ros, 2017)
- Teluros de oro: Aparecen junto a oro nativo y sulfuros. (Ros, 2017)
- Oro en otros minerales: Se presentan junto con arsénico, antimonio, plomo y zinc. (Ros, 2017)

**Elementos nativos:** Estos se presentan en su forma pura, lo cuales se dividen en metales y no metales. (Clasificación de los Minerales, 2017)

#### **4.5. Importancia de la caracterización de los minerales.**

La caracterización de minerales es fundamental en la industria minera, ya que ofrece información precisa sobre la cantidad y calidad de los minerales presentes en un yacimiento. Esto facilita la toma de decisiones económicas y elegir los métodos de extracción y procesamientos más adecuados, mejorando la eficiencia y reduciendo costos. Al conocer las propiedades de los minerales permite diseñar circuitos metalúrgicos personalizados.

#### **4.6. Muestreo.**

Según Buitrago et al. (2010), el muestreo representa una serie de pasos los cuales permiten la obtención de una muestra para su posterior análisis, definiendo, así como una operación donde con la obtención de una pequeña parte de un material de mucho volumen poder definir características de todo un conjunto.

##### **4.6.1. Tipos de muestreo.**

Buitrago et al. (2010), señalan que existen 2 formas de recolectar muestras:

#### 4.6.1.1. Muestreo aleatorio (No Sistemático)

Es un muestreo realizado de forma no regular, su uso se fundamenta en mayor parte a niveles iniciales de exploración, donde se tiene la finalidad de poder obtener una base de datos y así poder definir el sitio o lugar con una prioridad mayor. (Buitrago et al., 2010)

Conforme tenga un desarrollo la exploración y más obtención de información de un área, ya un muestreo sistemático será menos necesario, limitándose en ocasiones ya a cuando exista la necesidad de obtener una información puntual. (Buitrago et al., 2010)

#### 4.6.1.2. Muestreo sistemático.

Es un tipo de muestreo definido para la obtención de una muestra de cualquier tipo teniendo un intervalo constante, en si es un muestreo dirigido a muestrear solo una característica geológica. (Buitrago et al., 2010)

En este muestreo se puede realizar mediante la implementación de una grilla de muestreo obteniendo muestras de tipo diferente, o por la obtención de muestras basándose en las mismas características geológicas al no tener intervalos regulares. (Buitrago et al., 2010)

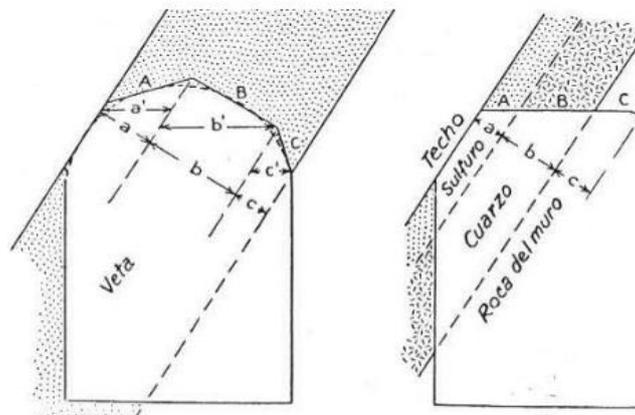
#### 4.6.2. Técnicas de muestreo.

Lamber (2006) sugiere que, para desarrollar el muestreo en vetas es esencial recolectar en ángulo recto respecto de los limites o contactos del yacimiento.

Para lograr esto se menciona los siguientes métodos:

**Muestreo por Canala:** consiste en delimitar bandas perpendiculares tanto a la dirección como a la pendiente de la veta, para extraer una muestra de todo el material contenido entre las líneas marcadas, excavando hasta profundidades de 2.5 cm, se puede aplicar dicho proceso en intervalos de 1.5 m o más. (Lamber, 2006)

En la figura 1 se muestra el proceso para el muestreo por Canala.



**Figura 1.** Muestreo por Canala.

**Nota:** Lamber (2006)

***Canaleta al techo:*** es ocupado en galerías horizontales, realizando el siguiente proceso (Lamber, 2006):

- Registrar el punto de muestreo.
- Trazar la canaleta perpendicular al rumbo de las paredes de la veta.
- Instalar andamios o equipos para poder acceder a la veta.
- Marcar la muestra considerando las variaciones de la estructura.
- La superficie de la canaleta debe encontrarse limpia.
- Ubicar la muestra en una funda ziploc.
- Cada muestra tomada debe ser medida.
- Realizar la planimetría del muestreo.

En la figura 2, se puede observar un muestreo de canaleta al techo.



**Figura 2.** Muestreo de canaleta al techo.

**Nota:** Lambert (2006).

***Canaleta en estocada:*** se realiza a la altura del nivel de trabajo en las galerías transversales o cruzados. Es importante contar con una adecuada fortificación y estabilidad tanto en el techo como en las paredes. (Lamber, 2006)

***Muestreo de frentes de explotación:*** permite la recolección de fragmentos de roca de manera continua a lo largo de la exposición mineral, aunque ofrece una menor precisión. No es recomendable para exploraciones detalladas, sin embargo, es útil obtener una estimación rápida de la mineralización. (Lamber, 2006)

En la figura 3, se detalla el muestreo en frentes de explotación.



## **4.7. Caracterización de minerales.**

### **4.7.1. Técnicas de caracterización de minerales.**

Los estudios mineralógicos detallados de los depósitos minerales son de gran importancia para aumentar su valor agregado e incluso para determinar su viabilidad económica, a pesar de ser más baratos en comparación a los otros métodos muchas empresas optan por realizar únicamente estudios de patrones elementales generales.

El estudio mineralógico por medio de técnicas convencionales y avanzadas permite obtener información detallada sobre; distribución de los elementos químicos, mineralogía, textura asociaciones minerales y alteración hidrotermal.

Según Melgarejo et al. (2010) mencionaron que estas tecnologías se dividen en dos categorías: el primer grupo incluye las tecnologías más utilizadas, que son aquellas con costos aceptables llamadas tecnologías convencionales, y el segundo grupo son las tecnologías con altos costos económicos llamadas tecnologías de ancho no convencionales.

### **4.7.2. Tecnologías convencionales.**

**Difracción de Rayos X:** Según Melgarejo et al. (2010), la difracción de rayos X (DRX) es una técnica instrumental valiosa para la identificación rápida de minerales, especialmente en forma preliminar:

*Identificación mineral:* La DRX permite identificar minerales mediante la difracción de rayos X sobre la estructura cristalina del material.

*Análisis elemental:* La DRX se utiliza junto con el análisis elemental por fluorescencia de rayos X (FRX) para determinar la composición elemental de los minerales.

*Parámetros cristalográficos:* determina para metros cristalográficos como la distancia interplanar, la simetría cristalina. (INGEOMINAS, 2010)

En el contexto de la exploración aurífera la DRX es particularmente útil para:

*Identificar minerales de mena asociados:* se puede identificar minerales de mena asociados con el oro, como pirita, calcopirita y arsenopirita.

*Evaluación de depósitos:* mediante dicho ensayo los geólogos evalúan el potencial de un depósito. (INGEOMINAS, 2010)

**Espectrofotometría de absorción atómica:** es un método altamente preciso y efectivo para determinar el contenido de oro en una amplia gama de concentraciones, tanto bajas como altas. Este método tiene como límite de cuantificación de 0.25 ppm. La muestra se disuelve utilizando una mezcla de ácido fluorhídrico, agua regia y ácido perclórico a altas temperaturas.

**ICP:** Es usada para detectar y medir elementos en muestras químicas. Este método fundamenta en la ionización de una muestra mediante un plasma caliente compuesto por gas argón. (Espectrometría ICP, 2019)

#### 4.7.3. *Propiedades físico-químicas y mineralógicas de las rocas.*

##### **Propiedades físicas.**

Según la Universidad de Granada (2020), se pueden explicar las siguientes propiedades considerando la norma ASTM:

*Peso específico:* Esta propiedad indica cuanto más pesado es un mineral en comparación con el mismo volumen de agua a 4°C.

*Durabilidad:* Es la capacidad de una roca para resistir los efectos de la degradación y descomposición

*Adsorción:* se refiere a la adhesión de moléculas o gases en solución a la superficie sólida con la que están en contacto.

*Absorción:* es la integración de fluidos dentro de la estructura porosa del material.

##### **Propiedades químicas.**

Las propiedades químicas de los minerales revelan su capacidad para transformarse y reaccionar ante diversos agentes, alterando su composición interna y creando nuevas sustancias o modificando las existentes, como señala Álvarez (2013). A continuación, se presentan las siguientes propiedades:

*pH:* Mide la acidez o alcalinidad de un mineral. (Álvarez, 2013)

*combustión:* Algunos minerales, como piritita pueden arder en presencia de oxígeno, liberando calor y luz. (Álvarez, 2013)

*Estado de oxidación:* Indica el número de electrones que un átomo del mineral ha ganado o perdido. (Álvarez, 2013)

*Poder calorífico:* algunos minerales liberan energía al quemarse. (Álvarez, 2013)

*Estabilidad química:* existen minerales que no reaccionan fácilmente con la aplicación de otras sustancias como el oro. (Álvarez, 2013)

*Alcalinidad:* Minerales tales como la calcita logran neutralizar ácidos. (Álvarez, 2013)

*Corrosividad:* minerales como el hierro puede generar oxidación en estructuras metálicas. (Álvarez, 2013)

*Inflamabilidad:* existen minerales como el azufre el cual puede llegar a encenderse. (Álvarez, 2013)

*Reactividad:* capacidad de un mineral para presentar una reacción con otras sustancias, tales como el agua o los ácidos. (Álvarez, 2013)

*Potencia de ionización:* Es la energía para extraer un electrón de un átomo del mineral. (Álvarez, 2013)

#### **4.7.4. Mineralogía.**

Es una rama especializada de la geología, dedicada a conocer aquellos minerales que forman la corteza y la superficie de la Tierra, siendo su principal objetivo estudiar las propiedades físico-químicas de cada mineral.

##### **Ensayo petrográfico. (Laminas delgadas-secciones pulidas)**

La observación microscópica permite conocer, separar y caracterizar los minerales, siendo fundamental crear secciones de roca muy profundas para aprovechar las propiedades ópticas de los minerales de transmisión y reflexión de la luz. (Buitrago et al., 2010)

Las láminas delgadas y secciones pulidas son esenciales para conocer la naturaleza de las muestras, para la observación se necesita laminas delgadas de 30 micras de espesor de rocas bajo microscopio petrográfico. Un mineral presenta características ópticas únicas que permiten una identificación y análisis de alta confianza. (Buitrago, y otros, 2010)

“Más allá de su valor científico la mineralogía juega un papel fundamental en el desarrollo de diversas actividades industriales, ya que los minerales con sus variados componentes y propiedades son recursos esenciales para el ser humano, impulsando sectores como la construcción, la electrónica, la metalurgia y la producción de energía” (Pérez Porto, 2022)

#### **4.8. Beneficio de minerales.**

La recuperación de minerales requiere técnicas de concentración especialmente diseñadas para superar los desafíos que presentan las propiedades físicas, geoquímicas o mineralógicas de la mena, propiedades como; granulometría, densidad y composición química, determinan la complejidad del proceso de separación y hacen necesaria la implementación de métodos específicos para cada tipo de mena. (Carrasco, 2016).

El beneficio de minerales se presenta como una actividad fundamental con un objetivo claro; obtener el máximo valor posible a partir de una materia prima determinada, en este proceso, se busca recuperar la mayor cantidad de metales presentes en la mena, separándolos de la ganga, material no deseado que acompaña al mineral de interés, de esta manera, se logra aprovechar al máximo los recursos naturales y generar productos valiosos para diversos sectores industriales. (Metso, 2018, p. 14)

#### **4.8.1. Procesos de beneficio de minerales.**

**Gravimetría:** La concentración gravimétrica se basa en un principio simple pero eficaz: cuanto mayor sea la diferencia de densidad entre los minerales a separar más fácil y eficiente será la separación. (Carrasco, 2016).

La concentración gravimétrica se fundamenta en la diferencia de densidades entre los minerales que se desean separar, cuanto mayor sea esta diferencia más fácil y eficiente será la separación. (Carrasco, 2016).

Sin embargo, este proceso no es perfecto, si parte de la ganga (material no deseado) permanece adherida a las partículas de oro, la densidad específica del oro disminuye, dificultando su separación por métodos gravimétricos, por lo tanto, es importante considerar la limpieza del material antes de la concentración para optimizar la eficiencia del proceso. (Carrasco, 2016).

**Cianuración:** es un método metalúrgico basado en la conversión del oro insoluble en agua de complejos iónicos solubles mediante un proceso llamado lixiviación, liberando así el oro de su confinamiento en la roca haciéndolo accesible para su posterior recuperación. (Ros, 2017)

Según Ros (2017), la cianuración se ha establecido como la técnica predominante en la extracción de oro. El cianuro de sodio utilizado como agente lixivante se distingue por dos características principales; notable efectividad para extraer oro de diversos tipos de menas y su rentabilidad económica a reducidos.

Para que el proceso de cianuración sea exitoso se deben cumplir las siguientes condiciones; el oro debe estar en estado libre y sin impurezas, la solución de cianuro no debe contener elementos que puedan interferir con la reacción química y mantener niveles adecuados de oxígeno en la solución durante todo el proceso. (Ros, 2017)

**Flotación.** Según Pinilla (2017), menciona que es un proceso fisicoquímico utilizado para la separación de minerales sulfurados que conforman la mayor parte de la roca mineral; primero se debe triturar el material, luego en forma de suspensión se envía al tanque de flotación junto con los reactivos necesarios.

Dicho método se basa en la hidrofobicidad del mineral. Para mejorar la eficiencia, se introduce aire en el fondo de algunas unidades, una por unidad, a través de paletas agitadoras giratorias, manteniendo la lechada en constante agitación. (Pinilla, 2017)

**Lixiviación:** Según Carrasco (2016), la lixiviación con cianuro es el proceso hidrometalúrgico más utilizado para la recuperación de oro, en el cual el metal se disuelve utilizando soluciones alcalinas con cianuro en presencia de oxígeno, el mineral extraído de

la mina debe ser reducido hasta alcanzar un tamaño que permita a la solución lixivante acceder al metal valioso.

El proceso comienza con la reducción de la granulometría, lograda mediante la trituración en molinos de bolas operando en húmedo, es común agregar cianuro de sodio y cal al molino, de modo que a medida que las partículas se rompen exponiendo la superficie fresca del mineral de oro, la solución comience a disolverlo. (Carrasco, 2016)

**Bioliixiviación:** Los procesos industriales de bioliixiviación son realizados por un consorcio de bacterias quimiolitotróficas altamente acidófilas, las cuales incluyen algunas archaea, sulfobacilos, *Leptospirillum ferrooxidans* y miembros del género *Thiobacillus*, específicamente *Thiobacillus ferrooxidans*. Presenta unas actividades y ventajas del uso de esos consorcios es su capacidad para oxidar minerales con; hierro, azufre y sulfatos, permitiendo así convertir los sulfuros insolubles a la forma de sulfatos soluble. (Torres et al., 2009)

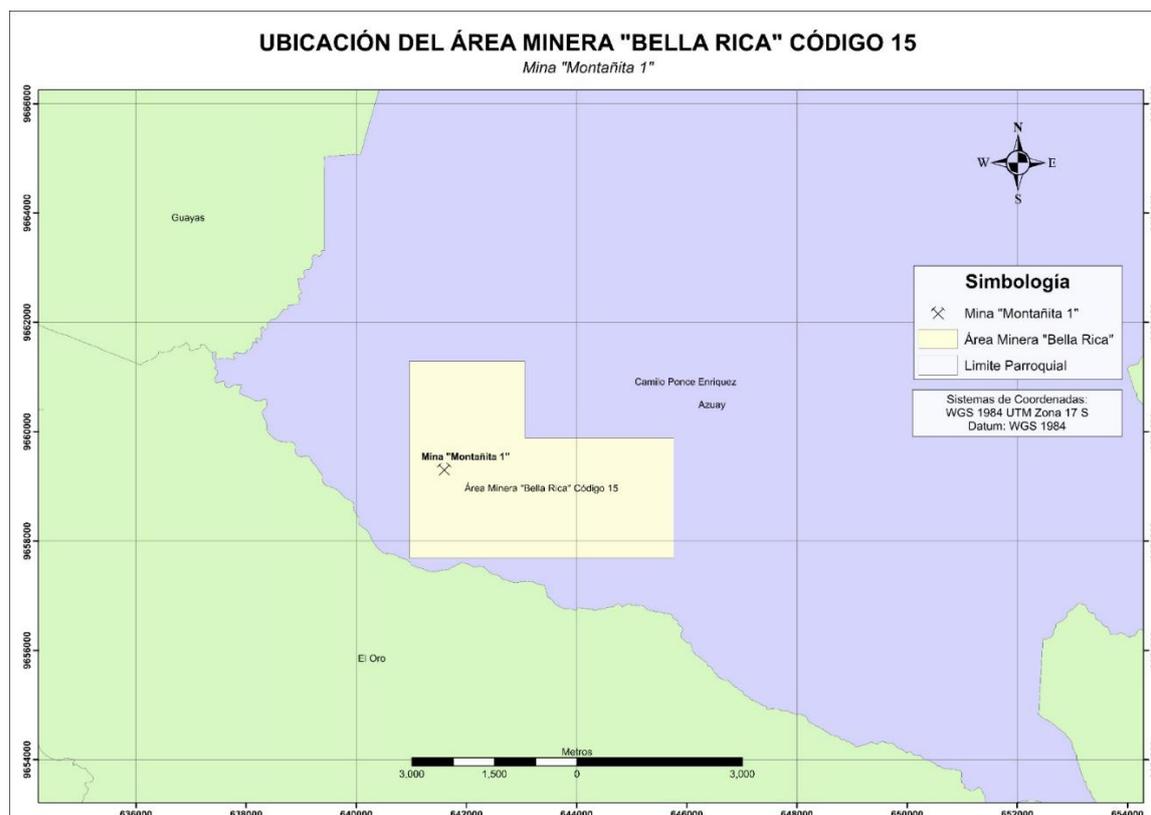
Esta capacidad ha sido utilizada en los últimos años para la obtención de metales preciosos, especialmente oro, cobre, plata, cobalto y uranio. (Torres et al., 2009)

## 5. METODOLOGIA.

### 5.1. Área de estudio.

#### 5.1.1. Ubicación.

La concesión minera Bella Rica (Código 15) se encuentra ubicada geográficamente en la provincia de Azuay, cantón Camilo Ponce Enríquez, parroquia el Carmen de Pujilí, sector La López como se muestra en la figura 5.



**Figura 5.** Mapa de ubicación de la concesión minera Bella Rica.

Geográficamente la mina Montañita 1, se encuentra ubicada en la zona central lado izquierdo de la concesión minera Bella Rica, cuyas coordenadas se muestran en la tabla 1, las mismas que están referenciadas en el sistema UTM PSAD-56, Zona 17 Sur.

**Tabla 1.** Coordenadas UTM (PSDAD-56)

DATUM	PSAD56	
PUNTOS	X	Y
1	640965.54	9661282
2	643065.6	9661281.9
3	643065.6	9659881.9
4	645765.68	9659881.9
5	645765.68	9657681.9
6	640965.53	9657681.9

**Nota:** (Título Minero Área de Concesión Bella Rica)

### 5.1.2. Acceso.

El acceso a la concesión minera “Bella Rica” Código 15 se la realiza desde la ciudad de Quito por vía terrestre tomando un tiempo aproximadamente de 6 horas y 36 minutos, recorriendo una distancia total de 498 kilómetros. La ruta inicia desde Quito tomando la vía que lleva hacia la Carretera Panamericana/Troncal de la Sierra/E20/E35 luego hacia la Avenida 8 de abril/E40 en El Triunfo y Troncal de la Costa/E25, desde El Triunfo hacia Camilo Ponce Enríquez en 2 horas y 3 minutos y finalmente, un recorrido de 5,1 kilómetros lleva al destino final en Bella Rica.

En la figura 6 se muestra toda la ruta de acceso para poder llegar a la mina Montañaña 1 de la Concesión Minera Bella Rica Código 15.



**Figura 6.** Acceso al área de Estudio

**Nota:** Google Maps (2024)

### 5.1.3. Materiales.

La tabla 2 a continuación detalla los diversos materiales empleados para llevar a cabo este proyecto.

**Tabla 2.** Materiales

<b>Materiales de campo</b>	<b>Materiales de laboratorio</b>	<b>Materiales de oficina</b>
Equipo de protección personal	Picnómetro	Computadora
Brújula	Balanza	ArcGis
Martillo geológico	Tamices	AutoCAD
Libreta de campo	Electrodos	Paquete Office
Fundas de muestreo	Balanza	
GPS	Baso de precipitación	
Distanciómetro	Horno de secado	
Lupa	Embudo	

#### **5.1.4. Geología Regional.**

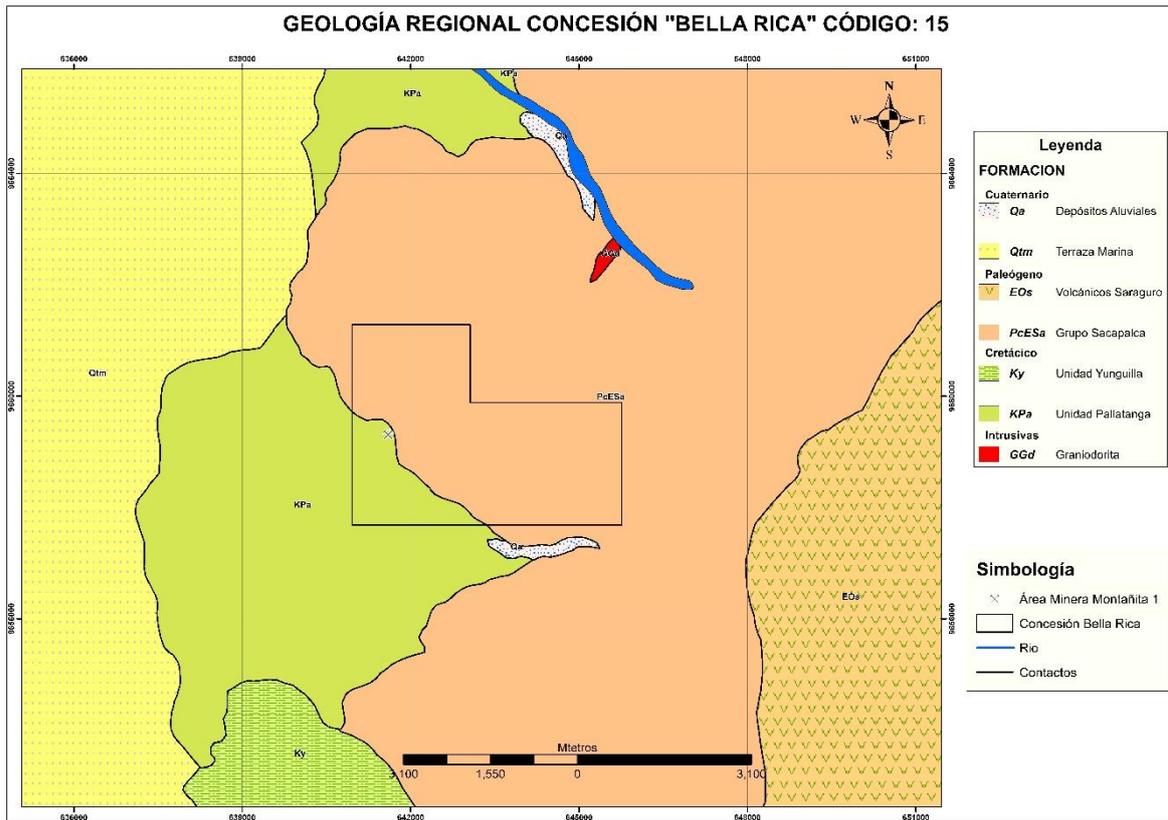
El cantón Camilo Ponce Enríquez está ubicado en la cordillera occidental dentro del terreno Chaucha, en el Distrito Minero Azuay que abarca la anchura de la Cordillera Occidental desde el terreno Loja, al este de la falla de Baños hasta la llanura costera del Golfo de Guayaquil en el Oeste. (Vega, 2013)

La génesis del entorno geológico del Distrito Minero Ponce Enríquez data del Paleozoico – Triásico en la constitución del cratón de Guayana, que fueron acrecionados durante el Cretáceo; y, cuya evolución se rige geológicamente por su sistema de fallas inversas regionales y cabalgamientos, que delimitan a los diferentes terrenos, durante el Cenozoico estuvo dominado por magmatismo calco – alcalino y sedimentación ocupando un 80% de los afloramientos. (Vega, 2013).

