



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales

No Renovables

Maestría en Minas, Mención Mineralurgia y Metalurgia Extractiva

Caracterización Físico-Química y Mineralógica proveniente del material de la mena 1, nivel 1 de la concesión minera El Faique código 485, Provincia de Loja cantón Macará, sector el Aguaje.

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Magíster en Minas, Mención Mineralurgia y Metalurgia Extractiva.

AUTOR:

Ing. Juan Gonzalo Torres Cartuche

DIRECTOR:

Ing. Byron Vinicio Samaniego Valle Mgs.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 28 de abril de 2023

Ing. Byron Vinicio Samaniego Valle Mgs.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización Físico-Química y Mineralógica proveniente del material de la mena 1, nivel 1 de la concesión minera El Faique código 485, Provincia de Loja cantón Macará, sector el Aguaje**, previo a la obtención del título de Magíster en Minas, Mención Mineralurgia y Metalurgia Extractiva, de la autoría del estudiante **Juan Gonzalo Torres Cartuche**, con **cédula de identidad N° 1103365753** una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Ing. Byron Vinicio Samaniego Valle Mgs.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Juan Gonzalo Torres Cartuche**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a 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 de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de Identidad: 1103365753

Fecha: 12/07/2023

Correo electrónico: juan.g.torres@unl.edu.ec

Teléfono: 0991501182

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica de texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Juan Gonzalo Torres Cartuche**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización Físico-Química y Mineralógica proveniente del material de la mena 1, nivel 1 de la concesión minera El Faique código 485, Provincia de Loja cantón Macará, sector el Aguaje**, como requisito para optar el título de **Magíster en Minas, Mención Mineralurgia y Metalurgia Extractiva**, autorizo al sistema Bibliotecario 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 de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información 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 Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los doce días del mes de julio del dos mil veintitrés.

Firma:

Autor: Juan Gonzalo Torres Cartuche

Cédula: 1103365753

Dirección: Loja-Ecuador

Correo electrónico: juan.g.torres@unl.edu.ec

Celular: 0991501182

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Byron Vinicio Samaniego Valle Mgs.

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, quien es el pilar fundamental para cada una de las actividades que realizo en mi vida

A mi amada esposa Heidi Celi y a mis hijos Nathalia, Adrián e Iñaki que son los pilares fundamentales de mi vida, y que siempre brindaron su amor paciencia y comprensión para sobrellevar de mejor manera este nivel académico.

A mi madre Vilma Cartuche que, gracias a su amor, sacrificio, me supo guiar por el camino de la vida, ahora en su enfermedad, recuerdo siempre sus palabras de superación para ser cada día mejor.

A mis hermanos por estar siempre presentes y haberme motivado y acompañado con su apoyo moral, y haber sembrado el espíritu de estudio y progreso.

Finalmente, a todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Juan Torres

Agradecimientos

Primero doy gracias a Dios por darme la vida y la fortaleza y cubirme de bendiciones para vivir cada día de mi existencia.

Agradezco a todos mis profesores quienes transmitieron sus invaluable conocimientos a lo largo de esta maestría, con su objetivo principal de formar profesionales de nivel competitivo.

Al Ing. Marcelo Mora representante legal del contrato de operación Nueva Unión de la concesión minera el Faique 485, quien mostró su predisposición para permitirme realizar el presente trabajo en sus labores mineras.

Hago extensiva mi gratitud a mi director de Trabajo de Titulación Ing. Byron Vinicio Samaniego Valle, por brindarme su guía y apoyo durante todo este trabajo.

Juan Torres

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos	vi
Índice de Contenidos.....	vii
Índice de tablas:.....	ix
Índice de figuras:.....	x
Índice de anexos.....	xii
1. Título	1
2. Resumen.....	2
2.1 Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	7
4.1. Yacimiento mineral	7
4.1.1. Clasificación según procesos de formación.....	7
4.1.2. Minerales auríferos	9
4.2. Técnicas de muestreo.....	9
4.3. Técnicas de caracterización de minerales.....	12
4.3.1. Técnicas convencionales	12
4.3.1.1. Difracción de rayos X.....	12
4.3.1.2. Microscopía óptica.....	13
4.3.1.3. Microsonda electrónica (EMP).....	13
4.3.1.4. Espectrometría de absorción atómica.....	13
4.4. Propiedades físico-químicas y mineralógicas de las rocas	14
4.4.1. Propiedades físicas	14
4.4.2. Propiedades químicas.....	15
4.4.3. Mineralogía	16
4.5. Procesos de beneficio mineral.....	17
4.5.1. Gravimetría.....	17
4.5.2. Cianuración.....	18
4.5.3. Flotación.....	19
4.5.4. Lixiviación (Carrasco, 2016)	20
5. Metodología	21
5.1 Área de estudio.....	21
5.1.1 Ubicación.....	21
5.1.2 Acceso	21
5.1.3 Geología Regional.....	22
5.1.4 Geología local.....	23
5.1.5 Descripción de las actividades en el área de estudio	24
5.2 Procedimiento	25