Las áreas mineras de Ponce Enríquez-Bella Rica, geográficamente se sitúan en el suroeste de la Cordillera Occidental. El basamento de este sector está compuesto por lava basáltica, toba y brecha volcánica de la Formación Pallatanga; andesita, toba basáltica y rocas volcánicas de la Formación Sacapalca y por depósitos arcillosos y gravas de origen aluvial. (Rojas, 2021)

Las principales mineralizaciones de la zona ocurren en los ambientes de corteza oceánica Pallatanga la cual se acrecionó a la corteza continental a finales de Cretácico. Las rocas de Pallatanga son de color verde oscuro, duras y con escasos cristales bien desarrollados. (Rojas, 2021)

En la figura 7 se muestra el contexto geológico del área de estudio.



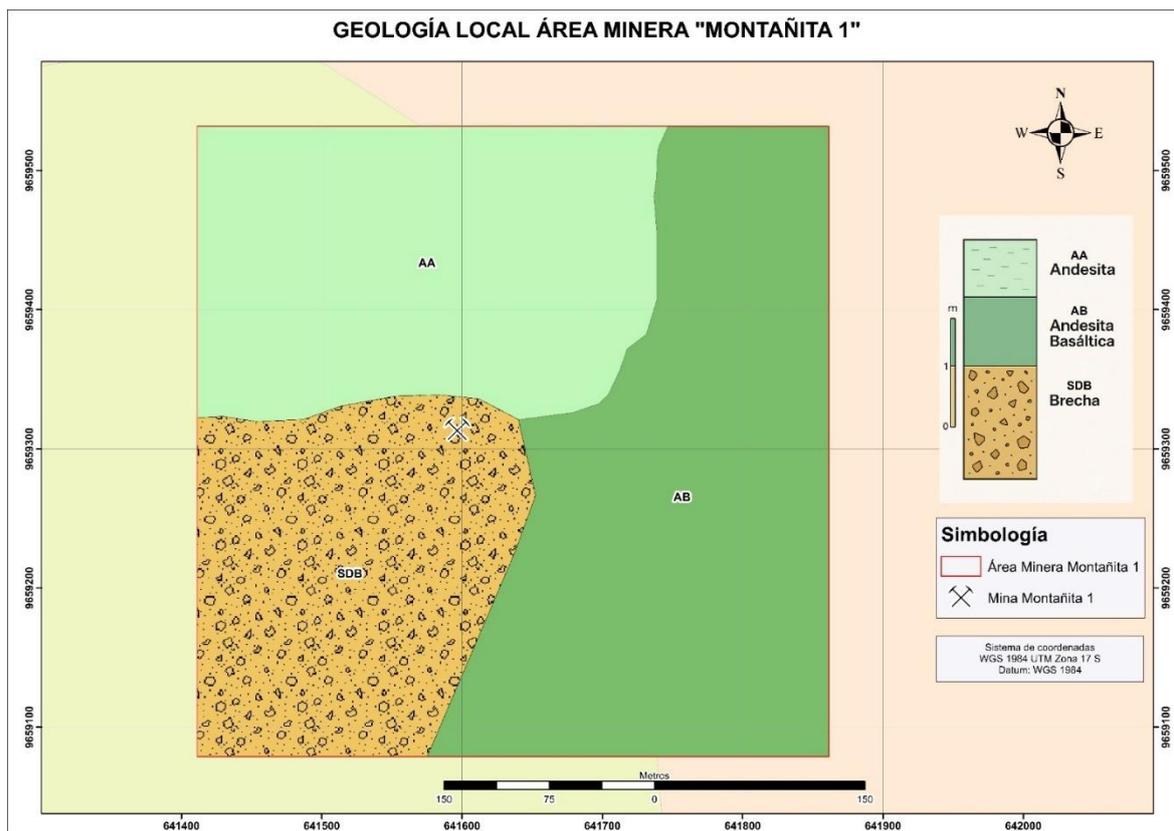
**Figura 7. Mapa Geología Regional Concesión Bella Rica**

## 5.2. Geología local.

El área de la mina Montañita 1 como superficie del proyecto de investigación se circunscribe en las estribaciones occidentales de la Cordillera Occidental dentro de la Unidad Pallatanga, cuyas rocas de esta unidad datan de edad Cretácica, conformadas por andesitas basálticas, tobas y brechas que han sido intruidas por rocas porfiríticas de edad Eocénica. (Rojas, 2021)

La roca huésped del área minera Montañita 1, constituye rocas andesitas, andesita basáltica y brecha de composición magmática media a básica, a más, de roca ígnea volcánica, encontrándose la mineralización en la zona ígnea, asociada con fluidos ígneos creados por las intrusiones profundas, la roca andesita presenta tonalidades azuladas y verdosas correspondiendo a rocas básicas e intermedias, estas rocas son ricas en minerales ferromagnesianos como piroxeno, hornablenda, epidota y pobre en feldespatos potásicos teniendo una cantidad mínima.

En la figura 8 se muestra el mapa de geología local del área minera Montañita 1.



**Figura 8.** Mapa geología local mina Montañita 1.

### 5.3. Metodología del primer objetivo:

*“Seleccionar el método de muestreo óptimo en función del tipo de mineralización característica de la mina.”*

Para el cumplimiento del primer objetivo se inició con una visita al área minera Montañita 1, con el fin de lograr identificar aspectos importantes como el tipo de mineralización característica de la mina, datos estructurales de la mineralización, minerales de mena y ganga.

Para la toma de datos de la mineralización se utilizaron las siguientes tablas (3 y 4):

**Tabla 3.** Datos estructurales de la veta.

PUNTOS	DATOS ESTRUCTURALES	
	Rumbo	Buzamiento

**Tabla 4.** Potencia de la veta

PUNTOS	POTENCIA	POTENCIA PROMEDIO

Determinados los datos de la mineralización se seleccionó el método de muestreo apropiado en función a la bibliografía expuesta por Buitrago et al., (2010) y Lambert (2006), donde para el caso de muestras de veta se analizaron muestreos de; muestreo de filón o veta por canala y muestreo de canaleta al techo, para muestras de material en zona de stock; muestreo en malla y muestreo en stock pile.

**Según Buitrago et al. (2010):**

***Protocolo muestreo en filón o veta según (Buitrago et al., 2010)***

El muestreo de filón o veta tiene tres componentes importantes:

- Descripción de las características de la zona a muestrear.
- Toma de la muestra.
- Fotografía.

*Información descriptiva.*

Existe un formulario que se presenta en la figura 9 presente en el anexo 13, que contiene los siguientes ítems:

FORMATO FORMATO DE RECOLECCION DE MUESTRAS.																																									
Nombre del recolector: _____ Fecha: ____ ____																																									
Nombre de la mina: _____ Provincia: _____																																									
<b>Localización Geográfica.</b>																																									
Sector: _____																																									
Coordenadas de bocamina: X _____ Y _____																																									
Altura de la bocamina: _____																																									
<b>Croquis de la ubicación del frente:</b>																																									
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Frente de explotación muestreado.</b></td> <td style="width: 50%;"><b>Perfil del frente.</b></td> </tr> <tr> <td>N. * _____</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nombre del filón: _____</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distancia de bocamina: _____</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altura msnm: _____</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nivel: _____</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Descripción del filón.</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Dirección e inclinación: _____</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Espesor: _____</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Oxidación:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Total: _____ Parcial: _____ Nula: _____</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Mineralogía de la veta.</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Sulfuros: _____ Ganga: _____</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Relación sulfuros/ganga: _____</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Zona de alteración. (zona arcillosa)</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Espesor: _____ Color: _____</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tipo de roca de caja: _____</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Observaciones:</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2">_____</td> </tr> <tr> <td colspan="2">_____</td> </tr> </table>		<b>Frente de explotación muestreado.</b>	<b>Perfil del frente.</b>	N. * _____		Nombre del filón: _____		Distancia de bocamina: _____		Altura msnm: _____		Nivel: _____		<b>Descripción del filón.</b>		Dirección e inclinación: _____		Espesor: _____		Oxidación:		Total: _____ Parcial: _____ Nula: _____		<b>Mineralogía de la veta.</b>		Sulfuros: _____ Ganga: _____		Relación sulfuros/ganga: _____		<b>Zona de alteración. (zona arcillosa)</b>		Espesor: _____ Color: _____		Tipo de roca de caja: _____		<b>Observaciones:</b>		_____		_____	
<b>Frente de explotación muestreado.</b>	<b>Perfil del frente.</b>																																								
N. * _____																																									
Nombre del filón: _____																																									
Distancia de bocamina: _____																																									
Altura msnm: _____																																									
Nivel: _____																																									
<b>Descripción del filón.</b>																																									
Dirección e inclinación: _____																																									
Espesor: _____																																									
Oxidación:																																									
Total: _____ Parcial: _____ Nula: _____																																									
<b>Mineralogía de la veta.</b>																																									
Sulfuros: _____ Ganga: _____																																									
Relación sulfuros/ganga: _____																																									
<b>Zona de alteración. (zona arcillosa)</b>																																									
Espesor: _____ Color: _____																																									
Tipo de roca de caja: _____																																									
<b>Observaciones:</b>																																									
_____																																									
_____																																									

**Figura 9.** Formulario recolección de información de muestra.

**Nota:** (Buitrago et al., 2010)

### *Toma de la muestra.*

Arranque: para cada punto que se muestree se debe tomar muestra de la veta, muestra de la zona de alteración y muestra de la roca de caja.

Si la zona de muestreo se encuentra oxidado superficialmente se debe limpiar para tomar la muestra. En caso de que persista la oxidación se debe tomar la muestra. (Buitrago et al., 2010)

Se recomienda tomar la muestra perpendicular a la dirección de bandeamiento de la estructura en intervalos de 1 m a 2 m y de 3 m a 5 m.

En la sección de perfil del frente se ubica una gráfica de donde se tomó la muestra.

Cantidad: se debe tomar como cantidad mínima 1000 g en veta.

Materiales y equipo: es recomendable utilizar cincel, martillo, bolsas plásticas gruesas, marcador permanente, cinta de enmascarar y cámara fotográfica. (Buitrago et al., 2010)

Rotulación y almacenamiento de la muestra: Se guardan separadamente en bolsa plástica cada muestra de filón, alteración y roca encajante.

Para marcar la bolsa se debe ubicar las iniciales del nombre del recolector, seguidas de un número consecutivo a manera de código y las iniciales del tipo de material muestreado, así: FIL: Filón; ALT: Zona de alteración; y RC: Roca de caja.

Se debe sellar cada bolsa con cinta y marcar nuevamente el código de la muestra sobre la cinta.

Se reúnen en otra bolsa plástica las muestras de cada frente muestreado y se rotula con el nombre de la mina y el nombre o número del frente. (Buitrago y otros, 2010)

### *Fotografía.*

Se debe tomar al filón o zona mineralizada muestreada, fijando una escala de referencia. (Buitrago et al., 2010)

### ***Protocolo de método de muestreo en malla según Buitrago et al. (2010):***

La densidad del muestreo depende de la depende de la representatividad estadística deseada. Este muestreo consistió en tomar muestras del material estoqueado, cuya forma asemeja un cono, se divide el cono en secciones aproximadas de 1 m<sup>2</sup> procediendo a tomar porciones de muestra en cada una de las intersecciones de esta malla o puede ser en la parte centran de los cuadrados de la malla, tomando mayor cantidad de muestra en la parte inferior del cono, disminuyendo hacia la punta del cono.

Si se obtiene una cantidad de muestreo muy exagerado se debe realizar el cuarteo de la muestra, dicho cuarteo es uno de los métodos más empleados para subdividir una muestra exagerada.

Para realizar el cuarteo el procedimiento es el siguiente:

- Colocar la muestra bruta sobre una superficie dura, limpia y plana.
- Expandir la muestra repitiendo el proceso las veces necesarias.
- Dividir la muestra en 4 partes iguales.
- Escoger las muestras opuestas del cuarteo.
- Repetir el procedimiento con las muestras seleccionadas hasta obtener un volumen de muestra deseado.

Durante todas las operaciones se debe tener en cuenta que el material no se ensucie.

**Según Lambert, (2006):**

***Protocolo de muestreo Canaleta al techo según Lambert (2006);***

Método de muestreo utilizado en mineralización de galerías horizontales, se lleva a cabo por medio de los siguientes pasos:

*Ubicación o amarre de la muestra en base a:*

Demarcar una línea que nace de dos puntos conocidos como ejes de muestreo y que deben ser paralelas al rumbo o corrida de la veta.

Los puntos deben estar con sus respectivas coordenadas, en caso de contar con un solo punto topográfico se debe generar otro que quede bien destacado al terreno.

*Marcar la canala considerando:*

Perpendicularidad al rumbo de las cajas.

Distancia entre canales que varía según sectores geológicos.

*Instalar equipos diseñados para acceder a la muestra.*

*Marcadura de la muestra según los cambios de estructura.*

*Limpieza de la canal a fin de dejar una superficie fresca.*

*Corte y ensacado de la muestra.*

*Medición del largo de las muestras.*

*Obtención del plano y sección de muestreo.*

***Protocolo de muestreo Stock Pile según Lambert, (2006):***

Consiste en muestrear material en forma de pila, dividiéndola imaginariamente en secciones de 1 m<sup>2</sup>, tomando porciones de muestra en las intersecciones de las secciones, adquiriendo mayor cantidad en la base y disminuyendo hacia la parte alta.

La cantidad de muestreo que se debe tomar por cada 1° Tn es de 5 kg.

En caso de que los elementos a analizar tengan una distribución muy errática, conviene aumentar la cantidad de muestra de 10 kg a 20 kg de muestra por cada 10 Tn.

Para obtener una muestra representativa de la pila, no es conveniente formar pilas mayores a 200 Tn.

**Análisis multicriterio selección del método de muestreo.**

Finalmente, para seleccionar el método óptimo de muestreo se realizó una selección a través del método de multicriterio analizando criterios como; aplicabilidad, procede toma de muestras, cantidad de muestras, instrumentos y equipos, condiciones de muestreo, fotografía y registro, ventajas, desventajas y para qué es óptimo.

Cuadro comparativo para seleccionar el método de muestreo óptimo en función del tipo de mineralización.

**Tabla 5.** Comparativa entre protocolos de muestreo.

<b>Criterio</b>	<b>Muestreo en filon o veta (Buitriago, 20010)</b>	<b>Muestreo en Malla (Buitriago, 2010)</b>	<b>Muestreo Canaleta al techo (Lambert, 2006)</b>	<b>Muestreo Stock Pile (Lambert, 2006)</b>
Aplicabilidad				
Proceso de toma de muestras				
Cantidad de muestra				
Instrumentos y equipos				
Condiciones de muestreo				
Fotografía y registro				
Ventajas				
Desventajas				
Muestreo óptimo para.				

**5.4. Metodología del segundo objetivo.**

*“Caracterizar la composición físico – química y mineralógica del material de la mena de la mina Montañita 1”.*

Para dar cumplimiento al segundo objetivo del material obtenido en el muestreo se obtuvo cada una de las propiedades físico-químicas y mineralógicas en laboratorio por el siguiente procedimiento:

#### 5.4.1. *Propiedades físicas.*

La caracterización física de las muestras se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de Mecánica de Rocas de la Universidad Nacional de Loja. Estos análisis se realizan aplicando los estándares establecidos por las normas ASTM.

En la figura 10 se observan las muestras tomadas en campo.



**Figura 10.** Muestras en laboratorio.

Se determinaron parámetros como contenido de humedad, peso específico aparente, peso específico real, porosidad y pH.

**Contenido de humedad:** Se aplicó la norma ASTM D2216.

Se determinó mediante una muestra inalterada de material de mena con un peso entre 50 g y 200 g que conserve su humedad natural, se registró el peso inicial de la muestra húmeda, posteriormente se ubicó la muestra en una estufa precalentada a una temperatura constante durante 24 horas, una vez completado el secado se retiró la muestra y se dejó enfriar a temperatura ambiente para finalmente registrar el peso final de la muestra seca.

En la figura 11 se muestra el procedimiento del ensayo de contenido de humedad.



**Figura 11.** Ensayo contenido de humedad.

El contenido de humedad se calcula utilizando la siguiente formula:

$$W(\%) = \frac{W_h - W_s}{W_s - W_r} * 100\%$$

**Peso específico aparente:** Para realizar el ensayo se inició con la selección de un fragmento de roca representativo del material que se desea analizar, limpiando cuidadosamente la superficie de la muestra para eliminar cualquier polvo o suciedad que pueda afectar las mediciones, seguidamente se pesó la muestra seca con una balanza analítica, luego se sumerge completamente la muestra en agua durante 24 horas, se retiró la muestra del agua y se secará cuidadosamente con un paño suave para eliminar el exceso de agua superficial y finalmente se pesa la muestra saturada con la balanza analítica, luego en la balanza analítica hidrostática se colocó la muestra saturada hasta que la muestra quedo completamente sumergida en el agua sin tocar las paredes del recipiente y se registró el peso sumergido, se secó la muestra húmeda en un horno precalentado a 105°C hasta que seque completamente y finalmente se registró su peso seco.

En la figura 12 se muestra el procedimiento del ensayo de peso específico aparente.



**Figura 12.** Ensayo peso específico aparente.

Con la siguiente expresión podemos calcular el peso aparente:

$$\rho_a = \frac{W_{seco}}{W_{saturado} - W_{sumergido}} * \rho_w$$

**Peso específico real:** se aplicó ASTM D854; la norma Para desarrollar este ensayo se utilizó el método del picnómetro donde se inició triturando la muestra para obtener un agregado fino que sea pasante del tamiz #200, seguidamente se pesó el picnómetro enrasado con agua destilada, luego se procedió a eliminar un 50% aproximado de agua y se vertió el agregado fino en una cantidad de 30 gramos dentro del picnómetro sin derramarlo, se agito

ligeramente el picnómetro para eliminar el aire para que no afecte el peso y finalmente llenar el picnómetro con agua destilada evitando la creación de burbujas para darle un pesado final.

La figura 13, muestra el proceso del ensayo de peso específico real.



**Figura 13.** Ensayo peso específico real.

El valor del peso específico se calculó utilizando la siguiente expresión:

$$\rho_r = \frac{W_{AF}}{W_{P+H_2O} + W_{AF} - W_{P+H_2O+AF}} * \rho_w$$

**Porosidad:** Para el cálculo se utilizó el peso aparente y real, aplicando la siguiente expresión:

$$n = \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_r}\right) * 100$$

#### 5.4.2. *Química del material de mena.*

Para identificar y determinar los elementos y minerales presentes en la mena; se inició realizando ensayo al fuego a las diferentes muestras tomadas que permitió determinar la ley de cabeza que presenta el material, luego se realizó los métodos de espectrofotometría de absorción atómica, dichos análisis se realizaron en el Laboratorio Acreditado Albexxus de la ciudad de Piñas.

*El ensayo al fuego:* es un método clásico para la cuantificación de oro en muestras minerales, lo que implica la fusión de la muestra con reactivos adecuados como fundentes separando el oro en una fase metálica y obteniéndolo finalmente en forma pura.

La figura 14, muestra el procedimiento del ensayo al fuego.



**Figura 14.** Ensayo al fuego.

*Espectrofotometría de absorción atómica:* técnica que se utilizó para determinar la cantidad presente de un elemento metálico en una muestra, además se puede analizar la concentración de varios elementos tomando una cantidad de muestra de 2 kg siendo representativa llevada a laboratorio para su respectivo ensayo.

La figura 15 muestra el desarrollo del ensayo de Espectrofotometría de absorción atómica.



**Figura 15.** Ensayo Espectrofotometría de absorción atómica.

#### **5.4.3. Mineralogía del material.**

Para el desarrollo de los ensayos analíticos de la mineralogía del material de mena se realizaron ensayos de difracción de rayos X y fluorescencia de rayos X en el Laboratorio de la Universidad Técnica Particular de Loja, y a estas muestras se les desarrollaron el análisis petrográfico con la construcción de láminas delgadas y secciones pulidas en el Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri, que permitió una interpretación cualitativa de constitución petrográfica.

*Difracción de rayos X:* se utiliza para determinar la composición mineral de las rocas las cuales han sido sometidas al proceso de preparación de muestras de laboratorio.

En la figura 16 se muestra el desarrollo del ensayo de difracción de rayos X de las muestras de mena.



**Figura 16.** Ensayo Difracción de rayos X.

*Fluorescencia de rayos x:* Este método analítico cuantifica elementos y los resultados se expresan como óxidos principales, basándose en cálculos estequiométricos internos del equipo que parten de los elementos puros.

El procedimiento genera un difractograma que muestra picos de difracción en función del ángulo, estos patrones se comparan con una base de datos de difracción de minerales permitiendo determinar la composición del material de mena.

En la figura 17 se presenta el desarrollo del ensayo de fluorescencia de rayos X.

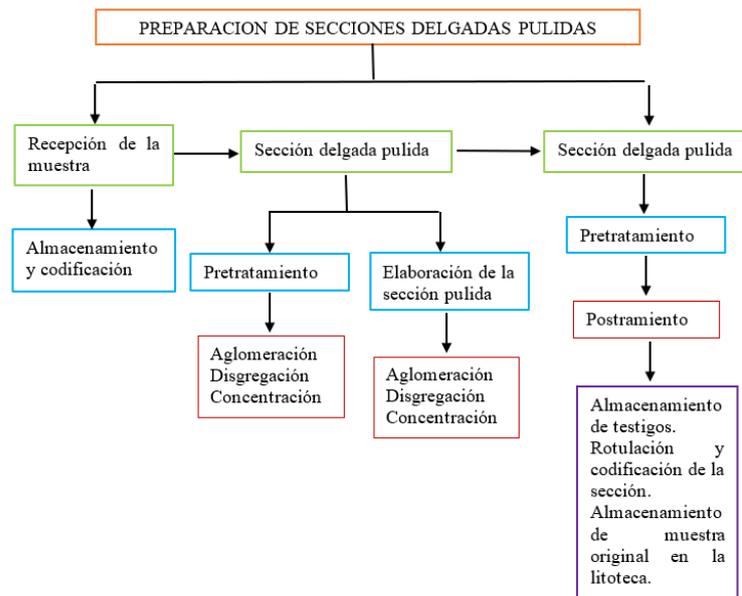


**Figura 17.** Ensayo Fluorescencia de rayos X.

*Ensayo petrográfico (laminas delgadas-secciones pulidas):* utilizado para la identificación y cuantificación de minerales presentes en el material de mena, lo que es esencial para entender cómo se encuentran los minerales y determinar proceso más adecuado de recuperación.

Preparación de secciones delgadas pulidas.

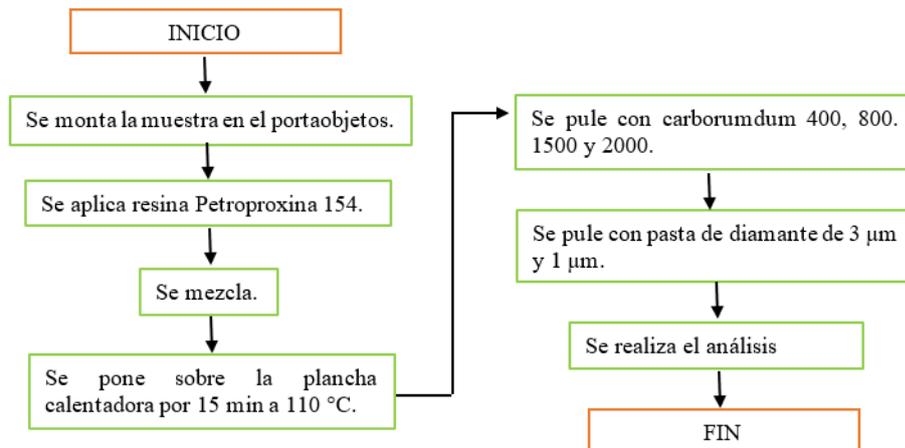
El procedimiento de la preparación de secciones pulidas se muestra en la figura 18.



**Figura 18.** Preparación de secciones delgadas pulidas.

**Nota:** (Buitrago et al., 2010)

En la figura 19 se muestra la preparación de secciones delgadas.



**Figura 19.** Preparación secciones delgas.

**Nota:** (Buitrago et al., 2010)

### 5.5. Metodología para el tercer objetivo.

*“Proponer el proceso metalúrgico óptimo de recuperación del material de mena de la mina Montañita 1.”*

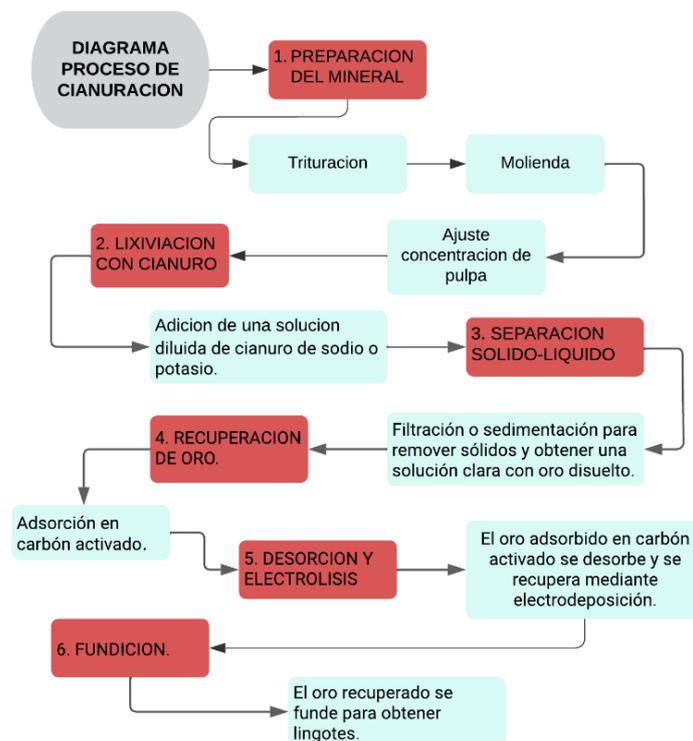
Para el cumplimiento de este objetivo, al determinar las principales características físico-químicas y mineralógicas del material de mena que son de importancia para poder proponer el proceso idóneo para la recuperación del mineral de interés económicamente rentable, se tuvo en cuenta la información relacionada con las características determinadas al mineral de mena estudiado, así como de los minerales de mena a los que se encuentran asociado, por lo que en este estudio se tomó como referencia los métodos de recuperación

de cianuración y flotación ya que Martínez (2018), expresa estos dos métodos como ideales para tratamientos y recuperación de Oro.

Como parte de corroborar estos datos se llevó a cabo pruebas piloto de estos métodos teniendo como resultado cual de estos métodos presenta el mayor porcentaje de recuperación, y así proponer el proceso metalúrgico más idóneo para el beneficio del material de mena de la Mina Montañita 1.

### Proceso de Cianuración.

En la figura 20 se muestra el proceso para el desarrollo del ensayo de cianuración.

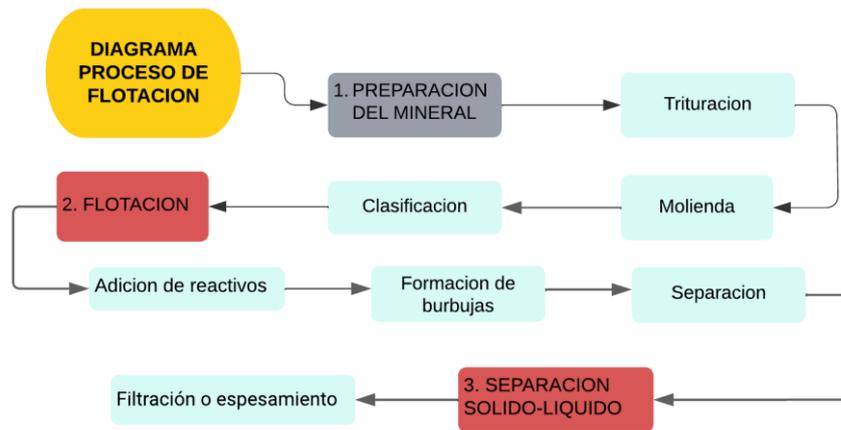


**Figura 20.** Ensayo de cianuración.

**Nota:** (David. 2024, octubre 21)

### Proceso de Flotación.

En la figura 21 se muestra el proceso para el desarrollo del ensayo de Flotación.



**Figura 21.** Ensayo de Flotación.

**Nota:** (FORGIARINI, A., & SALAGER, J. 2007).

Finalmente, para proponer el método de recuperación óptimo se basará en el porcentaje de recuperación de los ensayos realizados, así mismo con la ayuda de características determinadas mediante la caracterización física-química y mineralógica desarrollada.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Muestreo y características geológicas de la mina.

#### 6.1.1. Geología interior mina.

El área minera Montañita 1 ubicada en la parte central izquierda de la concesión Bella Rica consta de una geología en interior mina conformada es su parte inicial por una alteración en sus primeros tramos de galerías con una distancia aproximada a los 80 m, seguido de roca andesita basáltica con presencia de minerales como cuarzo y calcita con una distancia de 60 m, también, existe la presencia de roca mozdiorita en un tramo de 70 m y andesita presentando minerales como cuarzo, feldespatos, plagioclasas y hornblenda en un tramo con distancia de 50 m.

En la figura 22 se muestra la geología interior mina del área minera Montañita 1.

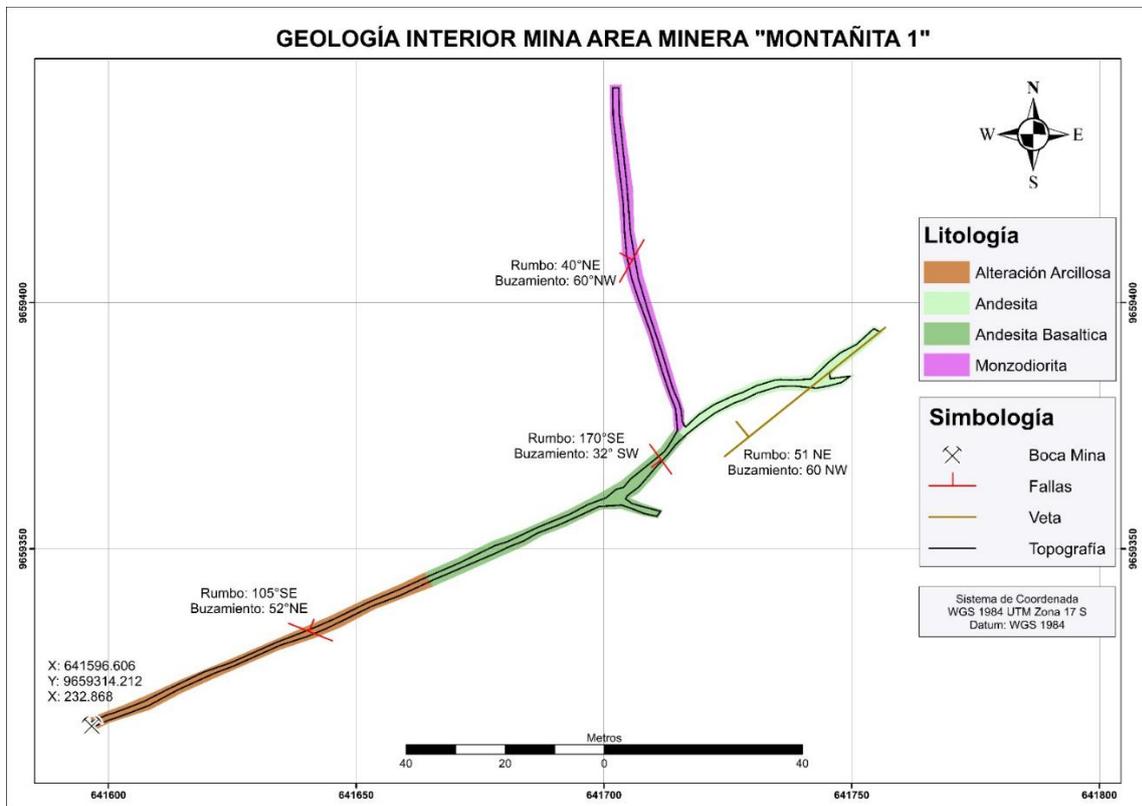


Figura 22. Geología interior mina área minera Montañita 1.

#### 6.1.1.1. Yacimiento

El desarrollo del proyecto Montañita 1 define un yacimiento tipo vetiforme que atraviesan el compendio litológico de brechas constituido por vetas y vetillas de cuarzo, asociadas con sulfuros en pequeñas cantidades, en su mayoría zonas oxidadas. Mineralógicamente el yacimiento está constituido por la asociación de arsenopirita, cuarzo, pirita y pigmentaciones de hidróxido de hierro y Oro.

En la figura 23 se logra observar la mineralización característica de la mina Montañita 1.



**Figura 23.** Mineralización mina Montañita 1.

Identificada la mineralización de la mina Montañita 1, se procedió a tomar los datos estructurales de la veta 1 sobre el tramo 5 aproximadamente a 180 m de la bocamina, estos datos estructurales se los presentan a continuación en la tabla 6.

**Tabla 6.** Datos estructurales de la veta.

PUNTOS	DATOS ESTRUCTURALES	
	Rumbo	Buzamiento
1	45° NE	60° NO
2	55° NE	52° NO
3	51° NE	43° NO

Tomados los datos estructurales en los diferentes puntos de la veta se procedió a tomar medidas de la potencia de la veta, en la tabla 7 se muestran los datos de la potencia de la veta tomada en cada punto.

**Tabla 7.** Potencia de la veta

PUNTOS	POTENCIA	POTENCIA PROMEDIO
1	20 cm	26.67 cm
2	35 cm	
3	25 cm	

La mineralización se encuentra caracterizada por una veta con una potencia promedio de 26.67 cm.

En la figura 24 se observa la potencia que presenta la veta.



**Figura 24.** Potencia de la veta.

### 6.1.2. Muestreo.

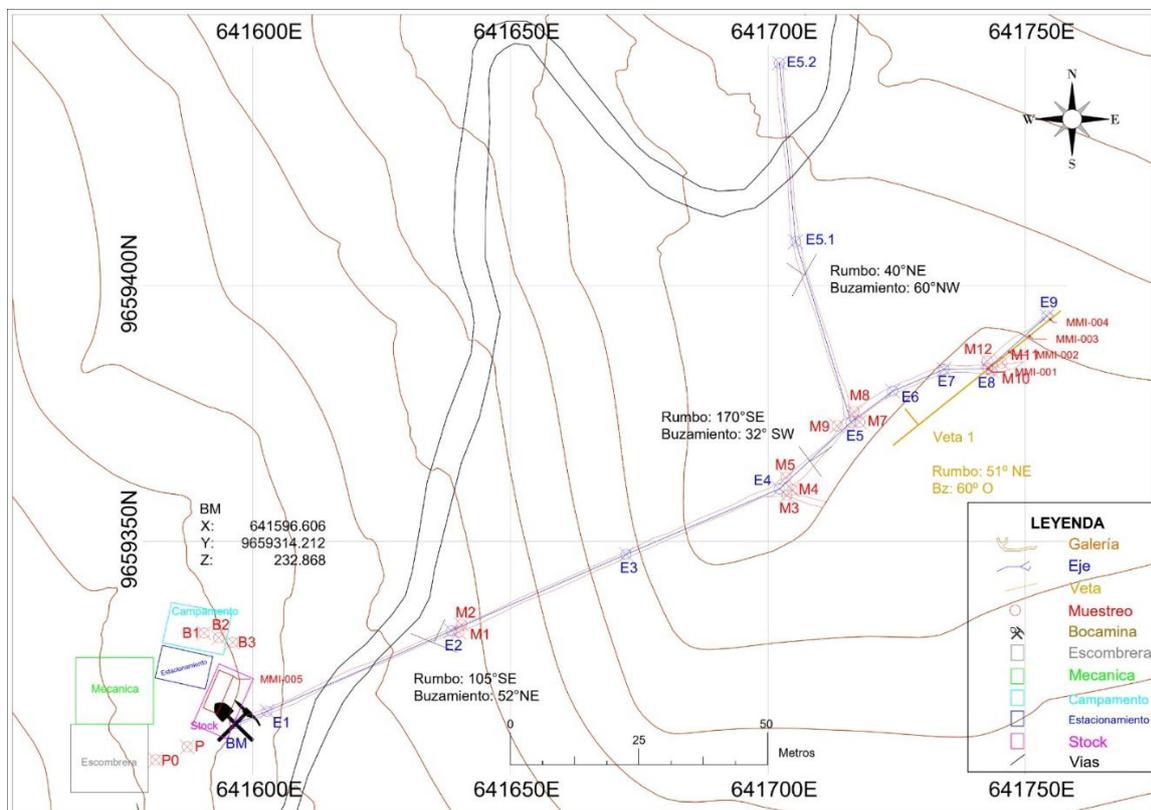
*Cuadro comparativo de protocolos de muestreo.*

<b>Criterio</b>	<b>Muestreo en filon o veta por canala (Buitriago et al., 2010)</b>	<b>Muestreo en Malla (Buitriago et al., 2010)</b>	<b>Muestreo Canaleta al techo (Lambert, 2006)</b>	<b>Muestreo Stock Pile (Lambert, 2006)</b>
<b><i>Aplicabilidad</i></b>	Filonos o vetas minerales en frentes de trabajo.	Material estocado en forma de cono.	Mineralización en galerías horizontales.	Material almacenado en pilas.
<b><i>Proceso de toma de muestras</i></b>	Se extrae muestra de la veta, zona de alteración y roca encajante en intervalos entre 1 y 5 m.	Se divide el material en secciones de 1 m <sup>2</sup> y se toma muestra en las intersecciones, tomando mayor cantidad en su parte baja del cono.	Se marcan canaletas perpendiculares al rumbo, se limpia y extrae muestra.	Se divide la pila en secciones de 1 m <sup>2</sup> , extrayendo mayor cantidad en la base.
<b><i>Cantidad de muestra</i></b>	Mínimo 1000 g por cada muestra de veta.	Depende del tamaño de la muestra, se realiza cuarteo si es necesario.	Medición del largo de la muestra en función de los cambios estructurales.	5 kg por 10 tn, aumentando a 10 o 20 kg si la distribución es errática.
<b><i>Instrumentos y equipos</i></b>	Cinzel, martillo, bolsas plásticas, marcador, cinta y cámara.	Superficie dura y limpia, herramientas de división y bolsas.	Equipos de acceso, herramientas de corte y medición.	Herramientas de muestreo, bolsas y equipos de pesaje.
<b><i>Condiciones de muestreo</i></b>	Si la zona está muy oxidada debe limpiarse antes de tomar la muestra.	Evitar contaminación del material durante el cuarteo.	Limpieza de la canala para obtener una superficie fresca.	Evitar formar pilas mayores a 200 tn para garantizar representatividad.
<b><i>Fotografía y registro</i></b>	Se documenta con fotografía indicando escala de referencia.	No especificado.	Se obtiene plano y sección de muestreo.	No especificado.

<b>Ventajas</b>	Permite analizar la composición del filón y sus zonas adyacentes.	Mayor representatividad estadística, posibilidad de cuarteo.	Mayor control de distribución de la muestra en galerías.	Asegurar homogeneidad de muestras de pilas de almacenamientos.
<b>Desventajas</b>	Puede verse afectado por la oxidación superficial.	Si el cuarteo es demasiado grande en cantidad se debe realizar algunos cuarteos de la muestra.	Requiere marcación precisa de canaletas y equipos de acceso.	Difícil mantener la representatividad en pilas grandes.
<b>Muestreo óptimo para.</b>	Yacimientos vetiformes.	Material estoqueado de manera uniforme.	Galerías horizontales con mineralización continua.	Grandes volúmenes de mineral estoqueado.

La metodología de muestreo se realiza en base al tipo de yacimiento presente en el lugar, empleándose el cuadro comparativo se determinó aplicar los métodos de muestreo de filón o veta por canala y método de muestreo en malla de Butriago et al. (2010).

En la figura 25 se presenta el esquema planimétrico de los puntos de muestreo tanto en la veta como en la zona de stock.



**Figura 25.** Mapa de muestreo.

En los puntos de E8 a E9 del eje de la galería a 280 m de bocamina perteneciente a roca andesita existe la presencia de la veta 1, donde se tomaron 4 muestras donde cada muestra tenía el peso de 2 kg, teniendo un total de material muestreado de 8 kg, estas muestras tienen las características de haber sido tomadas excavando una profundidad de 2,5 cm, repitiendo dicho proceso en intervalos de 2 m a 5 m.

En la zona de stock se tomó 1 muestra al material apilado en forma de cono, dicha muestra presenta un peso de 2 kg luego de haberle realizado el cuarteo debido para obtener una muestra representativa.

## **6.2. Propiedades físico- químicas y mineralógicas de material de mena.**

### **6.2.1. Propiedades físicas.**

Se analizan las propiedades físicas del material de mena para establecer las directrices para la extracción y el procesamiento eficiente del mineral valioso que contiene.

Las propiedades físicas del material de mena pueden diferir según el tipo de mineral que contenga la roca. Sin embargo, algunas características comunes, como el contenido de humedad, el peso específico, el peso aparente, la porosidad y el pH son evaluadas para esta investigación. Los resultados se presentan en la tabla 8.

**Tabla 8.** Resultado de las Propiedades físicas del material de mena.

<b>Muestra (COD)</b>	<b>Contenido de humedad</b>	<b>Peso específico real</b>	<b>Peso aparente</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Ph</b>
MM1-V001	3.11 %	2.72	2.58	5.14	8.29
MM1-V002	3.00 %	2.70	2.44	9.68	8.31
MM1-V003	2.38 %	2.84	2.70	5.16	8.40
MM1-V004	3.18 %	2.70	2.56	5.31	8.30
MM1-S005	3.67 %	2.70	2.52	6.88	8.30

Como resultados de las propiedades físicas tenemos que la muestra presenta valores de; contenido de humedad de 3.06, peso específico de 2.73, peso aparente de 2.56, porosidad de 6.43 y pH de 8.32, estos datos son esenciales para determinar los métodos de procesamiento más adecuados.

### **6.2.2. Caracterización Química del material de mena.**

#### **Ensayo al fuego.**

Los resultados del ensayo al fuego se muestran en la siguiente tabla 9.

**Tabla 9.** Resultados de ensayo ala fuego.

<b>Identificación de Muestras</b>	<b>Au</b>	<b>Ag</b>
MM1-V001	3.19 g/t	4.22 g/t

MM1-V002	1.48 g/t	4.25 g/t
MM1-V003	4.36 g/t	15.90 g/t
MM1-V004	3.81 g/t	3.18 g/t
MM1-S005	1.40 g/t	1.40 g/t
<b>Ley promedio</b>	<b>2.85 g/t</b>	<b>5.76 g/t</b>

Para este propósito se realiza los ensayos al fuego en el Laboratorio Acreditado Albexus de la ciudad de Piñas, que nos permite conocer la ley de oro y plata total por cada muestra del material de mena, determinando un promedio de ley de oro de 2.85 g/ton y un promedio de ley de plata de 5.76 g/ton.

#### **Absorción atómica.**

Para conocer la concentración de los diferentes elementos presentes en las muestras se utiliza el ensayo de absorción atómica.

Los resultados del ensayo de absorción atómica se muestran en la siguiente tabla 10.

**Tabla 10.** Resultados de ensayo de absorción atómica.

<b>Identificación de Muestras</b>	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>As</b>	<b>Fe</b>
MM1-V001	0.01 %	0.01 %	0.02 %	0.26 %	8.70 %
MM1-V002	0.01 %	0.01 %	0.01 %	0.33 %	6.29 %
MM1-V003	0.01 %	0.01 %	0.01 %	0.33 %	7.05 %
MM1-V004	0.01 %	0.01 %	0.01 %	0.47 %	8.79 %
MM1-S005	0.01 %	0.01 %	0.01 %	0.30 %	7.85 %

Los resultados del análisis químico indican que no se encuentra otro mineral de interés económico, dado que el porcentaje de cobre presente en las muestras es extremadamente bajo, sin llegar a superar el 0.01%, siendo un porcentaje óptimo de 1 % para que sea de interés.

Así mismo, se hizo un análisis químico para determinar la existencia de algunos minerales que dificultan la recuperación del mineral de interés Au, como son el caso del plomo, zinc, arsénico y hierro, obteniendo como resultado concentraciones muy bajas las cuales no afectarían al proceso de recuperación.

#### **6.2.3. Caracterización mineralógica del material de mena.**

##### **Difracción de rayos X.**

La difracción de rayos X, permite obtener información estructural, como la composición química de la muestra analizada. La tabla 11 muestra los resultados obtenidos del análisis de difracción de rayos X.

**Tabla 11.** Resultados del análisis de difracción de rayos X.

<b>Muestra</b>	<b>Fases Minerales</b>	<b>Semicuantificación (%)</b>
MM1-V001	Cuarzo	44.3 %
	Calcita	5.6 %
	Montnorillonita	0.5 %
	Illita	41.2 %
MM1-V002	Kaolinita	8.4 %
	Cuarzo	32.0 %
	Calcita	20.2 %
	Illita	46.0 %
MM1-V003	Kaolinita	1.8 %
	Cuarzo	62.2 %
	Calcita	9.5 %
	Magnetita	0.6 %
MM1-V004	Illita	27.7 %
	Cuarzo	57.0 %
	Calcita	17.9 %
	Illita	17.3 %
	Kaolinita	7.8 %

En base a los resultados obtenidos en las muestras analizadas, se ratifica que el cuarzo se halla en porcentajes menor al 62.2 % en las 4 muestras analizadas, en las tres primeras muestras; la illita se encuentra en porcentajes menores al 46%, demostrando así que la zona esta mineralizada en su mayor parte.