5.2.1	Diseño y enfoque de investigación.....	25
5.2.2	Tipo de investigación.....	25
5.2.3	Técnicas empleadas en el procedimiento.....	26
5.2.4	Recopilación de Información.....	26
5.2.5	Reconocimiento de campo	26
5.2.6	Muestreo.....	26
5.2.7	Preparación mecánica de muestras de rocas	28
5.2.7.1.	Procesamiento de muestras (etapas)	28
5.2.8	Ensayos de Laboratorio	30
5.2.8.1.	Propiedades físicas.....	30
5.2.8.2.	Química mineral.	33
5.2.8.3.	Ensayos de flotación.....	37
5.2.8.4.	Ensayos de cianuración.	38
6.	Resultados.....	39
6.1	Descripción geológica del yacimiento	39
6.1.1	Geología estructural.....	39
6.1.2	Yacimiento	40
6.2	Propiedades físicas del material de mena.....	40
6.3	Caracterización química del material de mena	41
6.4	Análisis mineralógico	44
6.5	Ensayos de flotación	46
6.6	Ensayos de cianuración	47
7.	Discusión	48
8.	Conclusiones	51
9.	Recomendaciones	52
10.	Bibliografía.....	53
11.	Anexos.....	55

Índice de Tablas:

<i>Tabla 1. Resultados de las Propiedades Físicas del Material de Mena</i>	41
<i>Tabla 2. Resultados de Ley de Au por Ensayo al Fuego</i>	41
<i>Tabla 3. Resultados de Análisis Químico por Absorción Atómica para Diferentes Elementos</i>	42
<i>Tabla 4. Ensayo de fluorescencia de rayos X</i>	42
<i>Tabla 5. Resultado Mineralógico por Fusión Alcalina</i>	43
<i>Tabla 6. Ensayos difracción de rayos X</i>	44
<i>Tabla 7. Leyes de material</i>	46
<i>Tabla 8. Pruebas de flotación</i>	46
<i>Tabla 9. Leyes de recuperación</i>	47
<i>Tabla 10. Resultados de cianuración</i>	47
<i>Tabla 11. Umbrales económicos para explotación</i>	49
<i>Tabla 12. Metal equivalente</i>	49

Índice de Figuras:

Figura 1. Red de Fracturas del Tipo Stockwork en Sulfuros	8
Figura 2. Muestreo ranurado continuo	10
Figura 3. Muestreo ranurado discontinuo	10
Figura 4. Muestreo material extraído	11
Figura 5. Muestreo en masa	11
Figura 6. Muestreo en sondeos.....	12
Figura 7. Difracción rayos X.....	13
Figura 8. Espectrofotómetro de absorción atómica.....	14
Figura 9. Determinación de peso específico	15
Figura 10. Beneficio por gravimetría	18
Figura 11. Ensayos de cianuración.....	18
Figura 12. Beneficio por flotación	19
Figura 13. Proceso de obtención de metales por lixiviación.....	20
Figura 14. Mapa de ubicación del área minera El Faique	21
Figura 15. Acceso al área minera “El Faique”	22
Figura 16. Dominios Litotectónicos del sur de Ecuador y norte de Perú.....	23
Figura 17. Mapa geológico del área concesionada	24
Figura 18. Toma de muestra 1.....	27
Figura 19. Toma de muestra 2.....	27
Figura 20. Toma de muestra 3.....	27
Figura 21. Diagrama de flujo para el procesamiento de muestras.	28
Figura 22. Secador de muestras.....	28
Figura 23. Equipos de Trituración y Molienda	29
Figura 24. Homogenización y cuarteo	29
Figura 25. Homogenización y cuarteo	30
Figura 26. Determinación densidad y peso específico por el método del picnómetro.....	31
Figura 27. Pesado del material en balanza de 3 dígitos	32
Figura 28. Ensayo al fuego.....	33
Figura 29. Proceso de fundición.....	34
Figura 30. Obtención de dore.....	34
Figura 31. Lixiviación de oro.....	35
Figura 32. Espectrofotómetro.....	35

Figura 33. Difractómetro rayos X	36
Figura 34. Equipo de fluorescencia de rayos X	37
Figura 35. Lámina delgada JT-00001-M1-T	45
Figura 36. Lámina delgada JT-00002-M2-T	45

Índice de Anexos:

Anexo 1.	Ensayo de leyes minerales.....	55
Anexo 2.	Ensayo de flotación	56
Anexo 3.	Ensayo de flotación	57
Anexo 4.	Ensayo de cianuración.....	58
Anexo 5.	Ensayos físicos de rocas	59
Anexo 6.	Láminas delgadas	60
Anexo 7.	Ubicación georreferenciada del área minera	61
Anexo 8.	Ensayos químicos.....	61
Anexo 9.	Certificado de Traducción.....	63

1. Título

Caracterización Físico-Química y Mineralógica proveniente del material de la mena 1, nivel 1 de la concesión minera El Faique código 485, Provincia de Loja cantón Macará, sector el Aguaje.

2. Resumen

El área minera “El Faique”, código 485 se ubica en la parroquia Macará, cantón Macará, provincia de Loja, se encuentra dentro la cuenca del río Macara donde afloran rocas y tobas volcánicas de la formación Celica, cercana al contacto del intrusivo de Tangula se encuentran mineralizaciones en forma de depósitos de stockwork de oro, y escasa plata y vetas y vetillas de cuarzo; además se hallan asociados a minerales secundarios como la pirita diseminada, clorita, carbonatos de calcio y menor proporción.

La presente investigación tiene por objetivos realizar los análisis físicos como son peso específico, porosidad, contenido de humedad y pH del material de mena; análisis químicos para determinar la composición química de las muestras mediante la espectroscopía de absorción atómica, ensayos de fluorescencia de rayos X como análisis semicuantitativo para determinar la mineralogía y análisis de ensayo al fuego para determinar tenores de minerales de interés económico; de igual forma se realizó análisis mineralógicos para conocer cuantitativamente los minerales presentes en el material de mena a través de difracción de rayos X. A partir de los análisis mineralógicos y petrográficos, y de química mineral del material de mena del sector, se determinaron características del oro como asociaciones minerales. Se ejecutaron ensayos de flotación y cianuración en base a las características de la mena aurífera, con el fin de definir los procesos más pertinentes que se puede aplicar en una planta de beneficio.

Esta investigación permite recomendar el método idóneo para el proceso de beneficio o recuperación del mineral de interés (oro), a partir de las variaciones en los tamaños de grano de oro, presencia de minerales que dificultan la recuperación mineral, y el tipo de litología en el cual se encuentra emplazada la mineralización. Si bien todo el depósito presenta texturas que benefician la liberación del oro, la presencia de tamaños de granos de oro menores a 1,0 mm apunta hacia un proceso de recuperación mineral, mediante el proceso de lixiviación por agitación mecánica (cianuración), con procesos de recuperación de 90% de oro; también se podría realizar mediante flotación y su recuperación podría ascender al 97%, pero se debe analizar si es o no económicamente rentable.

PALABRAS CLAVE: *Procesos hidrotermales, stockwork, absorción atómica, flotación, cianuración, lixiviación.*

2.1 Abstract

The mining area “El Faique”, code 485 is located in the Macará district, Macará canton, province of Loja, it is within the Macará river basin where volcanic rocks and tuffs of the Celica formation outcrop, close to the contact of the Tangula intrusive, there are mineralizations in the form of gold stockwork deposits, and scarce silver and quartz veins and veinlets; they are also associated with secondary minerals such as disseminated pyrite, chlorite, calcium carbonates and lesser proportion.

The objectives of this investigation are to perform physical analysis such as specific weight, porosity, moisture content and pH of the ore material; chemical analysis to determine the chemical composition of the samples by atomic absorption spectroscopy, X-ray fluorescence assays as a semiquantitative analysis to determine the mineralogy and fire assay analysis to determine mineral contents of economic interest; likewise, mineralogical analysis was performed to quantitatively determine the minerals present in the ore material through X-ray diffraction. From the mineralogical and petrographic analyses, and mineral chemistry of the ore material of the sector, gold characteristics were determined as mineral associations. Flotation and cyanidation tests were carried out based on the characteristics of the gold ore, in order to define the most relevant processes that can be applied in a beneficiation plant.

This investigation allows recommending the most suitable method for the beneficiation or recovery process of the mineral of interest (gold), based on the variations in gold grain sizes, the presence of minerals that hinder mineral recovery, and the type of lithology in which the mineralization is located. Although all the deposit presents textures that benefit the gold liberation, the presence of gold grain sizes smaller than 1.0 mm points towards a mineral recovery process, by means of the leaching process by mechanical agitation (cyanidation), with recovery processes of 90% of gold, it could also be carried out by flotation and its recovery could reach 97%, but it should be analyzed if it is economically profitable or not.

KEY WORDS: Hydrothermal processes, stockwork, atomic absorption, flotation, cyanidation, leaching.

3. Introducción

La minería es una actividad económica, perteneciente al sector primario, que consiste en la extracción de minerales y elementos comercializables del interior de la corteza terrestre. Estos materiales se hallan formando depósitos o yacimientos de miles de años de antigüedad geológica.

En base a las investigaciones anteriores realizadas por la Dirección Nacional de Geología (DINAG (Bateman, 1982)E 1990), Ecuador es un país de grandes riquezas naturales con un elevado potencial geológico-minero, evidenciando la presencia de oro, plata, cobre y zinc, en los depósitos metálicos del territorio ecuatoriano; pudiendo identificar distritos mineros, los cuales se encuentran tipificados por su particular estilo de mineralización, siendo uno de ellos el Distrito Celica - Macará, donde se desarrollan labores mineras, incluyendo la etapa de beneficio del mineral aunque de una manera no industrial. (Prodeminca, 2000)

El área minera El Faique código 485, perteneciente a la Sociedad Minera El Faique, se ubica en la provincia de Loja, cantón Macará, parroquia Macará, sector El Aguaje; es un proyecto de exploración y explotación de pequeña minería investigando su primer nivel subterráneo; en la actualidad el material mineralizado aurífero no se procesa su material de mena dentro de la misma, se lo transporta a las plantas de beneficio de Portovelo; por lo que los propietarios desean que se instale y se construya una planta de beneficio para la extracción del mineral oro (Au). Se hace necesario investigar la mena y realizar la caracterización físico-químico y mineralógico del material para determinar y elegir el proceso de beneficio, tanto de conminución y metalúrgico pertinente mediante el cual se va obtener el mineral de interés en forma económicamente rentable.