Las gráficas del espectro obtenidas de difractómetro de rayos X, se detallan en la sección anexos 8 de la presente investigación en los resultados de los ensayos de difracción de rayos X.

#### **Fluorescencia de rayos X.**

Los resultados de este ensayo se muestran en la siguiente tabla 12.

**Tabla 12.** Resultados de análisis de fluorescencia de rayos X.

<b>MUESTRA</b>					
MM1-V001	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>MnO</b>	<b>S</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
	21	55.3	0.2	ND	1.7
	<b>CaO</b>	<b>PbO</b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>ZnO</b>	-
MM1-V002	(%)	(%)	(%)	(%)	
	4.9	0.09	6.9	0.02	
	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>MnO</b>	<b>S</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
MM1-V003	21.1	45.9	0.2	0.02	2.3
	<b>CaO</b>	<b>PbO</b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>ZnO</b>	-
	(%)	(%)	(%)	(%)	
	12.6	0.07	6.4	0.01	
MM1-V003	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>MnO</b>	<b>S</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
	16.8	59.9	0.2	0.09	1.6

MM1-V004	<b>CaO</b>	<b>PbO</b>	<b>Fe2O3</b>	<b>ZnO</b>	-
	(%)	(%)	(%)	(%)	
	6.0	0.09	7.3	0.01	
	<b>Al2O3</b>	<b>SiO2</b>	<b>MnO</b>	<b>S</b>	<b>K2O</b>
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
	15.2	58	0.2	0.21	0.9
MM1-S005	<b>CaO</b>	<b>PbO</b>	<b>Fe2O3</b>	<b>ZnO</b>	-
	(%)	(%)	(%)	(%)	
	13.3	0.1	8.3	ND	
	<b>Al2O3</b>	<b>SiO2</b>	<b>MnO</b>	<b>S</b>	<b>K2O</b>
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
	19.2	47.9	0.2	0.18	1.7
<b>CaO</b>	<b>PbO</b>	<b>Fe2O3</b>	<b>ZnO</b>	-	
(%)	(%)	(%)	(%)		
	9.1	0.09	5.5	ND	

Los resultados de los análisis que se realizaron a cada muestra de material de mena, demuestran que los minerales están expresados en óxidos; el mayor porcentaje lo constituye el SiO<sub>2</sub> constituidos entre los rangos del 45.9 % al 59.9 %, seguido de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entre rangos del 15.2 % al 21.1 % y en menor proporción los otros óxidos, lo que ratifica que las muestras de roca están constituidas de cuarzo y óxidos especialmente de aluminio, propias de los procesos meteorización de rocas ígneas y metamórficas.

#### **Mineralogía Óptica (laminas delgadas y secciones pulidas).**

Este análisis es esencial para poder entender la asociación característica que presenta el material.

A continuación, se muestran los resultados de los análisis a las diferentes muestras.

#### **Muestra MM1-V003.**

*Análisis macroscópico:* la roca presenta una coloración gris clara, en secciones la caja tiene características de brecha con clastos milimétricos de cuarzo, con textura crustiforme, con presencia de vetilleo de carbonato/calcita, e la presencia de un material blanquecino en su parte central, se puede advertir la existencia de sulfuros diseminados como piritita y trazas de galena/esfalerita como se muestra en la siguiente figura 26.



**Figura 26.** Lamina MM1-V003 Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.

*Estudio microscópico:* textura drusiforme con concentraciones de cuarzo cristalino formando vetillas milimétricas, se identifica minerales opacos rellenando espacios y en finas vetillas.

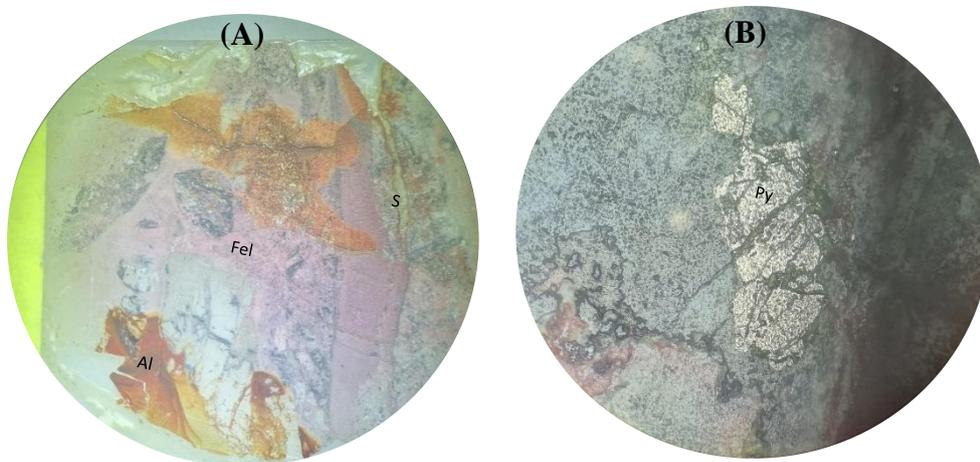
En la siguiente tabla 13 se muestra el aproximado de porcentajes de minerales presentes en la muestra MM1-V003.

**Tabla 13.** Minerales aproximados MM1-V003.

Mineral	Porcentaje
Cuarzo.	75 % - 80 %
Minerales de alteración.	10 % - 15 %
Plagioclasas	1 % - 5 %
Opacos	1 % - 5 %

La roca tiene un alto porcentaje de sílice, constituido por cuarzo masivo y cristales en estructuras drusiformes, la caja con características de brecha intramineral y zonas de limonita.

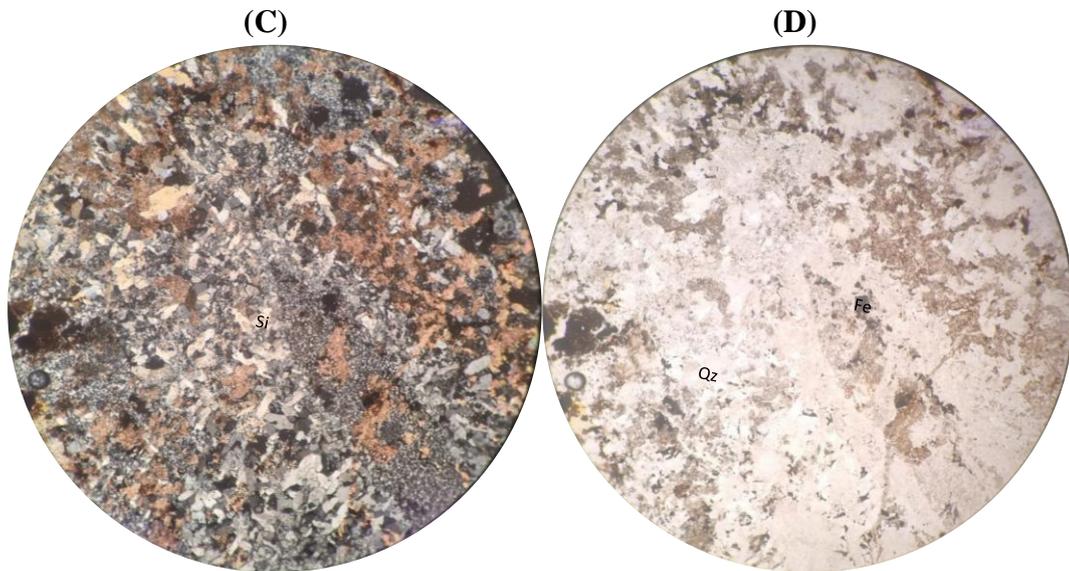
*Sección pulida:* Si identifica pirita en zonas de sulfato de potasio y cuarzo, en los bordes de tinte café amarillento es de limonita y carbonato como se muestra en la siguiente figura 27.



**Figura 27.** Lamina pulida MMM1-V003. Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.

Microfotografía de la lámina pulida: En la foto de la izquierda (A) (microscopio binocular) se identifica minerales amarillentos y de tinte rosado asociados a feldespatos, en zonas brechosas y vetillas discontinuas rellenas con sulfuros microcristalinos; en la fotografía derecha (B) (microscopio reflectivo) se puede identificar en vetillas discontinuas sulfuros (pirita) alargados y en acumulaciones de microcristales, dos generaciones de cuarzo

y sulfuro-pirita diseminado identificados por su alto poder reflectivo y tonalidad amarillo claro en luz natural y extinción incompleta.



**Figura 28.** Lamina pulida MMM1-V003. Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.

Microfotografía en luz polarizada; en la fotografía de la izquierda (C) se identifica en la parte central material calcáreo con microcristales de sílice con tonalidades grises de primer orden, cristales prismáticos granulares y quebrados, en secciones características de texturas porfiriticas, los bordes del cuarzo están manchados con material calcáreo.

Luz natural; en la fotografía de la derecha (D) se observa los minerales en forma de clastos blancos angulosos de cuarzo, incoloros, sin relieve, se observa pocos minerales opacos (color negro) diseminados que puede tratarse de sulfuros de hierro, vetillas sinuosas de carbonato y sílice con sulfuros.

#### ***Muestra MMI-V004.***

*Análisis macroscópico:* Roca caja con características brechosa y con clastos de cuarzo, limonita/jarosita, se identifica principalmente pirita y otros grises, en secciones diseminados, con concentraciones de carbonato, los clastos en la caja son de tamaño milimétrico, con texturas particulares tipo crustiforme, como se muestra en la siguiente figura 29.



**Figura 29.** Lamina MM1-V004. Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.

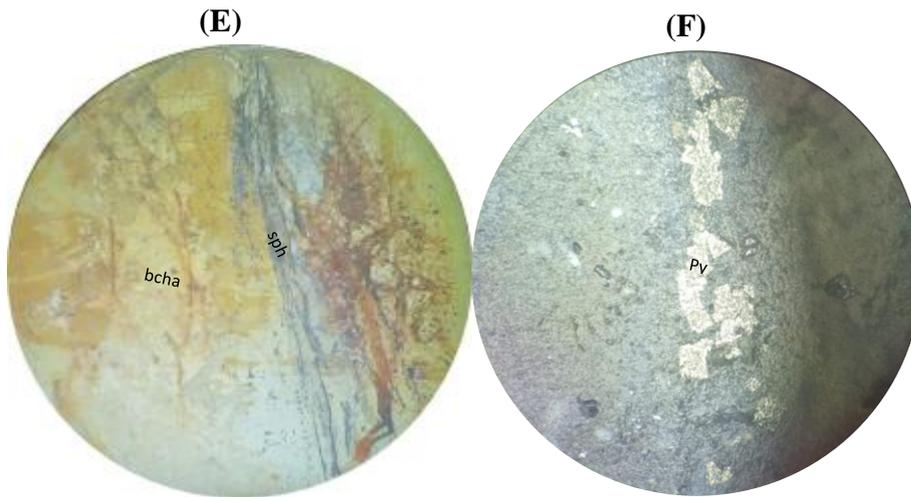
*Estudio microscópico:* La textura cuarzo se identifica en forma de peine, en otras secciones (caja) clastos angulosos dando características de brecha, rellenos con material calcáreo, se observa finas vetillas discontinuas rellenas de sílice con sulfuros, algunas inclusiones de opacos (sulfuros) y cuarzo microcristalino son visibles.

En la siguiente tabla 14 se muestra el aproximado de porcentajes de minerales presentes en la muestra MM1-V004.

**Tabla 14.** Minerales aproximados MM1-V004.

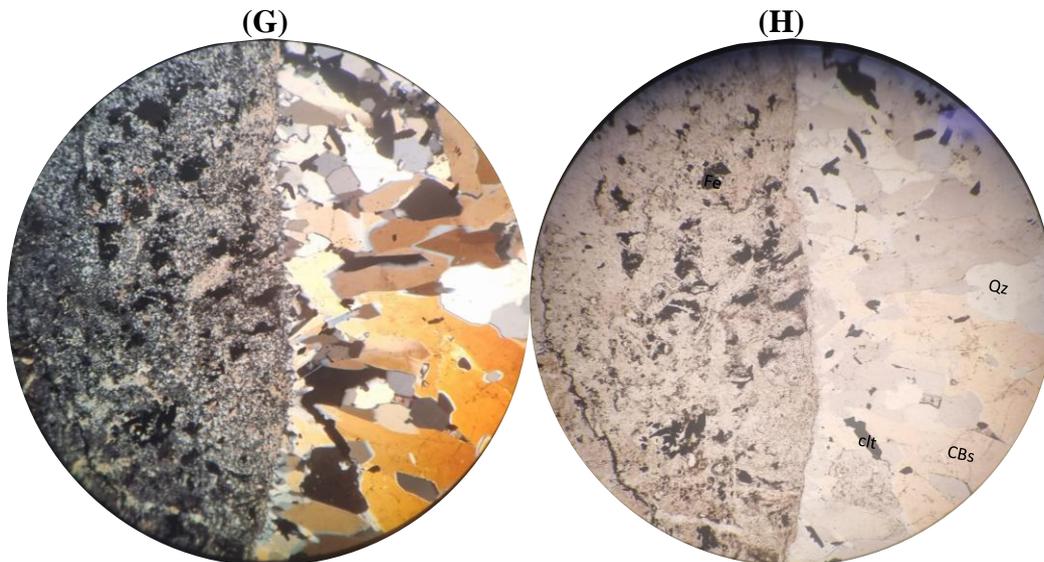
Mineral	Porcentaje
Cuarzo/Sílice	40 % - 45 %
Limonita	15 % - 20 %
Minerales de alteración	25 % - 30 %
Opacos	5 % - 10 %

*Sección pulida:* Se observa finas vetillas discontinuas con sulfuros grises, posiblemente microcristales de esfalerita asociado con pequeñas concentraciones microcristalinas de pirita y en partes diseminada, trazas de oro. En otras secciones se observa pirita diseminada y en pequeñas concentraciones en zonas de carbonato y cuarzo, asociados a texturas brechosas, en otras secciones se observa texturas drusiformes pobremente desarrollados, como se muestra en la siguiente figura 30.



**Figura 30.** Lamina pulida MMM1-V004. Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.

Microfotografía de la lámina pulida: En la foto izquierda **(E)** (microscopio binocular) se visualiza las formas de las vetillas tipo M, sinuosas, rellenas de sulfuros, la caja es de una brecha muy oxidada; en la foto derecha **(F)** (microscopio reflectivo) se puede identificar concentraciones de microcristales de sulfuros, vetillas discontinuas y alargados se ha deducido que hay dos generaciones de cuarzo y chispas de sulfuro diseminado en la caja.



**Figura 31.** Lamina pulida MMM1-V004. Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.

Microfotografía en luz polarizada; en la fotografía de la izquierda **(G)** se puede identificar cuarzo en texturas de peine con colores de primer orden, cristales de forma prismáticas poco definidas, se observan remplazamientos con sílice.

Microfotografía en Luz natural; en la fotografía de la derecha **(H)** se identifica minerales alargados e incoloros de cuarzo en sus bordes material calcáreo y de mejor manera en la imagen se identifica trazas de clorita con tonalidad verdosa, se puede observar

minerales opacos color negro diseminados que puede tratarse de sulfuros de hierro junto a limonita.

**Muestra MM1-S005.**

*Análisis macroscópico:* Roca gris clara blanquecina - amarillenta, con características de brecha, en matriz silíceo y carbonatada, finas vetillas de cuarzo cristalino, sulfuros diseminados, limonita como minerales residuales, se observa sulfatos de potasio, en secciones se identifica vetillas stocwork, como se presenta en la siguiente figura 32.



**Figura 32.** Lamina MM1-V005. Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.

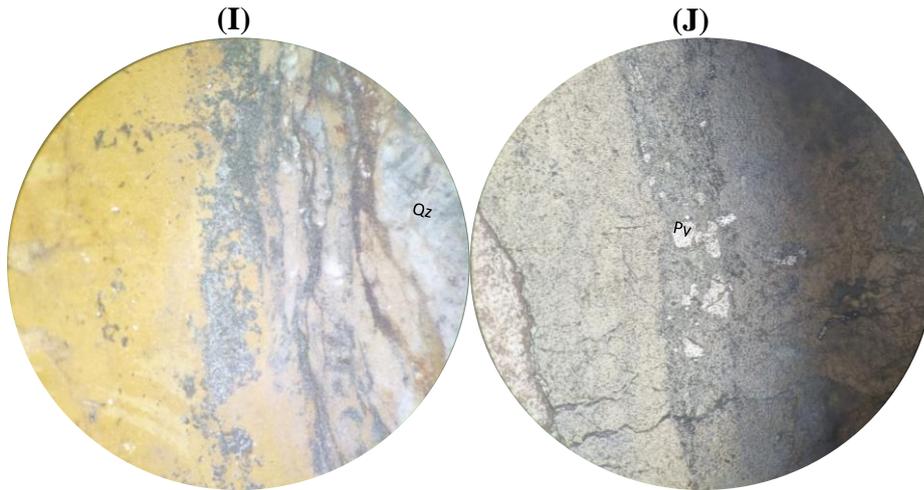
*Estudio microscópico:* Textura brechosa en secciones y fino granular, se observa finas vetillas con concentraciones de cuarzo con texturas drusiforme, minerales oscuros asociados a finas vetillas y diseminados.

En la siguiente tabla 15 se muestra el aproximado de porcentajes de minerales presentes en la muestra MM1-S005.

**Tabla 15.** Minerales aproximados MM1-S005.

Mineral	Porcentaje
Cuarzo	40 % - 45 %
Carbonato	15 % - 20 %
Minerales de alteración	25 % - 30 %

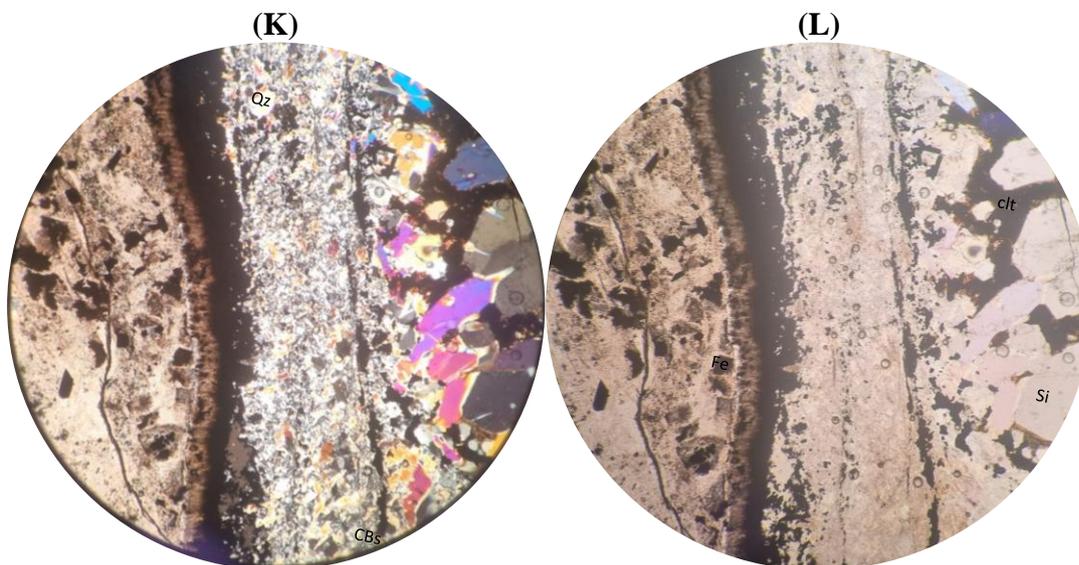
*Sección pulida:* Se observa finas vetillas discontinuas cortando secuencias litológicas, estas consisten en microcristales de pirita y en trazas esfalerita/galena asociado con concentraciones de pirita. En otras secciones se observa pirita diseminada y en pequeñas concentraciones cristalinas, en zonas de carbonato y cuarzo, asociados a texturas brechosas, como se muestra en la siguiente figura 33.



**Figura 33.** Lamina pulida MMM1-S005. Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.

Microfotografía de la lámina pulida: En la foto de la izquierda **(I)** (microscopio binocular) se puede ver las texturas de vetillas paralelas rellenas de sulfuros y cuarzo, vetillas sinuosas, con aureolas de alteración, de potencias variables, características de alteración filica o propilitica; la roca de caja presenta una textura brechosa con clastos de cuarzo.

En la foto derecha **(J)** (microscopio reflectivo) se puede identificar sulfuros en finas vetillas discontinuas que presentan una alta reflectividad y pocos sulfuros diseminados en concentraciones microcristalinas.



**Figura 34.** Lamina pulida MMM1-S005. Laboratorio de petrografía. Ing. Francisco Viteri.

Microfotografía en luz polarizada: en la fotografía de la izquierda **(K)** se observa de mejores acumulaciones de cuarzo cristalino; en la parte superior y en la matriz parte inferior se observa microcristales de cuarzo y carbonato, interrumpida por vetillas de sílice en varias direcciones y la presencia de opacos diseminados identificados con un bandeamiento de

secuencias de emplazamientos de fluidos hidrotermales dando las características de vetiforme.

Microfotografía en Luz natural: en la fotografía de la derecha (L) se observa los minerales desgastados en sus bordes e incoloros de sílice, zona con clastos angulosos tipo micro brechas clastos ligeramente alteradas y trazas de clorita con tinte verdoso, se puede observar trazas de minerales opacos de color negro, cristales cubos diseminados que puede tratarse de sulfuros de hierro.

### 6.3. Caracterización metalúrgica.

#### 6.3.1. Propuesta del proceso metalúrgico óptimo de recuperación del mineral del material de mena de acuerdo con sus características.

La selección de un método adecuado y efectivo para el tratamiento del mineral de interés se basa en diversos factores. Esto incluye el conocimiento de las características físicas, la composición química y la distribución mineralógica del material de mena, identificando la presencia y concentración de los elementos de interés, así como la de los elementos que pueden afectar a los procesos de recuperación.

La mina Montañita 1 se encuentra en un área geológica compuesta por rocas andesitas y brechas y caracteriza un yacimiento tipo vetiforme, que presenta vetas de cuarzo asociadas a sulfuros en pequeña cantidad. La mineralización está dominada por cuarzo, illita, carbonatos con zonas oxidadas a más de advertir la presencia de arsenopirita en cantidades menores.

Dentro de la composición del material por medio del análisis químico nos indica un contenido promedio de ley de oro de 2.85 g/ton, lo que sugiere un potencial económico significativo para la extracción y su procesamiento.

Para poder proponer el método de recuperación óptimo se llevaron a cabo pruebas pilotos de los métodos de cianuración y flotación del material muestreo.

#### *Ensayo de cianuración.*

**Tabla 16.** Determinación de oro a través de ensayo de cianuración.

Muestra	Au Oro -Total	Au Oro - Cianurable	Consumo de Cal	Consumo de Cianuro	Tiempo de Agitación Horas
	g/t	g/t	kg/t	kg/t	horas
	E.F	CN <sup>^</sup>	pH 11	VL	---
<i>Mena</i>	2.80	2.60	2.50	2.00	12

Por medio del ensayo de cianuración se determinó una ley de 2.80 g/t con una recuperación de oro cianurable de 2.60 g/t, indicando un porcentaje de recuperación del 92.86 %.