La mejora y control del análisis mineralógico aplicando los métodos metalúrgicos por medio de una técnica no muy costosa, realizando ensayos de cianuración y flotación, contribuirá sin duda a optimizar la economía del proceso. Permitirá diseñar una tecnología de aplicación rápida y eficaz, poco costosa para ser asequible a dicho sector, pero que incremente siempre los beneficios del pequeño minero, única forma de que le resulte atractiva y así, mejorando el proceso de recuperación de oro, evite los efectos, inevitablemente negativos para el medio ambiente, disminuyendo su contaminación en el sector sur ecuatoriano.

El propósito de la investigación es desarrollar la caracterización físico - química del material de la mena 1 en el nivel 1 del área minera El Faique, elaborar el análisis mineralógico por difracción de rayos X y espectrometría de absorción atómica de las muestras obtenidas del material de la mena 1 en el nivel 1 del área minera, y proponer un proceso metalúrgico en base

a pruebas de oro libre o visible, cianuración y flotación: pertinente y óptimo de recuperación del oro primario de acuerdo con las características del material de mena investigado.

El beneficio de menas auríferas en la zona de Macará plantea uno de los más difíciles retos para el minero y el metalurgista. Se trata de menas, típicamente, de baja ley, con finas granulometrías y, con frecuencia, de mineralogía y textura complejas. En estas condiciones, el estudio microscópico cuantitativo, que habitualmente proporciona un apoyo útil al mineralurgista, debe superar difíciles problemas de representatividad estadística, de resolución eficaz de partículas muy finas, de precisión en la medida de los parámetros geométricos de éstas, etc.

Objetivos:

Objetivo General:

Evaluar las características del material mineralizado proveniente de la mena 1 en el nivel 1 del área minera El Faique; provincia de Loja, cantón Macará, sector El Aguajal; mediante la aplicación de métodos físico - químicos, mineralógicos y metalúrgicos.

Objetivos específicos:

- Desarrollar la caracterización físico - química del material de la mena 1 en el nivel 1 del área minera El Faique.
- Determinar el análisis mineralógico por difracción de rayos X y espectrometría de absorción atómica de las muestras obtenidas del material de mena en el nivel 1 del área minera El Faique.
- Proponer un proceso metalúrgico en base a pruebas de oro libre, cianuración y flotación: pertinente y óptimo de recuperación del oro primario de acuerdo con las características del material de mena investigado.

4. Marco teórico

4.1. Yacimiento mineral

Un yacimiento mineral es una formación dentro de la corteza terrestre con una concentración estadísticamente significativa de minerales. Esto, como consecuencia de procesos geológicos que han producido la acumulación de materia prima.

Los yacimientos pueden clasificarse según el ambiente tectónico, el ambiente de formación, la forma o simetría, el contenido de elementos químicos o los procesos de formación. (Instituto Colombiano, 2010).

4.1.1. Clasificación según procesos de formación

Según (Bateman, 1982), los yacimientos minerales tanto metalíferos como no metálicos, son acumulaciones o concentraciones de una o más sustancias útiles que en su mayoría están distribuidos escasamente en la corteza exterior de la tierra. De acuerdo a su genética (Smirnov, 1982), clasifican los yacimientos en:

Endógenos: Se producen en las entrañas de la Tierra y son vinculados con la actividad magmática o las transformaciones metasomáticas de las rocas, transcurren a la temperatura y presiones altas.

Yacimientos hidrotermales: Son creadas por soluciones gaseoso-líquidas mineralizadas calientes que circulan bajo la superficie de la tierra, las acumulaciones minerales de origen hidrotermal se forman tanto a consecuencia de la depositación de masas minerales en las oquedades de las rocas, de esta forma los yacimientos hidrotermales dependen, de la morfología de las cavidades acumuladoras de mineral y de los contornos de las rocas que son sustituidas.

Los geólogos atribuyen a los procesos hidrotermales una gran variedad de depósitos minerales metálicos de los que se obtiene la mayor parte del oro, plata, cobre, plomo, zinc, mercurio, antimonio y molibdeno. Las formas más típicas son: stocks, las bolsas, stockwork, los lentes, los depósitos estratificados y los cuerpos combinados complejos (Smirnov, 1982). Se pueden clasificar en:

Hipotermiales: Predomina la sustitución en condiciones de altas temperaturas y presiones máximas.

Mesotermal: Presiones y profundidades medias, a temperaturas de (300° a 200°C).

Epitermales: Aquellos depósitos en los que la mineralización ocurrió a escasa profundidad (alrededor de 12km de profundidad) a temperaturas de 50° a 200°C.

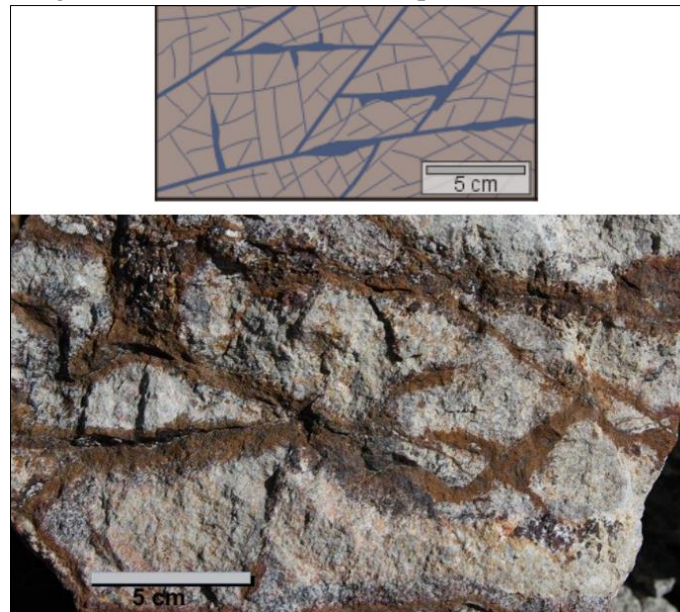
(Bateman, 1982) clasificó a los yacimientos en función del mecanismo de acumulación de minerales:

Filones: Es una masa de mineral tabular que ocupa una o más fisuras, los filones de fisura son rellenos de cavidades de gran variedad de minerales y metales.

Yacimientos de cizallamiento: Se produce alguna deposición en el interior de la vetas y grietas en forma de granos finos o placas delgadas de minerales.

Stockworks: Es una red entrelazada de pequeñas vetas portadoras de mineral que atraviesan una masa rocosa. Figura 1

Figura 1. Red de Fracturas del Tipo Stockwork en Sulfuros



Fuente: Mineral Resources and Geofluids 2013.

Cada una de estas pequeñas venas pocas veces rebasa la anchura de unos centímetros y la longitud de unos pocos metros y la separación entre sí oscila entre unos centímetros o decímetros. Los stockworks dan minerales de estaño, oro, plata, molibdeno, cobalto, plomo, zinc, mercurio y asbesto (ver Figura 1).

Vetas escalonadas: Se extienden en forma paralela de pared a pared del dique, estas aberturas pueden contener tal cantidad de mineral que forman depósitos auríferos.

Depósitos de rellenos de brechas: La disposición fortuita de fragmentos de roca angulosos en las brechas da origen a numerosos huecos que permiten la entrada de soluciones mineralizadas.

Mena

Es el mineral cuya explotación presenta interés, en general, es un término que se refiere a minerales metálicos y que designa al mineral del que se extrae el elemento químico de interés (Cu de la calcopirita, Hg del cinabrio, oro nativo), etc. En este caso de los minerales metálicos,

se requiere un tratamiento de la mena, que en general comprende dos etapas: el tratamiento mineralúrgico y el metalúrgico.

4.1.2. Minerales auríferos

El oro no se encuentra en la naturaleza formando compuestos. La presentación habitual es en estado nativo o formando aleación, generalmente con plata (electrum). En la naturaleza aparece diseminado en pequeñas cantidades y se halla comúnmente en filones que tienen relación de formación con rocas ígneas de tipo silíceo.

La principal fuente de oro se encuentra en filones hidrotermales de cuarzo y oro, asociado con la piritita y otros sulfuros, donde el oro fue depositado por soluciones minerales ascendentes que lo contenían. (Ros, 2017).

1. Menas de oro nativo, en las cuales el metal precioso puede recogerse mediante separación por gravedad, amalgamación y/o cianuración.
2. Oro asociado con sulfuros, donde el oro se puede encontrar en forma de partículas libres o diseminadas en los sulfuros.
3. Teluros de oro, generalmente aparecen junto con oro nativo y sulfuros.
4. Oro en otros minerales, con arsénico y/o antimonio, minerales de plomo y zinc y con materiales carbonáceos.

Estas son algunas de las clasificaciones que se pueden encontrar, desde el punto de vista de la extracción de oro se pueden considerar dos grandes grupos de minerales de oro, los no refractarios y los refractarios.

4.2. Técnicas de muestreo

Una de las operaciones más importantes, tanto en los trabajos de prospección como en los de exploración de los yacimientos minerales, es el muestreo geológico. El muestreo geológico, es el único método para determinar la calidad de las menas.

Por intermedio del muestreo se estudian las propiedades físicas, contenido de elementos químicos presentes, además de las características técnicas de los minerales y las rocas encajonantes. (Instituto Colombiano, 2010).

Existen múltiples maneras de coleccionar muestras. La escogencia depende de la información que se pretende coleccionar.