***Ensayo de Flotación.***

**Tabla 17.** Ensayo de Flotación.

<b>Cabeza Ensayada</b>	Au		2.80 g/t			
<b>Producto</b>	<b>%</b>	<b>Leyes (%) * g/t</b>		<b>Recuperación (%)</b>		<b>RATIO</b>
	<b>Peso</b>	<b>Au</b>	<b>Ag</b>	<b>g/t</b>		<b>CONC.</b>
		<b>Au</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>	<b>Ag</b>	
<b>Cabeza Calculada</b>	100.00	2.80	4.40	<b>2.80</b>	<b>4.40</b>	
<b>Concentrado Bulk</b>	3.55	0.43	1.27	<b>0.57</b>	<b>1.02</b>	28.17
<b>Relave</b>	96.45	2.37	3.13	<b>2.21</b>	<b>3.37</b>	

De acuerdo con el balance metalúrgico de oro se observa una recuperación de 20 % con un radio de concentración de 28.17 toneladas de mena para obtener 1 tonelada de concentrado. En el concentrado se obtiene 15.40 gramos de oro por tonelada.

En función del porcentaje de recuperación que se obtuvo con los ensayos realizados, se determinó que el método de cianuración presenta un porcentaje de recuperación del 92.86% y el método de flotación un porcentaje del 20 %, por lo que se propone como método de recuperación optimo el de cianuración.

**6.3.2. Método propuesto.**

***Cianuración.***

Se recomienda este método metalúrgico ya que una vez analizado las características físico-químicas y mineralógicas que presenta el material de mena se determinó la presencia de asociaciones de óxido de sílice y aluminio en altos porcentajes en las muestras tomadas, dichas muestras presentan minerales como cuarzo e illita siendo estos óxidos los cuales están presentes en porcentajes mayores; la caracterización de las menas nos permiten recomendar la cianuración como el método más adecuado con un alto rendimiento en recuperación mineral ya que el cianuro reacciona de mejor manera con óxidos presentes.

Dentro de las propiedades físicas determinadas el material de mena presenta una alta porosidad lo que facilita una mejor absorción de cianuro y oxígeno, así a su vez acelerando el proceso y dando una elevada eficiencia de recuperación mineral en el método la cianuración.

La prueba metalúrgica mediante el ensayo de cianuración determino una recuperación del 92.86 % lo que es efectiva para extraer el oro, por lo que se llega a una corroboración de la información teórica con el ensayo realizado, siendo así el método de cianuración el óptimo para la recuperación mineral en el material de mena de la Mina Montañita 1.

Es preciso advertir la presencia no significativa de minerales penalizantes como plomo, zinc, arsénico y hierro son bajos, es importante monitorear durante el proceso de recuperación mineral para evitar efectos adversos en la recuperación del oro.

## 7. DISCUSION.

El presente trabajo de investigación realizado en la Mina Montañita 1 de la Concesión Minera Bella Rica Código 15, permitió la caracterización física-química y mineralógica del material de mena de la mina Montañita 1.

Butriago et al. (2010) indica que para la extracción de materiales de mena se debe comprender cuáles son sus características físico-químicas y mineralógicas; siendo estas de ayuda para evaluar su potencial económico minero y posteriormente poder llegar a la propuesta de un proceso metalúrgico apropiado para la recuperación del mineral de interés económico.

En la determinación de las características físico-químicas y mineralógicas es necesario realizar un muestreo de forma adecuada a lo que Butriago et al. (2010) propone para obtener una muestra representativa en vetas y o filones se lo debe hacer por medio de canala (Channel sampling); en cambio para zonas de stock se lo debe realizar por malla (stock pile).

En estos métodos de muestreos antes mencionados existen ciertos aspectos importantes que se debe tener en cuenta mencionados por Butriago et al. (2010) donde, dentro de muestreo por canala (Channel sampling) si es una zona muy oxidada esta superficie se debe limpiar para no tener una variación en resultados y para el muestreo de malla (stock pile) se menciona que si la muestra inicial es muy grande en contenido se debe aplicar un cuarteo a esta muestra hasta tener una cantidad aproximada a los 2.5 kg.

A estas muestras obtenidas por dichos métodos de muestreo mencionados anteriormente se les realiza una metodología relacionada a lo que menciona Cuenca (2023), donde inicia con determinar propiedades índices, seguido de análisis químicos como lo es ensayo al fuego y absorción atómica para finalizar con análisis mineralógicos por medio del desarrollo de ensayos de fluorescencia de rayos X, difracción de rayos X y el análisis petrográfico.

Dentro de los resultados de las propiedades índice tenemos que como parte inicial un contenido de humedad entre 2.3 % al 3.6 % lo que determina que la muestra tiene bajo porcentaje de humedad. De todas las muestras el peso específico del material se encuentra entre los rangos de  $2.7 \text{ g/cm}^3$  a  $2.85 \text{ g/cm}^3$  siendo así una roca. El parámetro de porosidad tenemos valores que superan el 8 % siendo así una baja porosidad si alta permeabilidad no permitiendo el paso de gran cantidad de agua lo que tenemos en corroboración en los datos de contenido de humedad. Finalmente un pH de 8 demostrando así que es un material básico o alcalino.

En la parte química de nuestro material se determina una ley promedio de oro del 2.85 g/tn siendo un valor de interés económico ya que para la empresa minera al ser una ley entre 1 g/tn y 2 g/tn es un valor que les resulta su explotación. A más de esto se realiza el ensayo de espectrofotometría de absorción atómica donde se tiene la presencia de otros minerales como zinc, plomo, cobre y hierro, pero estos están en porcentajes muy bajos que no superan el 0.47 % lo que se relaciona al pH que nos da un material básico o alcalino y así no teniendo la producción de aguas acidas de mina.

Como parte final que es la mineralogía del material se determina que está compuesto mayormente de óxidos ya que por el análisis de fluorescencia de rayos X tenemos que el mayor porcentaje lo constituye el óxido de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) llegando a valores del 59.9 %, seguido del óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) que llega al 21.1 %, al desarrollar el análisis de difracción de rayos X se puede constatar que el material tiene presente en su mayor parte cuarzo en porcentajes hasta el 62.2 %, seguido de illita con porcentajes de 46 %, constatando así un material con un gran presencia de óxidos.

Determinadas dichas características físico-químicas y mineralógicas del material se llega a proponer el método metalúrgico óptimo para lo cual según Martínez (2018) expresa los métodos de cianuración y flotación como los mejores para tratamientos y recuperación de oro, siendo así de suma importancia llevar a cabo pruebas piloto de estos métodos mencionados y poder conocer sus porcentajes de recuperación.

En la prueba de cianuración da como resultado una recuperación del 92.86 % siendo un resultado satisfactorio el cual se debe a la existencia de una cantidad mayoritaria de óxidos, ya que Flores (2019) menciona que el cianuro reacciona de mejor manera con los óxidos debido a su capacidad para actuar como catalizadores en procesos redox y formar complejos estables, lo cual se da en este ensayo realizado y teniendo así esta recuperación alta.

Mediante la prueba de flotación realizada se tiene un porcentaje no satisfactorio del 20 % en recuperación, presentando como problema principal la presencia de óxidos en gran parte ya que Wills (2006) expresa que los óxidos tienen superficies altamente hidrofílicas que repelen las burbujas de aire, es debido a esto es que se obtiene una recuperación muy baja.

Llevando a cabo una comparación de los resultados de recuperación por medio de los ensayos de cianuración y flotación, se propone como método metalúrgico óptimo el método de cianuración siendo efectivo con un porcentaje del 92.86 % de recuperación del mineral de interés oro.

La propuesta de este método metalúrgico se corrobora en el estudio de Hernández y Pacho (2019), donde por medio del ensayo de cianuración obtienen una recuperación del 90 % a 92 %, esto debido a que su material presenta relación con resultados en este estudio como; mayor parte óxidos de sílice, cuarzo e illita, llegando así a ratificar que el método metalúrgico óptimo es el de cianuración.

## 8. CONCLUSIONES.

- El proyecto del área de la mina Montañita 1 concesión Bella Rica Código 15, se define como un yacimiento tipo vetiforme circunscrito sobre un compendio litológico de brechas con presencia de vetas y vetillas de cuarzo, donde la veta 1 objeto de la investigación presenta una potencia promedio de 26.67 cm, y una disposición estructural con un rumbo de 51° NE y un buzamiento de 60° NO.
- Acorde a la metodología propuesta por Butriago et al. (2010), se aplicó en nuestro trabajo como un muestreo optimo el método por canala (Channel sampling) para la toma de 4 muestras y el método de muestreo por malla (stock pile) para 1 muestra del material apilado en la zona de stock.
- La caracterización física del material de mena determino propiedades índices como; contenido de humedad de 3.06 %, peso específico de 2.73 g/cm<sup>3</sup>, peso aparente de 2.56, porosidad de 6.43 % y pH de 8.32, estos datos son esenciales para determinar los métodos de procesamiento más adecuados.
- La ley de oro se determinó mediante el método de ensayo al fuego obteniendo una ley promedio de oro de 2.85 g/tn, cuya muestra se sometió al ensayo de absorción atómica que determino la existencia no representativa de minerales penalizantes.
- Del ensayo petrográfico se determinó que el oro se encuentra asociados a microcristales de cuarzo y carbonato, clorita y cristales cubos diseminados que puede tratarse de sulfuros de hierro pirita, para lo cual se construyó laminas delgadas y secciones pulidas de mis muestras.
- Los estudios químicos de difracción y fluorescencia de rayos X realizados al material de mena determino la presencia de óxidos como óxido de sílice y aluminio expresando así que el material de mena se encuentra con presencia de óxidos en su gran mayoría.
- Se propone como proceso de recuperación metalúrgico optimo el método de cianuración presentando una recuperación mineral del 92.86 % lo que es efectiva para extraer el mineral de interés oro.

## 9. RECOMENDACIONES.

- Realizar un muestreo representativo del desarrollo de la labor que permita una mejor valoración económica del depósito.
- En los muestreos realizados aplicar el método de ICP (plasma con acoplamiento inductivo) como método para hacer las lecturas de más elementos.
- Previo a cada proceso de recuperación de oro es fundamental llevara a cabo un análisis mediante ensayo al fuego para determinar la ley con que ingresa al proceso y confirmar la recuperación luego del proceso.
- Es importante que en el área de la mina Montañita 1 se aplique el proceso metalúrgico propuesto en este estudio para la recuperación del mineral oro por el método de cianuración.
- Desarrollar la caracterización físico-química y mineralógica de nuevas estructuras para mejorar los procesos de recuperación de oro.
- Monitoreo constante de minerales penalizantes durante el proceso de recuperación del mineral para evitar efectos adversos en la recuperación del oro.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Admin, & Admin. (2020, August 27). *¿Qué es la espectroscopía ICP? | XRF*. XRF. <https://es.xrfscientific.com/que-es-la-espectroscopia-icp/>
- Álvarez, D. O. (2013). *Propiedades físicas y químicas de la materia*. Universidad Nacional de Quilmes.
- Bateman, A. M. (1982). *Yacimientos minerales de rendimiento económico*. Barcelona: Ediciones Omega, S.A.
- Buitrago, J., Buriticá, J., Cañón, Y., Concha, H., Galindo, B., González, M., . . . Ruiz, V. (2010). *Técnicas mineralógicas, químicas y metalúrgicas para la caracterización de menas auríferas*. Bogotá, Colombia.
- Caracterización del mineral - Metso. (n.d.). Metso. <https://www.metso.com/es/productos-y-servicios/servicios/optimizacion-de-procesos-y-servicios-conectados/caracterizacion-del-mineral/>
- Carrasco, O. H. (2016). Concentración gravimétrica de menas auríferas. Madrid: Academia Española de relaciones ecosociales y cambio global, (140), 107-118.
- Clasificación de los minerales*. (n.d.). <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Minerales/Clasificacion-de-los-minerales.html>
- David. (2024, October 21). *Cianuración de Oro y Plata - 911Metallurgist*. 911Metallurgist. <https://metalurgia.911metallurgist.com/cianuracion-oro-plata/>
- Díaz-Muegue, L. C., Arranz-González, J. C., & Peñuela-Mesa, G. (2013). Caracterización físico-química y mineralógica de suelos en zona carbonífera del Cesar, Colombia. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 38(1), 42-47.
- Espectrometría ICP. (2019, October 24). Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/cnea/cab/laboratorios-e-instalaciones/quimica/espectrometria-icp>
- Flores Mamani, C. V. (2019). *Estudio del proceso de cianuración de minerales auríferos para la recuperación de oro en el proyecto Oropesa, la Rinconada - Puno* (Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Metalurgista). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Gil-Gómez, C. (2018). *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica*. Papeles del Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), 37, 43-56.

- Hernández Segovia, S. E., & Pancho Vega, L. G. (2019). Propuesta de proceso hidrometalúrgico para la recuperación de oro a partir.
- Herrera, J. (2017). *Introducción a la Minería. Conceptos, tecnologías y procesos*. Madrid.
- INGEOMINAS. (2010). Guía metodológica. Bogotá: Bicentenario.
- Instituto Colombiano, G. M. (2010). Guía metodológica: Técnicas mineralógicas, químicas y metalúrgicas. Imprenta Nacional Colombia.
- Lambert, Á. (2006). Manual de muestreo para exploración, minería subterránea y rajo abierto.
- Marsden, J., & House, C. (2006). *The Chemistry of Gold Extraction*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME).
- Melgarejo, J. C. (2010). Técnicas de caracterización mineral y su aplicación en exploración y explotación minera. *Revista mexicana de ciencias geológicas*.
- Metso. (2018), *Basics in Minerals Processing*.
- Ministerio del Ambiente. (2016). Reglamento ambiental de actividades mineras. Mineisterio del ambiente, agua y transición ecológica. <https://www.ambiente.gob.ec/>
- ORGIARINI, A., & SALAGER, J. (2007). *FUNDAMENTOS DE LA FLOTACIÓN*. Venezuela.
- Pérez Porto, J. G. (2022). Mineralogía. Definición.
- Pinilla, R. (2017). *Proceso de flotación en minería: Medición, dosificación y control*. México: ECN Automation.
- Quinteros, M. (2009). *Historia de la minería en el Ecuador*.
- ROJAS, D. (2021). *“Precios unitarios en la explotación aurífera subterránea de pequeña minería en el distrito Camilo Ponce Enrueqez”*. Cuenca.
- Ros, A. (2017). *Recopilación sobre la metalurgia del oro*. Naciones Unidas.
- S, L. a. E., D, G. I., Espinoza, L., B, R. G., M, M. H., B, J. Z., R, V. S. A., & Guerra, J. a. T. (2021). Importancia de la mineralogía en la geometalurgia: aplicación en Perú. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8243034>
- Smirnov, V. (1982). *Geología de yacimientos minerales*. Mir.
- Sociedad Geológica Mexicana, (2010). *Técnicas de caracterización mineral y su aplicación en exploración y explotación minera*.
- Torres, A., Pereyra-Alfárez, B., Galan-Wong, E. O. L. J., & Luis, Z. (2009). *Biolixiviación*. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/327606094\\_Biolixiviacion](https://www.researchgate.net/publication/327606094_Biolixiviacion)
- Universidad Nacional de Loja. (2021). *GUÍA PARA LA FORMULACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE INTEGRACIÓN CURRICULAR O*

TITULACIÓN. Obtenido de <https://www.unl.edu.ec/investigacion/guias-investigacion>

Vega, A. (2013). “Calculo de reservas de la veta Paraíso, Mina Paraíso, Cantón Ponce Enríquez”, Tesis de grado, Ingeniería en geología, Espol, Ecuador.

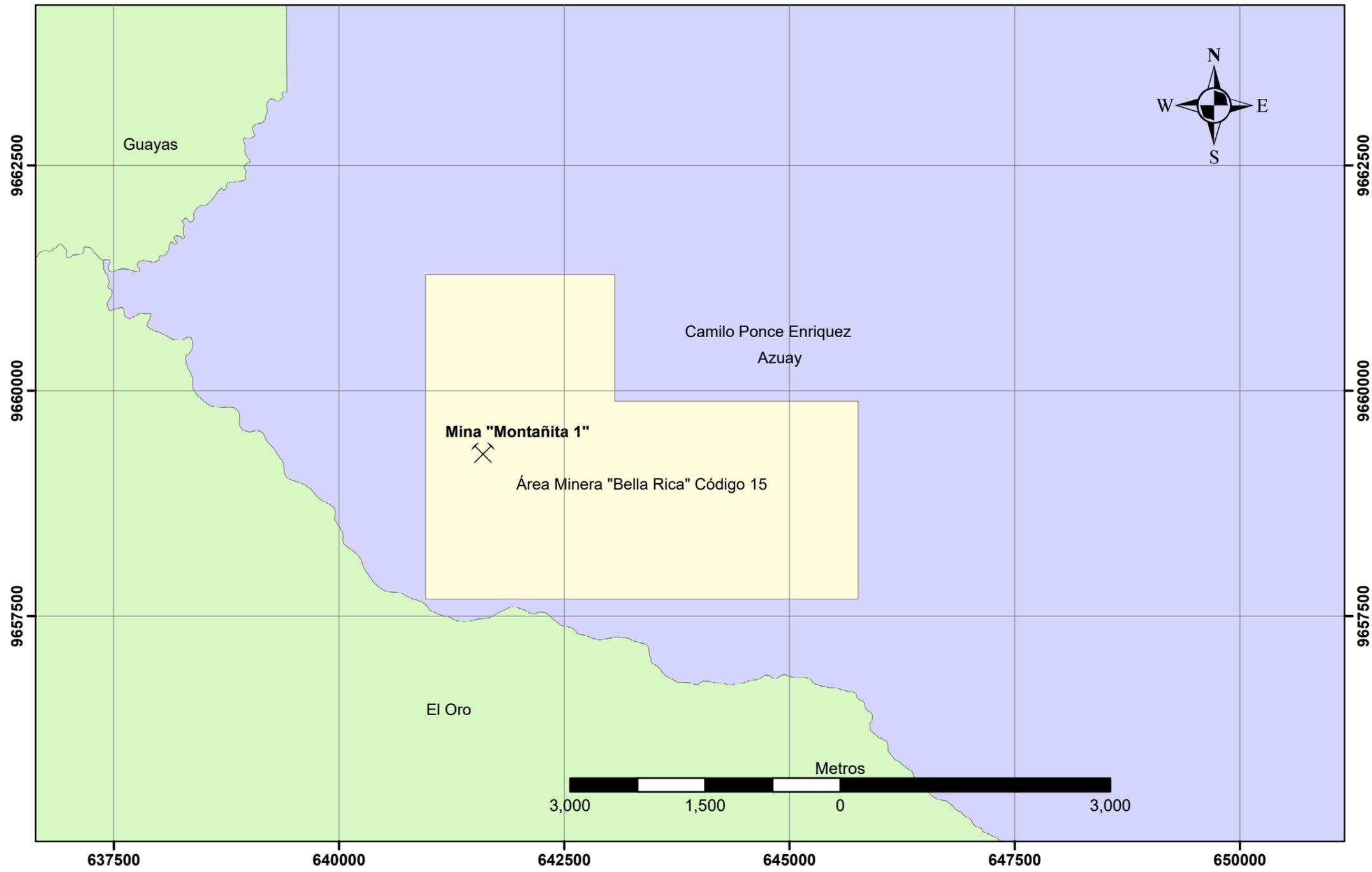
Wills, B. A., & Napier-Munn, T. (2006). Mineral processing technology: An introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery (7th ed.). Butterworth-Heinemann.

Zárate, G. (en.) Muestreo y Preparación de muestras de minerales Oro y Plata.

## **11. ANEXOS**

# UBICACIÓN DEL ÁREA MINERA "BELLA RICA" CÓDIGO 15

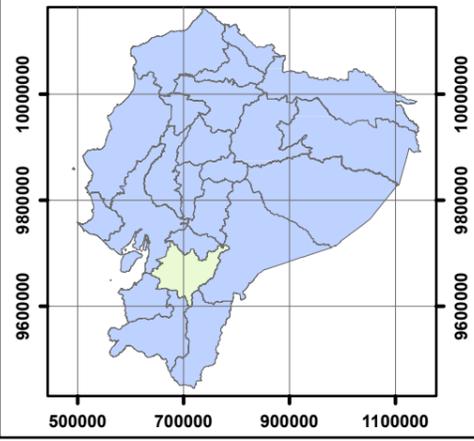
*Mina "Montañita 1"*



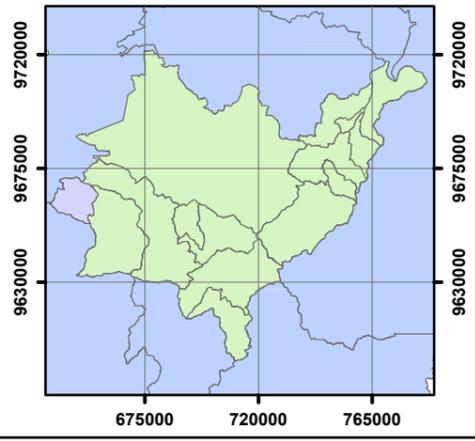
**Simbología**

-  Mina "Montañita 1"
-  Área Minera "Bella Rica"
-  Limite Parroquial

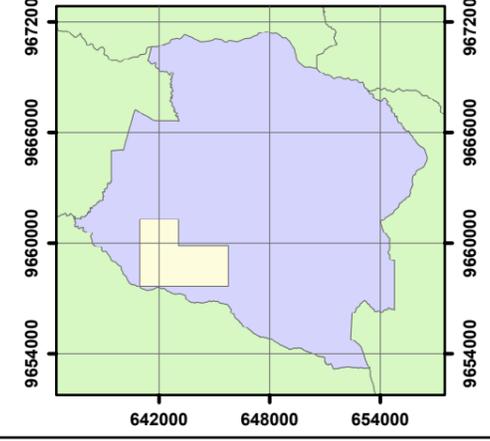
**UBICACION PROVINCIAL**



**UBICACION CANTONAL**

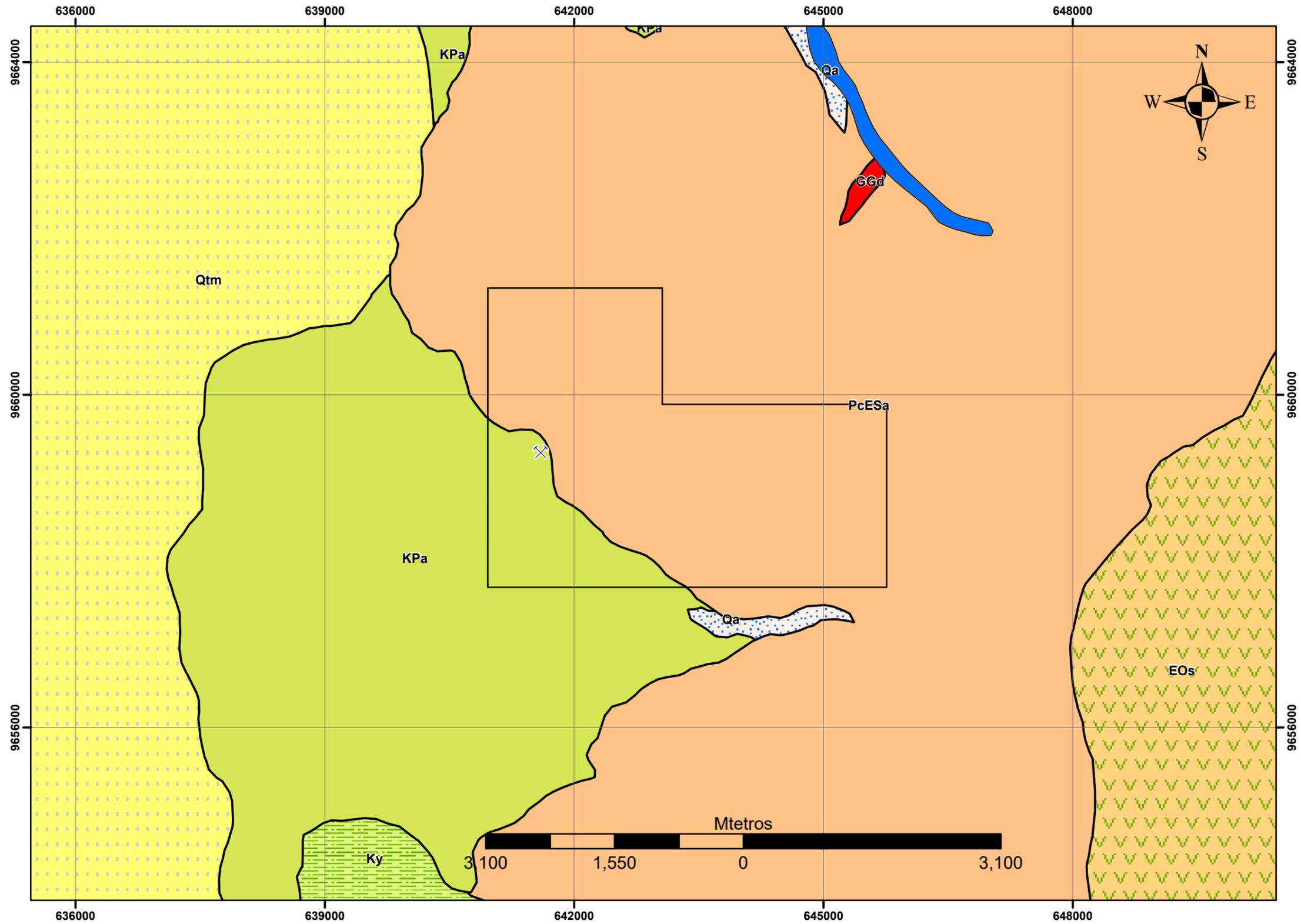


**UBICACION PARROQUIAL**



Escala: 1:50,000		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>	
Cantón: Camilo Ponce Enríquez Parroquia: Ponce Enríquez		Estudiante: Jefferson Vidal	
Sistema Internacional UTM WGS-84 Zona 17 S		Tutor: Ing. Ivan Puglla	
Geología Regional - Bella Rica Código 15		Fecha: 15/11/2024	
		Lámina: 1	