Ranurado continuo (“Channel sampling”). - Según (Carranza, 2021) consiste en la excavación de un canal estrecho y continuo, bien a lo largo de la capa o veta o bien en ángulo recto al trazado de ésta. Se puede observar en la Figura 2.

Las dimensiones de la acanaladura suelen ser del orden de 8-10 cm de anchura por 2-3 cm de profundidad, manteniéndose estas dimensiones lo más constantes posible.

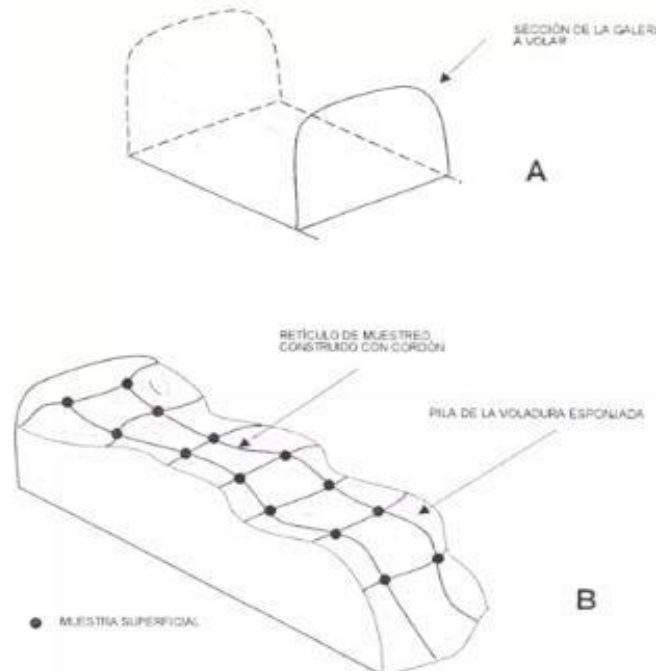
Figura 2. Muestreo ranurado continuo



Fuente: <https://support.google.com/2023>

Ranurado discontinuo (“Chip sampling”). - Consiste en tomar el material de cuerpo mineral de puntos distribuidos geométricamente en la masa mineral, bien de forma lineal o bien formando una malla regular en dos dimensiones.

Figura 3. Muestreo ranurado discontinuo



Fuente: Contreras 2016

Muestreo a partir del material ya extraído (“grab sampling”). -Se realiza con la toma de grandes muestras a partir de material ya extraído previamente y acumulado en centros de acopio, así como también puede ser cuando el material se encuentra en los medios de

transporte empleados para el transporte del material (p.e volquetas, vagones, etc.). El tamaño de la muestra se encuentra en proporción de los fragmentos de la muestra.

Figura 4. Muestreo material extraído



Fuente: ingeoexpert.com 2021

Muestreo en masa (“bulk sampling”). - Según (Carranza, 2021) este método consiste en la recogida de muestras de gran volumen (frecuentemente varias toneladas y pudiendo llegar hasta las 500 toneladas o incluso más). Se utiliza en yacimientos de muy baja ley (p.e. diamantes, oro aluvionar o platino) en los que las pequeñas desviaciones en la ley pueden tener un efecto crítico, y, sobre todo, como aporte de mineral a una planta piloto. Ver Figura 5.

Figura 5. Muestreo en masa



Fuente: <https://es.slideshare.net>. 2016

Muestreo en sondeos (“drill sampling”). - La realización de sondeos en minería resulta una labor sumamente frecuente, por lo que su adecuado muestreo resulta básico, tanto en la etapa de exploración como en la de evaluación e, incluso, en la de explotación. (Carranza, 2021). Se observa en Figura 6.

Figura 6. Muestreo en sondeos



Fuente: Ingeoexpert.com 2021

4.3. Técnicas de caracterización de minerales

Es común que el estudio que se realiza para la valoración de un yacimiento solo se determina como un estudio genérico de las leyes de los elementos presentes y determinar si es interesante o no, haciendo de lado el estudio mineralógico de tallado de las asociaciones minerales. Un estudio detallado de la mineralogía puede ayudar a incrementar el valor añadido de la explotación, e incluso solo con este análisis se puede tener como ayuda para descartar o confirmar el interés del yacimiento. Teniendo en cuenta el bajo costo de los análisis mineralógicos, cuando se comparan con otros métodos, no deja de ser sorprendente este comportamiento erróneo de muchas empresas.