# GEOLOGÍA REGIONAL CONCESIÓN "BELLA RICA" CÓDIGO: 15



### Leyenda

#### FORMACION

**Cuaternario**

- Qa** Depósitos Aluviales
- Qtm** Terraza Marina

**Paleógeno**

- EOs** Volcánicos Saraguro

**Cretácico**

- PcESa** Grupo Sacapalca

**Intrusivas**

- GGd** Graniodorita

**Unidades Paleozoicas**

- Ky** Unidad Yunguilla
- KPa** Unidad Pallatanga

### Simbología

- Área Minera Montañita 1
- Concesión Bella Rica
- Rio
- Contactos

Escala: 1:50,000		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA	
Cantón: Camilo Ponce Enríquez Parroquia: Ponce Enríquez		Estudiante: Jefferson Vidal	
Sistema Internacional UTM WGS-84 Zona 17 S		Tutor: Ing. Ivan Puglla	
Geología Regional - Bella Rica Código 15		Fecha: 15/11/2024	
		Lámina: 1	

Anexo 3. Ficha de muestreo afloramiento 1.

IDENTIFICACIÓN DE AFLORAMIENTOS EN EL "ÁREA MINERA MONTAÑITA 1".			
<b>Afloramiento</b>	N:	1	<b>Fotografía</b>
<b>Coordenadas</b>	X	6415 02	
	Y	9659 304	
<b>Formación</b>	Tallatunga.		
<b>Grado de meteorización</b>	Bajo		
	Medio		
	Alto	X	
<b>Uso de terreno:</b>	Arbustos y arboles	X	<b>Descripción:</b> La roca se encuentra meteorizada, parcialmente humeada, se encuentra en una pendiente bastante pronunciada.
	No vegetada		
	Pastos		
	Cultivos		
	Residencial		
<b>Pendiente</b>	Plana		
	Inclinada		
	Empinada	X	

Anexo 4. Ficha de muestreo afloramiento 2.

IDENTIFICACIÓN DE AFLORAMIENTOS EN EL "ÁREA MINERA MONTAÑITA 1".			
<b>Afloramiento</b>	N:	2	<b>Fotografía</b>
<b>Coordenadas</b>	X	641769	
	Y	9659453	
<b>Formación</b>	Pallatanga.		
<b>Grado de meteorización</b>	Bajo	X	
	Medio		
	Alto		
<b>Uso de terreno:</b>	Arbustos y arboles		<b>Descripción:</b> La roca presenta un color gris oscuro, con una textura de grano fino, se encuentra en un grado de meteorización bajo, en una pendiente inclinada.
	No vegetada		
	Pastos	X	
	Cultivos		
	Residencial		
<b>Pendiente</b>	Plana		
	Inclinada	X	
	Empinada		

Anexo 5. Ficha de muestreo afloramiento 3.

IDENTIFICACIÓN DE AFLORAMIENTOS EN EL "ÁREA MINERA MONTAÑITA 1".			
<b>Afloramiento</b>	N:	3	<b>Fotografía</b>
<b>Coordenadas</b>	X	641702	
	Y	9657443	
<b>Formación</b>	Pallataygo		
<b>Grado de meteorización</b>	Bajo		
	Medio	X	
	Alto		
<b>Uso de terreno:</b>	Arbustos y arboles	X	<b>Descripción:</b> La roca se encuentra poco meteorizada, presenta un color verde azulado, con poca presencia de humedad, tiene minerales característicos como cuarzo, se encuentra en una pendiente inclinada, a más de poca presencia de feldespatos.
	No vegetada		
	Pastos		
	Cultivos		
	Residencial		
<b>Pendiente</b>	Plana		
	Inclinada	X	
	Empinada		

Anexo 6. Ficha de muestreo afloramiento 4.

IDENTIFICACIÓN DE AFLORAMIENTOS EN EL "ÁREA MINERA MONTAÑITA I".			
<b>Afloramiento</b>	N: 4		<b>Fotografía</b>
<b>Coordenadas</b>	X	141672	
	Y	9669897	
<b>Formación</b>	Pallatanga		
<b>Grado de meteorización</b>	Bajo		
	Medio	X	
	Alto		
<b>Uso de terreno:</b>	Arbustos y arboles		<b>Descripción:</b> La roca se encuentra en una pendiente no muy inclinada, con un color gris verdoso, meteorización muy poca, muestra con la presencia de cristales alargados tipo hornblenda, a más la presencia de cuarzo no es mayor, con un tamaño de grano menor a los 8mm.
	No vegetada		
	Pastos	X	
	Cultivos		
	Residencial		
<b>Pendiente</b>	Plana	X	
	Inclinada		
	Empinada		

Anexo 7. Ficha de laboratorio afloramiento 1.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
CARRERA DE INGENIERÍA EN MINAS		
FICHA DESCRIPCIÓN LITOLOGICA AFLORAMIENTOS		
<b>Responsable</b>	Jefferson Vidal	
<b>Tipo de Roca</b>	Ignea	
<b>Código</b>	MMI-A1	
<b>Estación</b>	1	
<b>Ubicación de la muestra</b>	<b>Provincia</b>	Azuay
	<b>Cantón</b>	Camilo Ponce Enriquez
	<b>Parroquia</b>	El Carmen de Pujili
<b>Petrografia</b>		
<b>Roca</b>	Brecha	
<b>Color</b>	Gris verdoso	
<b>Tamaño de grano</b>	Mayor a 2 mm	
<b>Textura</b>	Piroclastica	
<b>Composición</b>	<b>Plagioclasas</b>	
	<b>Feldespatos</b>	
	<b>Cuarzo</b>	
<b>Minerales accesorios</b>	Cuarzo, calcita	



Anexo 8. Ficha de laboratorio afloramiento 2.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
CARRERA DE INGENIERÍA EN MINAS		
FICHA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA AFLORAMIENTOS		
<b>Responsable</b>	Jefferson Vidal	
<b>Tipo de Roca</b>	Igneá	
<b>Código</b>	MMI-A2	
<b>Estación</b>	2	
<b>Ubicación de la muestra</b>	<b>Provincia</b>	Azuay
	<b>Cantón</b>	Camilo Ponce Enriquez
	<b>Parroquia</b>	El Carmen de Pujili
<b>Petrografía</b>		
<b>Roca</b>	Andesita basáltica	
<b>Color</b>	Gris oscuro	
<b>Tamaño de grano</b>	Menor a 2 mm	
<b>Textura</b>	Afanítica	
<b>Composición</b>	<b>Plagioclasas</b>	65%
	<b>Feldespatos</b>	10%
	<b>Cuarzo</b>	15%
<b>Minerales accesorios</b>	Cuarzo, calcita	




Anexo 9. Ficha de laboratorio afloramiento 3.

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>		
<b>CARRERA DE INGENIERÍA EN MINAS</b>		
<b>FICHA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA AFLORAMIENTOS</b>		
<b>Responsable</b>	Jefferson Vidal	
<b>Tipo de Roca</b>	Igneá	
<b>Código</b>	MMI-A3	
<b>Estación</b>	3	
<b>Ubicación de la muestra</b>	<b>Provincia</b>	Azuay
	<b>Cantón</b>	Camilo Ponce Enriquez
	<b>Parroquia</b>	El Carmen de Pujili
<b>Petrografía</b>		
<b>Roca</b>	Andesita	
<b>Color</b>	Gris verdoso	
<b>Tamaño de grano</b>	Mayor a 2 mm	
<b>Textura</b>	Piroclástica	
<b>Composición</b>	<b>Plagioclasas</b>	45%
	<b>Feldespatos</b>	30%
	<b>Cuarzo</b>	5%
<b>Minerales accesorios</b>	Cuarzo, calcita	

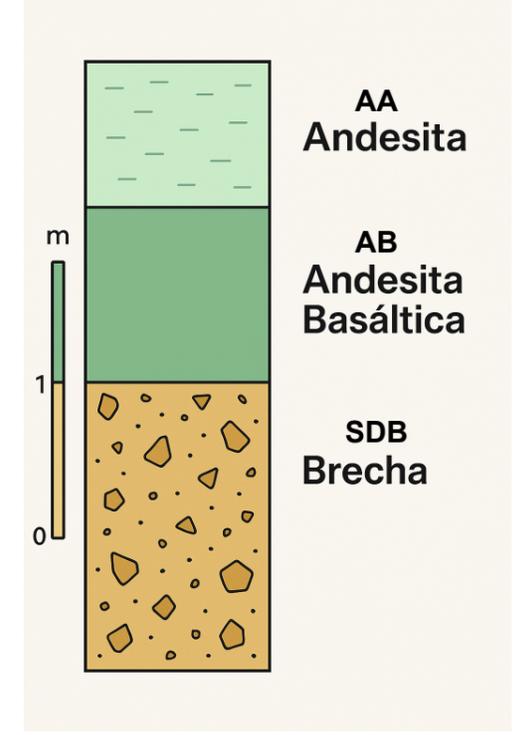
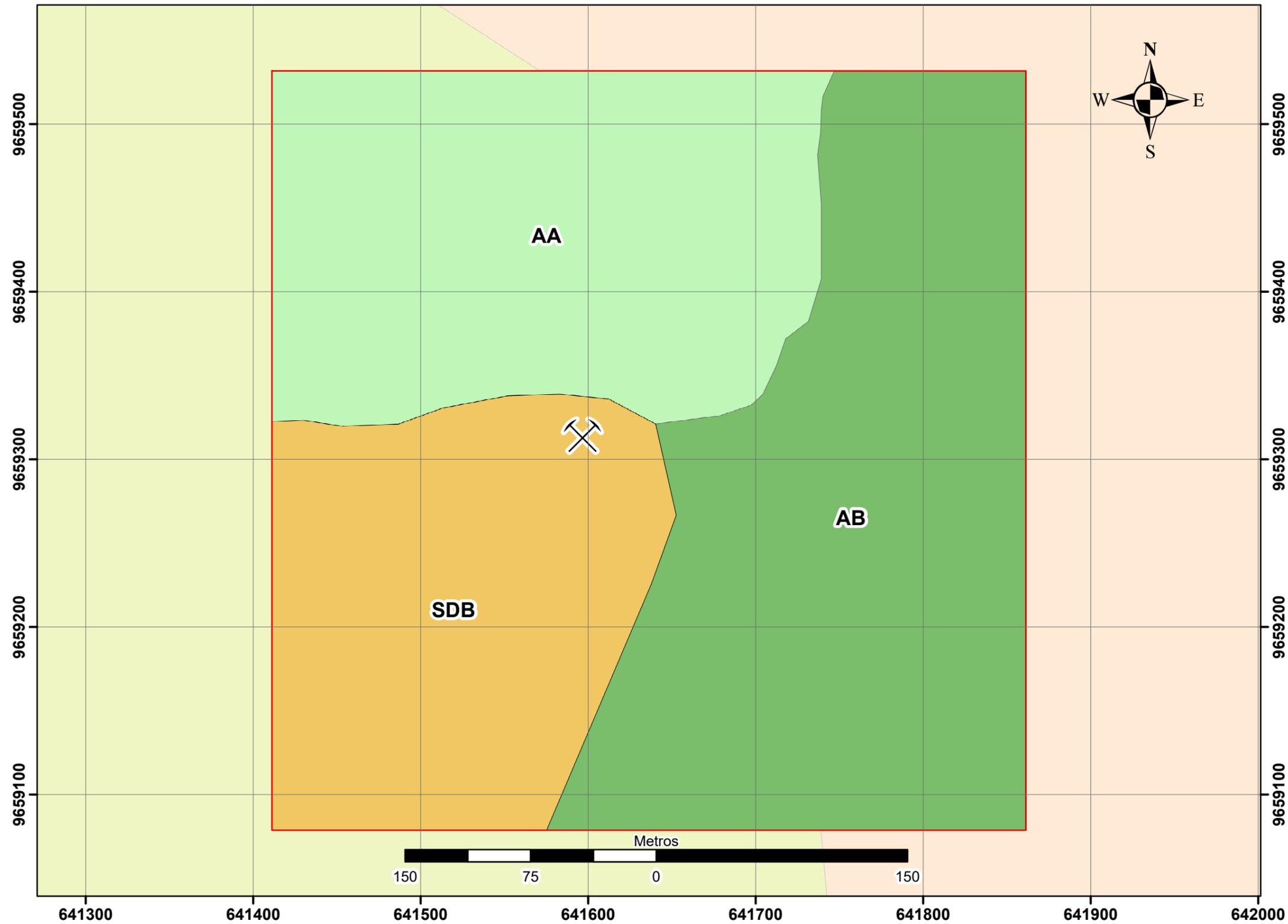


Anexo 10. Ficha de laboratorio afloramiento 4.

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>		
<b>CARRERA DE INGENIERÍA EN MINAS</b>		
<b>FICHA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA AFLORAMIENTOS</b>		
<b>Responsable</b>	Jefferson Vidal	
<b>Tipo de Roca</b>	Ignea	
<b>Código</b>	MMI-A4	
<b>Estación</b>	1	
<b>Ubicación de la muestra</b>	<b>Provincia</b>	Azuay
	<b>Cantón</b>	Camilo Ponce Enriquez
	<b>Parroquia</b>	El Carmen de Pujili
<b>Petrografía</b>		
<b>Roca</b>	Andesita	
<b>Color</b>	Azul verdoso	
<b>Tamaño de grano</b>	Mayor a 2 mm	
<b>Textura</b>	Afanítica	
<b>Composición</b>	<b>Plagioclasas</b>	55%
	<b>Feldespatos</b>	25%
	<b>Cuarzo</b>	15%
<b>Minerales accesorios</b>	Cuarzo, calcita, horblenda	



# GEOLOGÍA LOCAL ÁREA MINERA "MONTAÑITA 1"

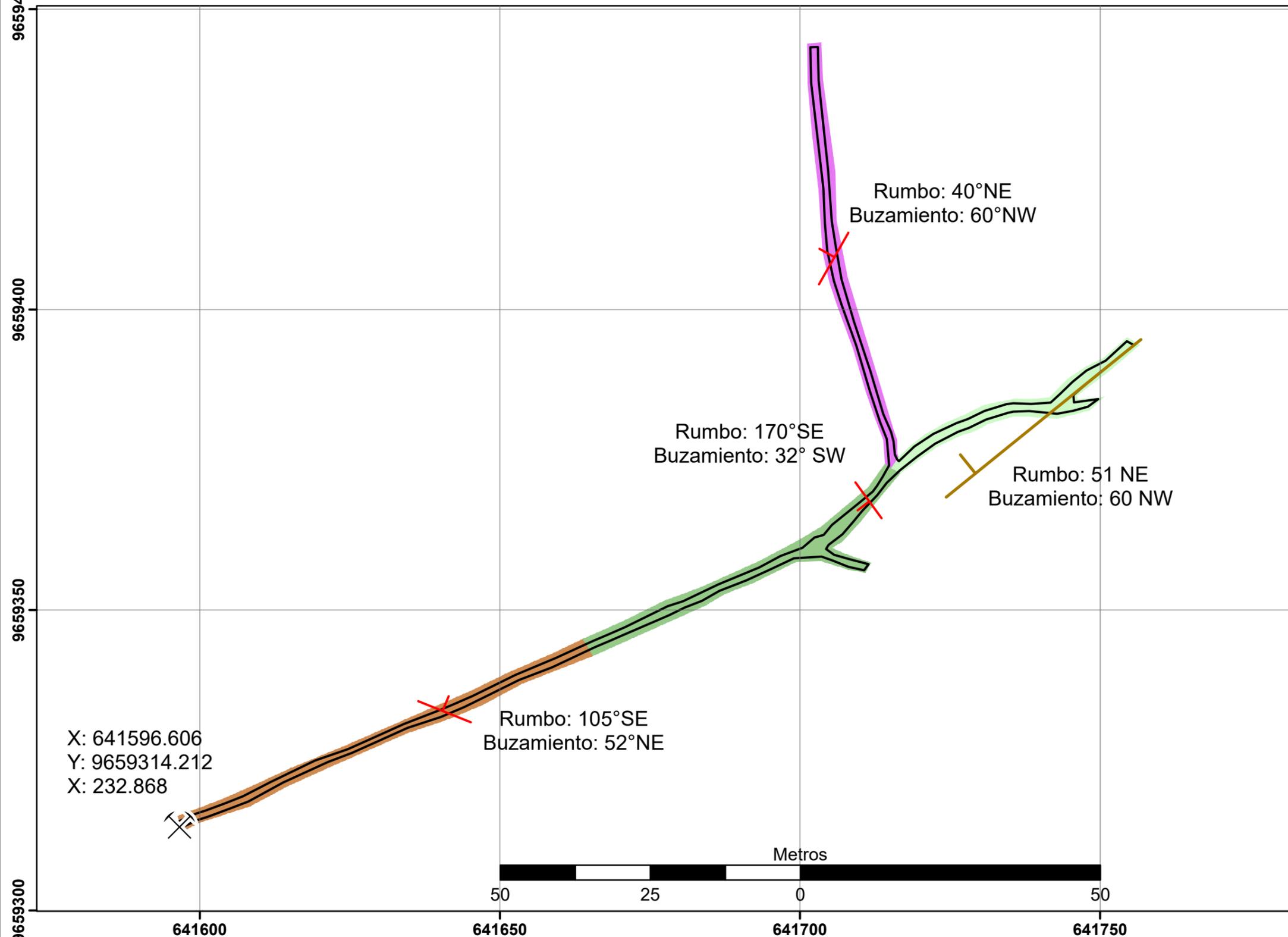


**Simbología**

- Área Minera Montañita 1
- ⚒ Mina Montañita 1

<b>Escala:</b> 1:2,500	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>	
Cantón: Camilo Ponce Enríquez Parroquia: Ponce Enríquez	Estudiante: Jefferson Vidal	
Sistema Internacional UTM WGS-84 Zona 17 S	Tutor: Ing. Ivan Puglla	
Geología Local - Área Minera Montañita 1		Fecha: 15/11/2024
		Lámina: 3

# GEOLOGÍA INTERIOR MINA AREA MINERA "MONTAÑITA 1"

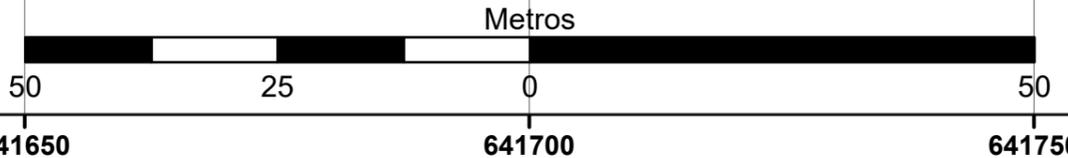


### Litología

- Alteración Arcillosa
- Andesita
- Andesita Basáltica
- Monzodiorita

### Simbología

- Boca Mina
- Fallas
- Veta
- Topografía



<b>Escala:</b> 1:700	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>	
Cantón: Camilo Ponce Enríquez Parroquia: Ponce Enríquez	Estudiante: Jefferson Vidal	
Sistema Internacional UTM WGS-84 Zona 17 S	Tutor: Ing. Ivan Puglla	
Geología Interior Mina - Área Minera Montañita 1		Fecha: 15/11/2024
		Lámina: 4

**Anexo 13.** Ficha de muestreo.

**FORMATO**  
**FORMATO DE RECOLECCION DE MUESTRAS.**

Nombre del recolector: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_ \_\_\_\_ \_\_\_\_

Nombre de la mina: \_\_\_\_\_ Provincia: \_\_\_\_\_

**Localización Geográfica.**

Sector: \_\_\_\_\_

Coordenadas de bocamina: X \_\_\_\_\_ Y \_\_\_\_\_

Altura de la bocamina: \_\_\_\_\_

**Croquis de la ubicación del frente:**

**Frente de explotación muestreado.**

**Perfil del frente.**

N. \* \_\_\_\_\_

Nombre del filón: \_\_\_\_\_

Distancia de bocamina: \_\_\_\_\_

Altura msnm: \_\_\_\_\_

Nivel: \_\_\_\_\_

**Descripción del filón.**

Dirección e inclinación: \_\_\_\_\_

Espesor: \_\_\_\_\_

Oxidación:

Total: \_\_\_\_\_ Parcial: \_\_\_\_\_ Nula: \_\_\_\_\_

**Mineralogía de la veta.**

Sulfuros: \_\_\_\_\_ Ganga: \_\_\_\_\_

Relación sulfuros/ganga: \_\_\_\_\_

**Zona de alteración. (zona arcillosa)**

Espesor: \_\_\_\_\_ Color: \_\_\_\_\_

Tipo de roca de caja: \_\_\_\_\_

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Anexo 14. Ficha formato de muestreo Muestra 1.

**FORMATO**

**FORMATO DE RECOLECCION DE MUESTRAS.**

MUESTRA # 1

Nombre del recolector: Jefferson Vidal. Fecha: 06 09 24

Nombre de la mina: Montano 1 Provincia: ACUAY

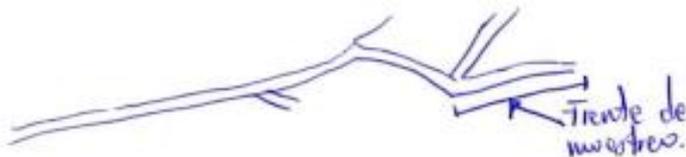
**Localización Geográfica.**

Sector: La Lopez / Camilo Dome Enriquez.

Coordenadas de bocamina: X 641596,606 Y 9659314,812.

Altura de la bocamina: 282,868

**Croquis de la ubicación del frente:**



**Frente de explotación muestreado.**

N.° 1

Nombre del filón: Veto 1

Distancia de bocamina: 280 m aproximados.

Altura msnm: 282,868

Nivel: 1

**Perfil del frente.**



**Descripción del filón.**

Dirección e inclinación: 135 / 60ND

Espesor: 20 cm

**Oxidación:**

Total: \_\_\_\_\_ Parcial: X Nula: \_\_\_\_\_

**Mineralogía de la veta.**

Sulfuros: \_\_\_\_\_ Ganga: X Matena: X

Relación sulfuros/ganga: \_\_\_\_\_

**Zona de alteración. (zona arcillosa)**

Espesor: \_\_\_\_\_ Color: \_\_\_\_\_

Tipo de roca de caja: Andesita

Observaciones: Presento presencia de cuarzo, limonita y arseno-pirita.

Anexo 15. Ficha formato de muestreo Muestra 2.

**FORMATO**  
**FORMATO DE RECOLECCION DE MUESTRAS.**

Muestra #2  
Nombre del recolector: Jefferson Vidal Fecha: 06 07 24  
Nombre de la mina: Montañito 1 Provincia: Away

**Localización Geográfica.**

Sector: La Lopez / Camilo Ponce Enríquez.

Coordenadas de bocamina: X 641346,606 Y 9659314,212

Altura de la bocamina: 232,868

**Croquis de la ubicación del frente:**



**Frente de explotación muestreado.**

N. \* 1

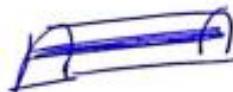
Nombre del filón: Veta 1

Distancia de bocamina: 280 m aproximados

Altura msnm: \_\_\_\_\_

Nivel: 1

**Perfil del frente.**



**Descripción del filón.**

Dirección e inclinación: 145 / 52 NO

Espesor: 35 cm.

**Oxidación:**

Total: \_\_\_\_\_ Parcial: X Nula: \_\_\_\_\_

**Mineralogía de la veta.**

Sulfuros: \_\_\_\_\_ Ganga: X Arena: X

Relación sulfuros/ganga: \_\_\_\_\_

**Zona de alteración. (zona arcillosa)**

Espesor: \_\_\_\_\_ Color: \_\_\_\_\_

Tipo de roca de caja: Amfibolita.

Observaciones: Existe presencia de arsenopinita y limonita.

Anexo 16. Ficha formato de muestreo Muestra 3.

**FORMATO**

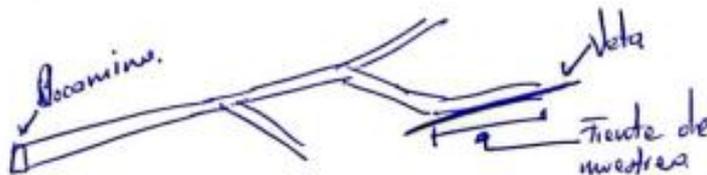
**FORMATO DE RECOLECCION DE MUESTRAS.**

*Muestra #3*  
Nombre del recolector: Jefferson Vidal R. Fecha: 06 09 24  
Nombre de la mina: Montonito 1 Provincia: Azway

**Localización Geográfica.**

Sector: La Lopez / Comiso Ponie Enríquez  
Coordenadas de bocamina: X 641596, 606 Y 9654314, 12  
Altura de la bocamina: 232,868

**Croquis de la ubicación del frente:**



**Frente de explotación muestreado.**

N.° 1  
Nombre del filón: Veta 1  
Distancia de bocamina: 290 m aproximados  
Altura msnm: \_\_\_\_\_  
Nivel: 1

**Perfil del frente.**



**Descripción del filón.**

Dirección e inclinación: 141 / 36 NO  
Espesor: 25 cm

**Oxidación:**

Total: \_\_\_\_\_ Parcial: X Nula: \_\_\_\_\_

**Mineralogía de la veta.**

Sulfuros: \_\_\_\_\_ Ganga: X Arena: X

Relación sulfuros/ganga: \_\_\_\_\_

**Zona de alteración. (zona arcillosa)**

Espesor: \_\_\_\_\_ Color: \_\_\_\_\_

Tipo de roca de caja: Andesita.

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Anexo 17. Ficha formato de muestreo Muestra 4.

**FORMATO**

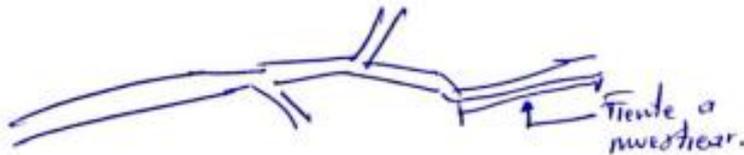
**FORMATO DE RECOLECCION DE MUESTRAS.**

Muestra # 4  
Nombre del recolector: Jefferson Alfredo Vielos Fecha: 06 07 24  
Nombre de la mina: Montanita 1 Provincia: Away

**Localización Geográfica.**

Sector: La Lopez / Comiso Ponce Enríquez  
Coordenadas de bocamina: X 641596, 606 Y 9659314, 212  
Altura de la bocamina: 232,868

**Croquis de la ubicación del frente:**



**Frente de explotación muestreado.**

**Perfil del frente.**

N.° 1  
Nombre del filón: Veta 1  
Distancia de bocamina: 298 m aproximados  
Altura msnm: \_\_\_\_\_  
Nivel: 1

**Descripción del filón.**

Dirección e inclinación: 198 / 43 NO  
Espesor: 12 cm.

**Oxidación:**

Total: \_\_\_\_\_ Parcial: X Nula: \_\_\_\_\_

**Mineralogía de la veta.**

Sulfuros: \_\_\_\_\_ Ganga: X Arena: X

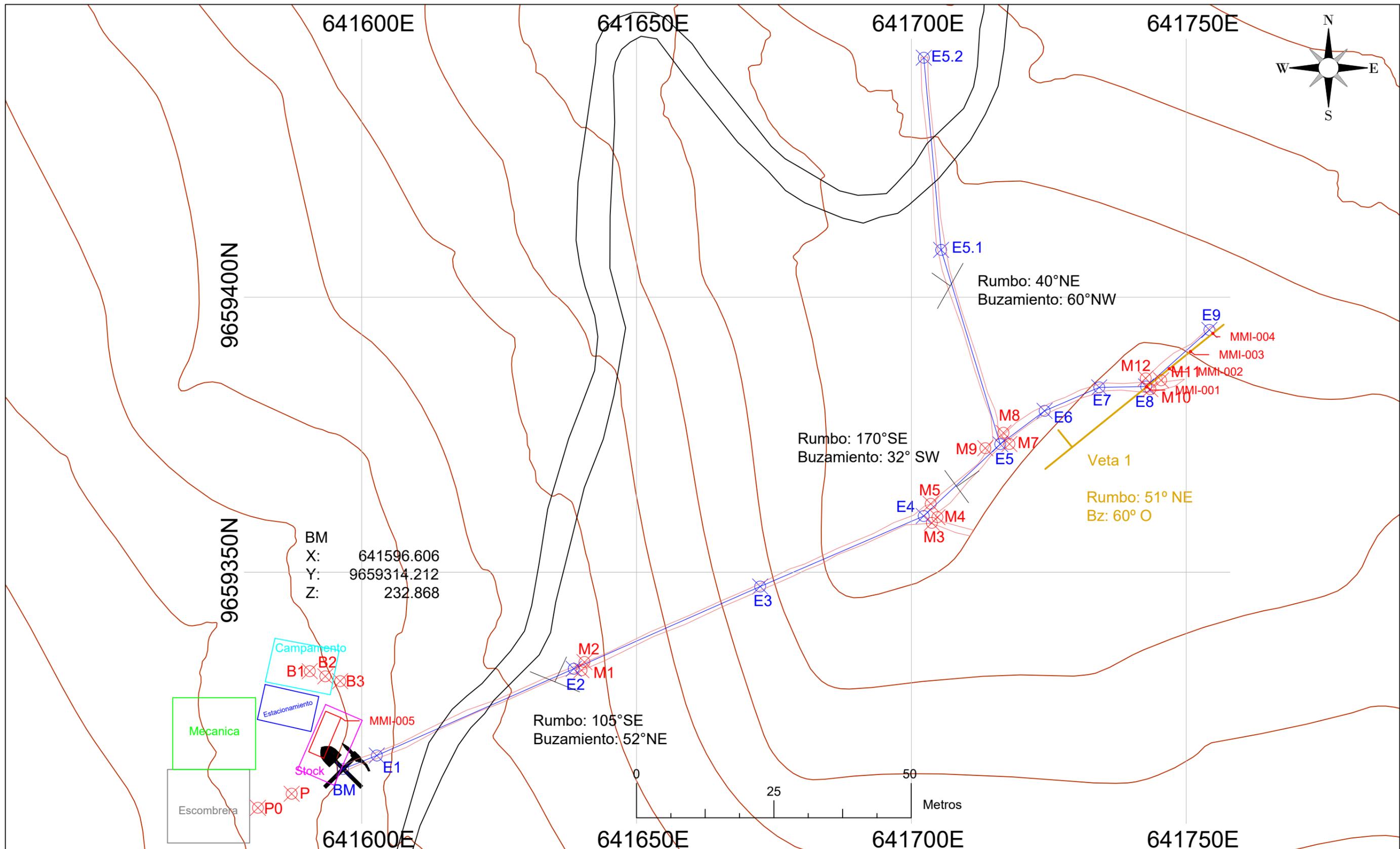
Relación sulfuros/ganga: \_\_\_\_\_

**Zona de alteración. (zona arcillosa)**

Espesor: \_\_\_\_\_ Color: \_\_\_\_\_

Tipo de roca de caja: Andesita

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



LEYENDA			
	Galería		Escombrera
	Eje		Mecanica
	Veta		Campamento
	Hitos		Estacionamiento
	Bocamina		Stock
			Vias

Escala: 1:700		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA	
Labor: Montañita 1		Estudiante: Jefferson Vidal	
Concesión: BELLA RICA - código 15		Tutor: Ing. Iván Puglla	
Cantón: Camilo Ponce Enríquez		Fecha: 15/11/2024	
Parroquia: Ponce Enríquez		Lámina: 1	
Sistema Internacional UTM WGS-84 Zona 17S		MAPA DE MUESTREO	

Anexo 19. Ensayo al fuego y absorción atómica.



## INFORME DE ENSAYO

Nº. 31997

<b>Cliente</b>	: <u>Jefferson Alfredo Vidal</u>
<b>Dirección</b>	: <u>Loja</u>
<b>Tipo de Muestra</b>	: <u>Mineral</u>
<b>Envase</b>	: Funda Plástica
<b>Condición de la Muestra</b>	: En buenas condiciones para analizar
<b>Recepción de Muestra Nº</b>	: 22211
<b>Fecha de Recepción de Muestras</b>	: 2024-09-16 08:19:27.0
<b>Fecha Inició Análisis</b>	: 2024-09-16
<b>Fecha Terminó Análisis</b>	: 2024-09-16
<b>Fecha de Emisión del Informe</b>	: 2024-09-16

Los datos subrayados son proporcionados por el cliente. Albexus no es responsable por dicha información.  
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio Albexus

Las actividades del laboratorio se realizan en la sede principal, Piñas.  
Los testigos de las muestras se almacenan por un periodo de 2 meses

**CINTHIA  
MELINA  
RIOS  
AGUILAR**

Digitally signed by CINTHIA  
MELINA RIOS AGUILAR  
DN: cn=CINTHIA MELINA  
RIOS AGUILAR,  
serialNumber=675223186-3,  
1012417423A, ou=ENTIDAD  
DE CERTIFICACION DE  
INFORMACION, o=SECURITY  
DATA S.A. S, c=EC  
Date: 2024.09.16 17:57:58  
+01'00'

**Cinthia Ríos Aguilar  
Jefe de Laboratorio**

ALB-FOR-07 Ver. 06 27/10/2023

**Página 1 de 2**

# INFORME DE ENSAYO

Nº. 31997

## RESULTADOS

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Comp.	Cod.	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Fe
	Nº	Alb.	g/t	g/t	%	%	%	%	%
MM1-001	1	121526	3.19	4.22	0.01	0.01	0.02	0.26	8.70
MM1-002	1	121527	1.48	4.25	0.01	0.01	0.01	0.33	6.29
MM1-003	1	121528	4.36	15.90	0.01	0.01	0.01	0.33	7.05
MM1-004	1	121529	3.81	3.18	0.01	0.01	0.01	0.47	8.79
MM1-005	1	121530	1.40	2.50	0.01	0.01	0.01	0.30	7.85

Comp. N°: Número de muestras que conforman el compuesto // Cod. Alb.: Código Alboxus

Los resultados solo están relacionados con los ítems de ensayo.

Las muestras fueron proporcionadas por el cliente.

### MÉTODOS:

1. Au, Ag: ALB-MET-01. Determinación de Au y Ag por ensayo al fuego.
2. Cu, Pb, Zn, AS, Fe: ALB-MET-02. Determinación de Metales por Digestión con HNO<sub>3</sub> (o) por Absorción Atómica.
3. Au, Ag (Pureza): ALB-MET-04. Determinación de Au y Ag por copelación en barras doré.
4. Humedad: NTP 122.015 1974 (Revisado el 2017). Contenido de Humedad.
5. Au (EF/AAS): ALB-MET-05. Determinación de Au por ensayos al fuego – AAS.
6. Cu (Volumetría): ALB-MET-06. Determinación de cobre por volumetría.

### COMENTARIOS:

FINAL DEL DOCUMENTO

## Anexo 20. Ensayo difracción de rayos X.



### Universidad Técnica Particular de Loja

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Geociencias

Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X

Cliente: Jefferson Vidal Rivera

Fecha: 20-09-2024

### INFORME DE DRX

A continuación, se presenta el informe de análisis mineralógico por Difracción de Rayos X de la muestra correspondiente al PED050; empleando el Difractómetro D8 ADVANCE, el software para determinación cualitativa y semicuantitativa HighScore Plus y la base de datos de la Crystallography Open Database.

Muestra	Fases Minerales	Semicuantificación (%)
MMI-001	Cuarzo	44.3
	Calcita	5.6
	Montmorillonita	0.5
	Illita	41.2
	Kaolinita	8.4
MMI-002	Cuarzo	32.0
	Calcita	20.2
	Illita	46.0
	Kaolinita	1.8
MMI-003	Cuarzo	62.2
	Calcita	9.5
	Magnetita	0.6
	Illita	27.7
MMI-004	Cuarzo	57.0
	Calcita	17.9
	Illita	17.3
	Kaolinita	7.8

<b>Muestra</b>	<b>Fases Minerales</b>	<b>Semicuantificación (%)</b>
<b>MMI-005</b>	Cuarzo	41.8
	Calcita	14.1
	Illita	35.6
	Kaolinita	8.5

Este análisis mineralógico semicuantitativo refleja la composición de la parte cristalina de la muestra. La misma puede contener fases amorfas. El laboratorio no se hace responsable por el muestreo previo al análisis.