Se deben considerar las técnicas de caracterización mineral, así como valorar la incidencia de los estudios mineralógicos en las distintas etapas de la minería, así como en los procesos de recuperación del mineral de interés. Las técnicas han sido clasificadas en 2 grupos. El primer grupo incluye a las técnicas de mayor uso, son las de un costo accesible, denominadas “técnicas convencionales” y las de segundo grupo que son de alto costo económico denominadas “técnicas no convencionales”. (Sociedad Geológica Mexicana, 2010)

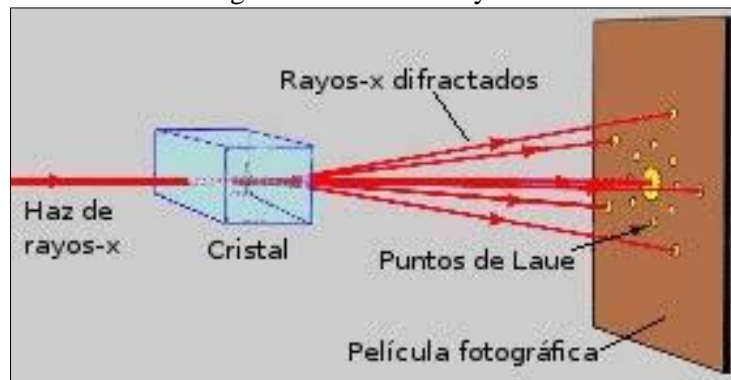
4.3.1. Técnicas convencionales

4.3.1.1. Difracción de rayos X

Método instrumental considerado como una herramienta efectiva y complementaria para la identificación de minerales, debido a que nos permite obtener información mineralógica básica en forma rápida. Por lo general, se la utiliza como técnica de aproximación de análisis mineralógicos. Con esta técnica instrumental se puede identificar los minerales asociados de

mena y los minerales finos granulares en depósitos auríferos. (Instituto Colombiano, 2010); este principio se observa en la Figura 7.

Figura 7. Difracción rayos X



Fuente: Wikipedia. Cristalografía de rayos X. 2016

4.3.1.2. Microscopía óptica

Según (Hierro, 2022) la microscopía óptica de luz reflejada es un estudio que aprovecha las propiedades ópticas de los minerales opacos siendo posible identificarlos por sus propiedades físicas. Permite determinar algunos minerales opacos, de manera particular a los sulfuros metálicos, siendo posible determinar sus tamaños, asociaciones y liberaciones mediante un cuidadoso conteo de partículas y complementa a los ensayos de técnicas instrumentales.

4.3.1.3. Microsonda electrónica (EMP)

Es una técnica analítica relativamente reciente, puesto que sus aspectos prácticos y teóricos fueron desarrollados por Castaing entre 1.948 y 1.952. Actualmente, es una técnica ampliamente difundida, especialmente en los campos metalúrgico y mineralógico-petroológico. Dadas las posibilidades de esta técnica (análisis químico puntual, precisión del orden del 1/0 y límite de detección relativamente bajo). (López Ruiz, 1981).

4.3.1.4. Espectrometría de absorción atómica

La espectroscopia de absorción atómica constituye una de las técnicas más empleadas para la determinación de más de 90 elementos, principalmente en el rango de $\mu\text{g/ml}$ - ng/ml en una gran variedad de muestras. Entre algunas de sus múltiples aplicaciones tenemos el análisis de: aguas, muestras geológicas, muestras orgánicas, metales y aleaciones, petróleo y sus subproductos; y de amplia gama de muestras de industrias químicas y farmacéuticas.

“El método permite determinar desde bajas a altas concentraciones de oro tanto en muestras de roca o mineral como en muestras líquidas provenientes de procesos metalúrgicos. El límite de cuantificación del análisis es 0,25 ppm”. (Instituto Colombiano, 2010)

Es un método de química analítica cuantificable que está basado en la atomización del analito en matriz líquida y que utiliza comúnmente un nebulizador prequemador (o cámara de nebulización) para crear una niebla de la muestra y un quemador con forma de ranura que da una llama con una longitud de trayecto más larga, en caso de que la transmisión de energía inicial al analítico sea por el método "de llama". Este equipo de ensayo se observa en Figura 8.

Figura 8. Espectrofotómetro de absorción atómica



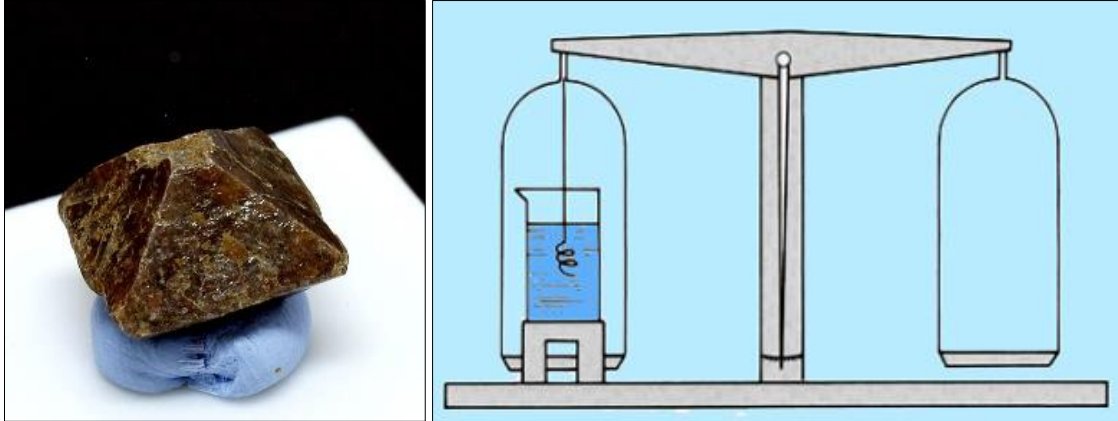
Fuente: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization 2010

4.4. Propiedades físico-químicas y mineralógicas de las rocas

4.4.1. Propiedades físicas

Peso específico. El peso específico (G) o densidad relativa de un mineral es la relación entre su peso y el peso de un volumen igual de agua a 4°C. Por ejemplo, si un mineral tiene peso específico igual a 2, ello significa que una muestra determinada de dicho mineral pesa 2 veces lo que pesaría un volumen igual de agua. Ver Figura 9.