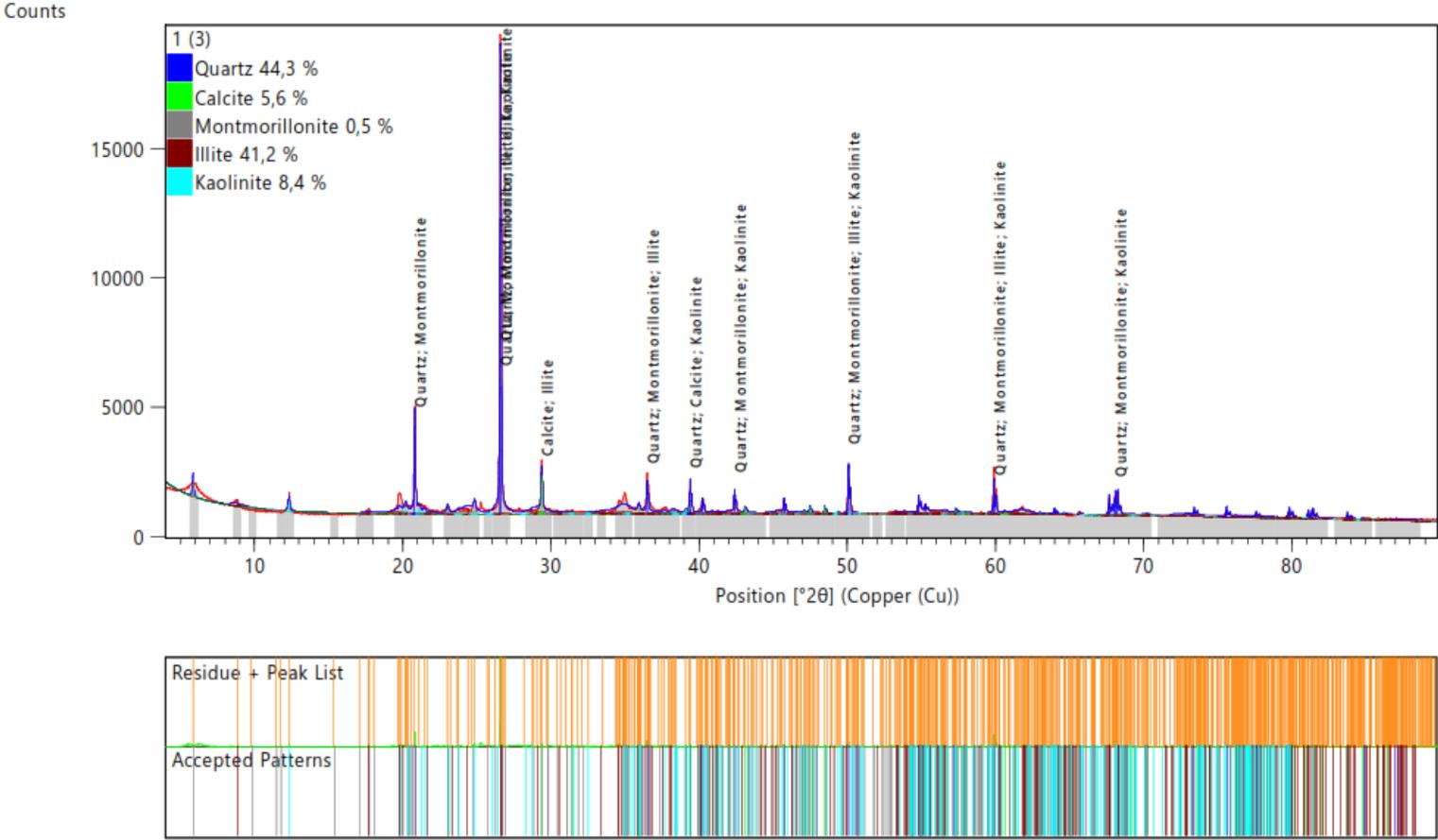


Mgtr. Renato Gonzalez Z.  
**Laboratorio de Beneficio de  
Minerales**

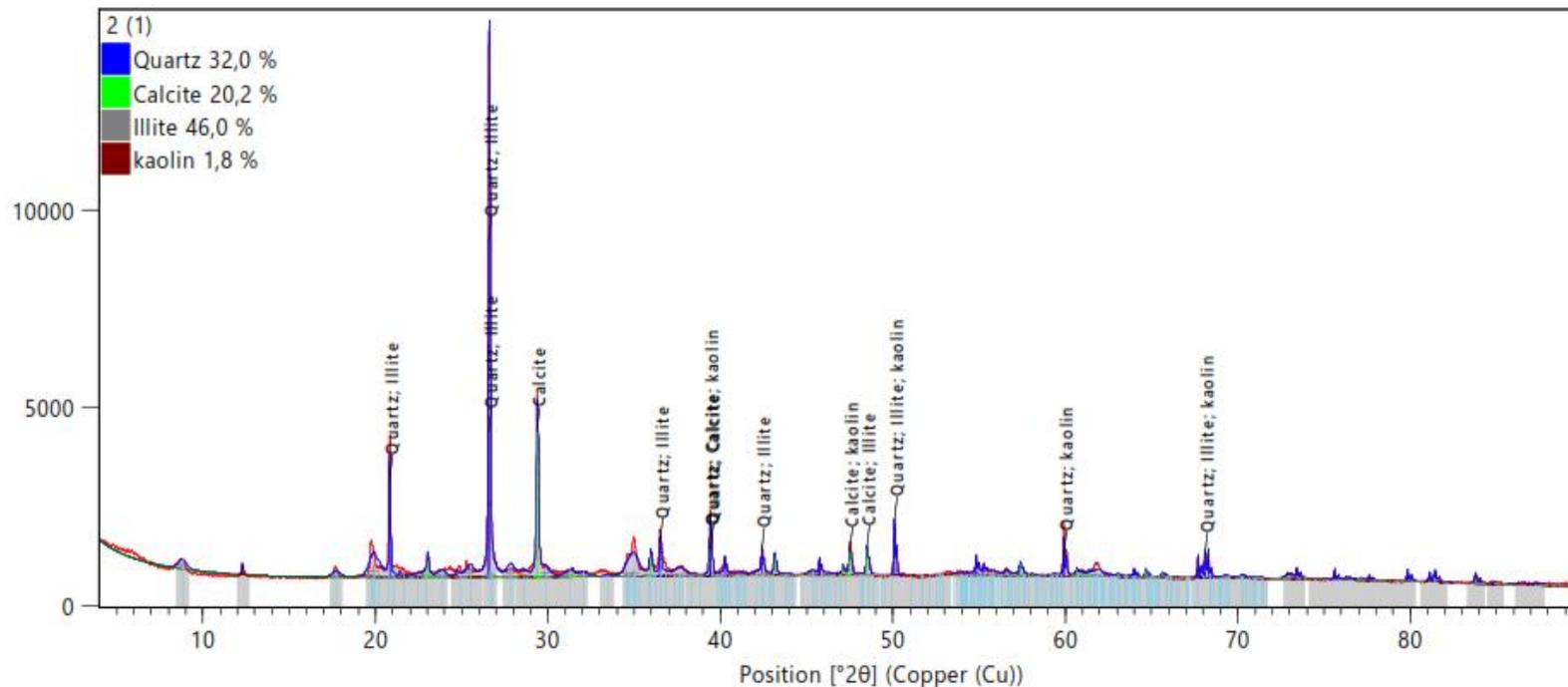
**P. D.:** Se adjuntan difractogramas

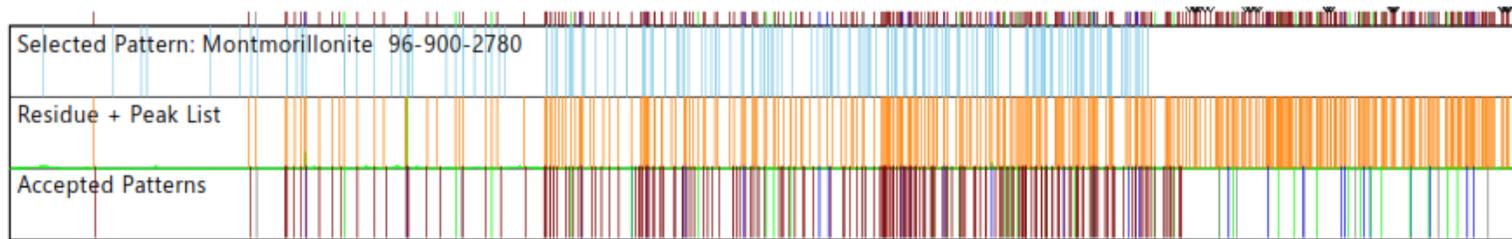
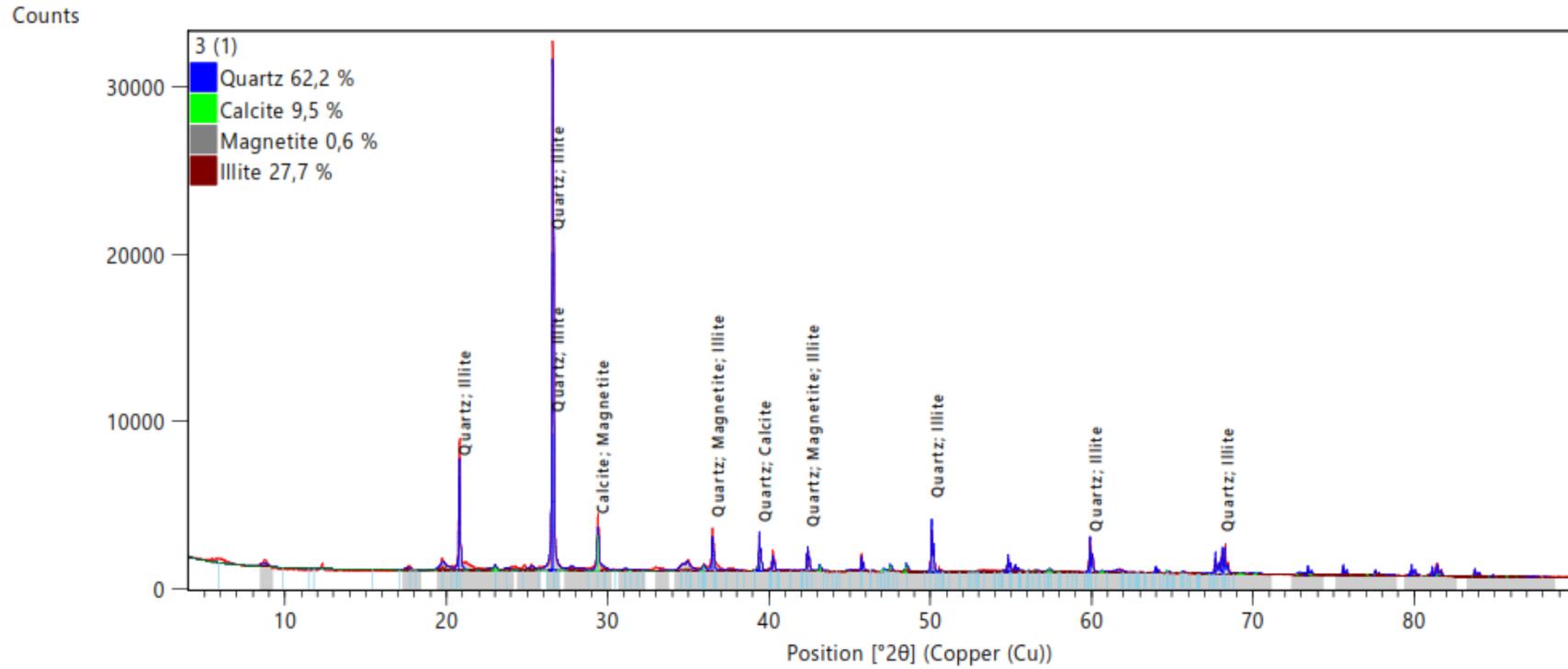
San Cayetano Alto s/n  
Loja-Ecuador  
Telf.: (093-7) 370 1444  
Informacion@utpl.edu.ec  
Apartado Postal: 11-01-608  
www.utpl.edu.ec

**Anexo 21.** Gráficas del espectro obtenidas de difractómetro de rayos X.

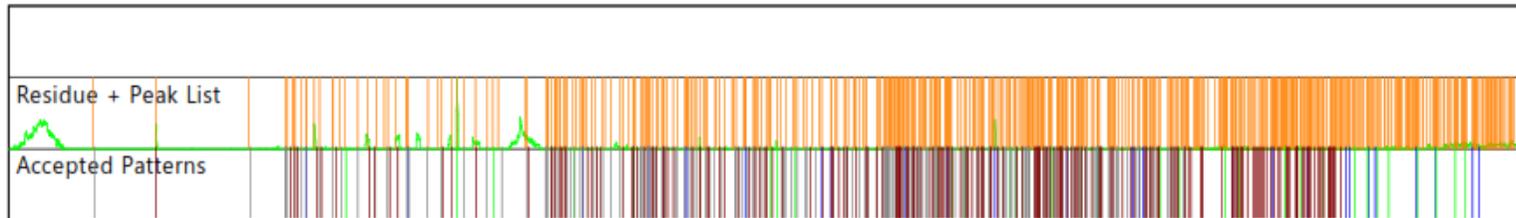
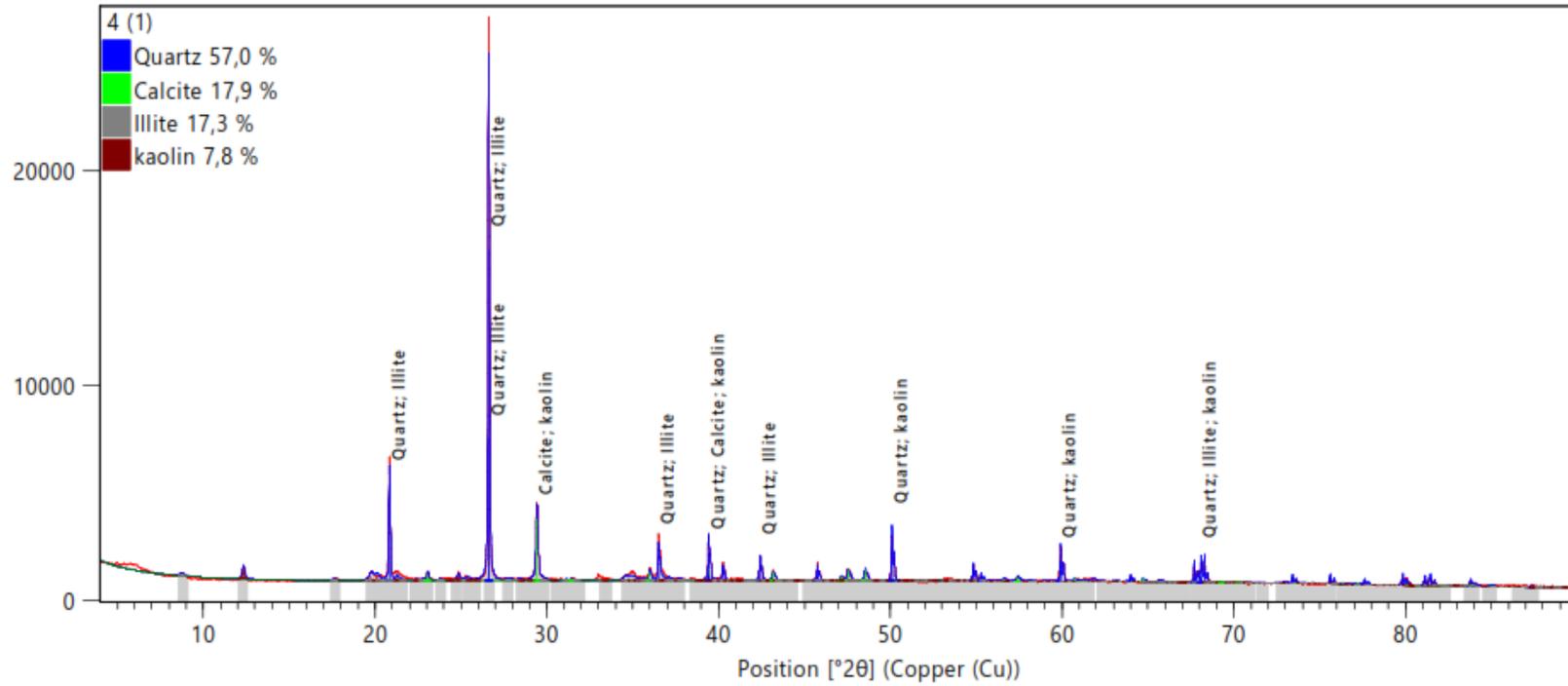


Counts

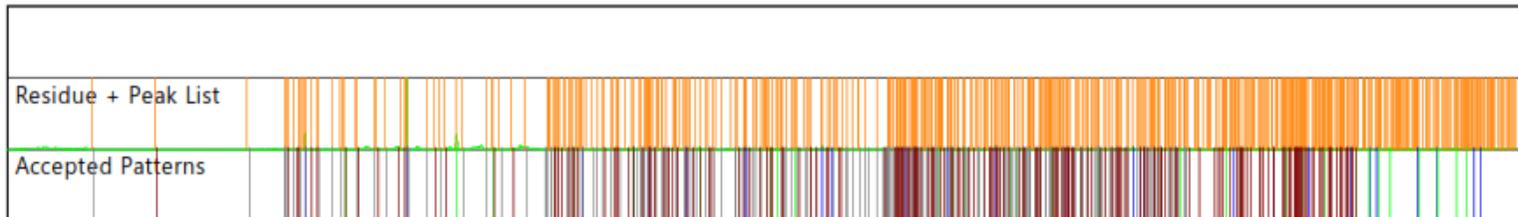
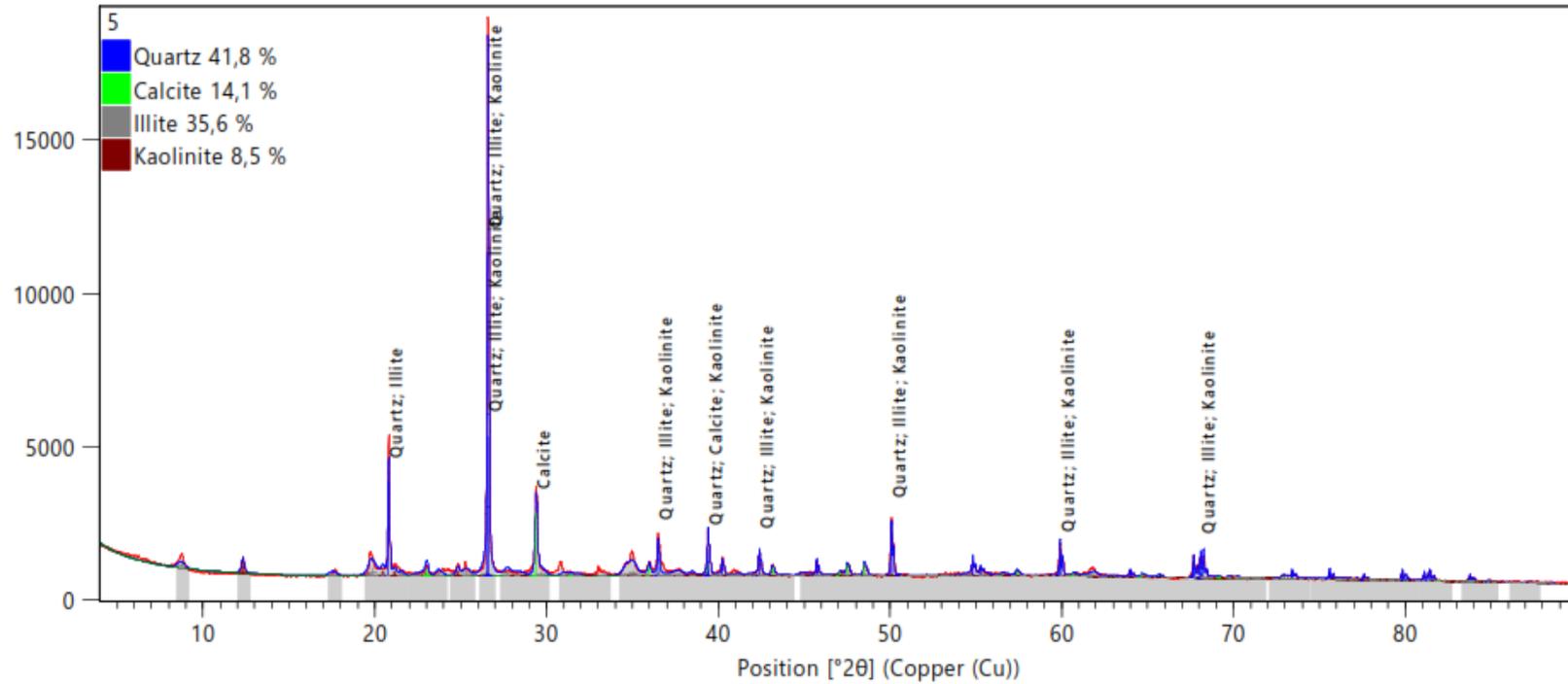




Counts



Counts



**Anexo 22.** Ensayo fluorescencia de rayos X.



**UTPL**  
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

**DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS  
LABORATORIO DE GEOQUÍMICA ANALÍTICA**

**Asunto:** Informe de Fluorescencia de Rayos X

**Método:** Mining Light Elements (MLE)

**Solicitante:** Jefferson Alfredo Vidal Rivera

**Fecha de entrega:** 20 de septiembre de 2024

En la siguiente tabla se presentan los valores de composición química, obtenidos mediante Fluorescencia de Rayos X (FRX) de las muestras correspondientes al Exp. 0050-2024, empleando el equipo Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X portátil marca Bruker S1 Turbo SD.

MUESTRA	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> (%)	<b>SiO<sub>2</sub></b> (%)	<b>MnO</b> (%)	<b>S</b> (%)	<b>K<sub>2</sub>O</b> (%)
	21.0	55.3	0.2	ND	1.7
MM1-001	<b>CaO</b> (%)	<b>PbO</b> (%)	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> (%)	<b>ZnO</b> (%)	-
	4.9	0.09	6.9	0.02	
MM1-002	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> (%)	<b>SiO<sub>2</sub></b> (%)	<b>MnO</b> (%)	<b>S</b> (%)	<b>K<sub>2</sub>O</b> (%)
	21.1	45.9	0.2	0.02	2.3
	<b>CaO</b> (%)	<b>PbO</b> (%)	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> (%)	<b>ZnO</b> (%)	-
	12.6	0.07	6.4	0.01	
MM1-003	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> (%)	<b>SiO<sub>2</sub></b> (%)	<b>MnO</b> (%)	<b>S</b> (%)	<b>K<sub>2</sub>O</b> (%)
	16.8	59.9	0.2	0.09	1.6
	<b>CaO</b> (%)	<b>PbO</b> (%)	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> (%)	<b>ZnO</b> (%)	-
	6.0	0.09	7.3	0.01	-
MM1-004	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> (%)	<b>SiO<sub>2</sub></b> (%)	<b>MnO</b> (%)	<b>S</b> (%)	<b>K<sub>2</sub>O</b> (%)
	15.2	58	0.2	0.21	0.9
	<b>CaO</b> (%)	<b>PbO</b> (%)	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> (%)	<b>ZnO</b> (%)	-

	13.3	0.1	8.3	ND	-
MM1-005	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> (%)	<b>SiO<sub>2</sub></b> (%)	<b>MnO</b> (%)	<b>S</b> (%)	<b>K<sub>2</sub>O</b> (%)
	19.2	47.9	0.2	0.18	1.7
	<b>CaO</b> (%)	<b>PbO</b> (%)	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> (%)	<b>ZnO</b> (%)	-
	9.1	0.09	5.5	ND	-

Estos resultados corresponden a la composición química de la muestra expresada en elementos mayoritarios (>1%), minoritarios (<1 a 0,1%) y trazas (ppm).

**ND:** No detectó.

**Observaciones:** El Na<sub>2</sub>O y Carbono no es analizado por FRX, pero la muestra los puede contener.

Universidad Técnica Particular de Loja (U.T.P.L.) y Laboratorio de Geoquímica Analítica se deslindan de toda responsabilidad civil, laboral y penal, derivado del protocolo de muestreo de las alicuotas ingresadas al laboratorio que puedan alterar los resultados del análisis, puesto que en este caso no fueron tomadas por un representante de la U.T.P.L.



**Ing. Carlos Roberto Correa J.**  
Técnico de Laboratorio de Geoquímica Analítica

## Anexo 23. Ensayo de cianuración.



### INFORME DE ENSAYOS

N° 25-1049

#### IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE:

Nombre/Razón Social: \* Jefferson Vidal  
Solicitante: \* N/A  
Dirección: \*

#### IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:

Tipo de Muestra: \* CUARZO  
Envase: \* Funda Plastica  
Condiciones de la Muestra: \* En buenas condiciones  
Fecha de Muestreo: \* 20/3/2025  
Referencia: \* N/A  
Orden de Trabajo N°: 25-0997  
Fecha de Recepción: 20/3/2025 17:30  
Fecha de Análisis: viernes, 21 de marzo de 2025  
Fecha de Emisión del Informe: 22/3/2025 14:25  
Análisis Solicitados: \* Au, Au/Cn

\* Datos proporcionados por el cliente. GoldenLabs no se responsabiliza por dicha información.

Las actividades del laboratorio se desarrollan en las instalaciones de GoldenLabs en el sector El Pache.

Los testigos de las muestras se almacenan por un periodo de 2 meses.



Los resultados de este informe solo son aplicables a las muestras analizadas. Está prohibida la reproducción parcial o total de este informe por cualquier medio sin la aprobación escrita de GOLDENLABS. El laboratorio se compromete a la imparcialidad y confidencialidad de la información de los resultados.

Dirección: Zaruma - El Oro, Avenida Principal Píñas - Zaruma, Zona Industrial El Pache.  
Teléfono: 0991518767  
E-mail: goldenlab@hormasol.es

E-FIS-GOLDEN-10-01-02  
Página 1 de 2

**INFORME DE ENSAYOS**

N° 25-1049

**RESULTADOS**

C - Lab	Comp. N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Elemento	Au Oro-Total	Au Oro-Clasado	Ag Plata-Total	Cobre	Arsenico	Consumo de Cal	Consumo de Cloruro	Tiempo de Agitación
			Unidades	g/l	g/l	g/l	%	%	kg/l	kg/l	horas
			Método	E.F	CN*	E.F	AA	AA	pH 11	VL	—
25-3215	1	CUARZO		2,80	2,60	4,00			2,50	2,00	12,00

C-Lab: Código que el laboratorio le asigna a la muestra.

Comp. N°: Número de muestra que confirma el compuesto.

Las muestras fueron proporcionadas por el cliente.

GoldenLabs no se responsabiliza por desviaciones relacionadas con el material.

La identificación de la muestra es proporcionada por el cliente. GoldenLabs no se responsabiliza por este parámetro.

**MÉTODOS:**

- Au Clasado: Determinación de Oro a través de Agitación Intensiva.

Autorizado y firmado por:



Gerente de GoldenLabs

**FIN DEL INFORME DE RESULTADOS**


Anexo 24. Ensayo de flotación.



**Golden Labs**  
LABORATORIO MINERO - METALÚRGICO

RUC: 0791831474001  
E-mail: goldenlab@hotmail.es  
www.goldenlab.com.ec  
Zaruma: 0981518787 / 0981055985  
Camilo Ponce Enriquez: 0980905978

INFORME DE ENSAYOS

**Razón Social:**  
**Solicitante:** Sr. Jefferson Vidal  
**Nombre del producto:** Cuarzo

**Referencia:** GL-N° 9058-25  
**Fecha de reporte:** 25/03/2025

PRUEBAS DE FLOTACION EXPERIMENTAL- CUARZO							
Las pruebas de flotacion se realizaron con los siguientes parametros							
El mineral presenta las siguientes leyes:							
Oro	2.80		g/t				
Plata	4.00		g/t				
<b>PRUEBA#1</b>							
Dilución	2/1						
Ph Natural :	7.0						
Ph operación:	7.0						
%MALLA -200	51.2						
<b>DOSIFICACION DE REACTIVOS:</b>				<b>PUNTO DE ADICIÓN:</b>			
NaSH	60 g/t			Acondicionador			
Xantato Z-6	40 g/t			Acondicionador			
Ditiofosfato 404	20 g/t			Acondicionador			
Ditiofosfato 208	40 g/t			Acondicionador			
Espumante 250	30 g/t			Acondicionador			
CuSO4	400 g/t			Acondicionador			
<b>BALANCE METALURGICO :</b>							
PRUEBA N°1							
PRODUCTO	%	LEYES (%)		RECUPERACIÓN (%)		RATIO	
	PESO	*Au	*Ag	Au	Ag	CONC.	
CABEZA CALCULADA	100.00	2.67	4.40	100.00	100.00		
CONCENTRADO BULK	3.55	15.40	28.87	20.49	23.29	28.17	
RELAVE	96.45	2.20	3.50	79.51	76.71		
CABEZA ENSAYADA		2.80	4.00				
<b>CONCLUSIONES:</b>							
De acuerdo al balance metalúrgico de oro se observa una recuperacion de 20.49 %							
con un radio de concentracion de 28.17 toneladas de cuarzo para obtener 1 tonelada de concentrado.							
En el concentrado se obtiene 15.40 gramos de oro por tonelada.							
El material se encuentra en estado oxidado, lo que dificulta la recuperación.							



JULIO ALBERTO  
RIGCHAG GONCHO

E.F-GL-01. (Ensayo al fuego)  
Métodos: \*E.F-GL-02. (Ensayo al fuego por retallas)  
A.A-GL-01 (Absorción atómica)  
GM. (Gravimétrico)

Ing. Químico Julio Rigchag G.  
Reg. SENESCYT 1011-08-840900

**Anexo 25.** Certificado de traducción.

**CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN**

Loja, 25 de enero de 2025

Yo, **Adriana Katherine Benitez Luna**, con cedula **1105213233**, Licencia en Ciencias de la Educación mención inglés. Registro Seneseyt 1031-2019-2074587

**CERTIFICO:**

Haber llevado a cabo la traducción del español al inglés del resumen del trabajo de integración curricular denominado: **Caracterización físico química y mineralógica del material de mena de la mina Montañita 1, Concesión minera Bella Rica Código 15, parroquia el Carmen de Pujili, cantón Camilo Ponce Enriquez, provincia Azuay del autor Jefferson Alfredo Vidal Rivera**, con número de cedula **1106030560**, estudiante de la Carrera de Minas de la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja. Dicho estudio se encontró bajo la dirección del **Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo Mg. Sc.**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Minas

Es todo cuanto puedo certificar con fidelidad a la verdad y concedo permiso al interesado para utilizar este documento en el ámbito académico correspondiente.

Atentamente,



**Adriana Katherine Benitez Luna**

**C.I.:1105213233**