Figura 9. Determinación de peso específico



Fuente: Intecca Uned. 2018

Durabilidad. Es la resistencia que la roca presenta ante los procesos de alteración y desintegración.

Adsorción: Es la adhesión de moléculas o de gases en solución a las superficies de los cuerpos sólidos con los que están en contacto.

Absorción: Es la incorporación o asimilación de líquidos en el interior del sistema poroso del material.

4.4.2. Propiedades químicas

Las propiedades químicas de los minerales son aquellas que miden su capacidad de reaccionar con otras sustancias. Algunas de estas propiedades químicas pueden ser percibidas por los órganos de los sentidos, como el sabor (solubilidad) y el olor (contenido en azufre).

Las propiedades químicas de la materia son las que hacen al cambio de composición de la materia. La exposición de cualquier materia y de minerales a una serie de reactivos o de condiciones particulares puede generar una reacción química en la materia y cambiar su estructura.

A continuación, se ejemplifican y explican algunos ejemplos de propiedades químicas de la materia y de los minerales:

Ph. Propiedad química que sirve para medir la acidez de una sustancia o disolución.

Combustión. La oxidación rápida, que se produce con desprendimiento de calor y de luz.

Estado de oxidación. Grado de oxidación de un átomo.

Poder calorífico. Cantidad de energía que se desprende al producirse una reacción química.

Estabilidad química. Capacidad de una sustancia de evitar reaccionar con otras.

Alcalinidad. Capacidad de una sustancia para neutralizar ácidos.

Corrosividad. Grado de corrosión que puede ocasionar una sustancia.

Inflamabilidad. Capacidad de una sustancia de iniciar una combustión al aplicársele calor a suficiente temperatura.

Reactividad. Capacidad de una sustancia para reaccionar en presencia de otras.

Potencial de ionización. Energía necesaria para separar a un electrón de un átomo. (Álvarez, 2013).

El conocimiento de nuestro entorno es fundamental en nuestra educación como ciudadanos, y los minerales son los compuestos químicos básicos, no solo de nuestro planeta, sino del resto de planetas y asteroides del universo. Además, la actividad humana, y en gran parte la actividad biológica del planeta, se produce sobre la corteza terrestre, que está formada por minerales. (Geosfera, 2018).

La composición química elemental de la mena consiste en la determinación del contenido de elementos metálicos y no metálicos; se puede determinar por técnicas instrumentales como: difracción de rayos X, y espectrofotometría de absorción atómica, fluorescencia de rayos x, ensayos al fuego, entre otros.

Las cuales permiten determinar cuantitativa y cualitativamente los minerales existentes en el material de mena.

4.4.3. Mineralogía

La mineralogía es una especialización científica que se centra en el análisis de los minerales. Un mineral, en tanto, es una sustancia inorgánica que puede encontrarse en el interior de la corteza de la Tierra o en la superficie del planeta.

Considerada como un área de la geología, la mineralogía se dedica al estudio de las propiedades químicas y físicas de los minerales. Es importante tener en cuenta que estos sólidos son empleados por el ser humano para el desarrollo de numerosas actividades industriales gracias a sus componentes. (Pérez Porto, 2022).

Según su objeto de estudio específico y su aplicación, la mineralogía puede dividirse en varias ramas. Así puede hablarse de mineralogía general, mineralogía económica, mineralogía óptica, mineralogía descriptiva, etc.

El reconocimiento de minerales en muestra de mano o de visu es una herramienta muy útil en el trabajo de campo del geólogo ya que permite una primera aproximación al tipo de materiales geológicos que se están observando.

El material necesario para la identificación de minerales de visu es una lupa (imprescindible), una pequeña navaja o lima metálica, un imán y una guía de minerales.

Las propiedades minerales que se pueden reconocer por una simple observación o mediante pruebas sencillas son las siguientes: forma, hábito, color, raya o huella, brillo, peso específico o densidad relativa, dureza, exfoliación, fractura, magnetismo y clasificación mineral.

Según (Instituto Colombiano, 2010) el estudio de minerales por microscopía óptica es la técnica más importante para la identificación y caracterización de minerales y sus relaciones texturales. En depósitos minerales, el estudio de los minerales opacos se ha conocido tradicionalmente como microscopía de mena o calcografía. Las asociaciones minerales y sus texturas no solamente indican las condiciones de formación de los depósitos, sino que aportan valiosa información en el beneficio y procesamiento de minerales.

Se realizan análisis petrográficos y mineralógicos, que ayudan a obtener la identificación y especiación de minerales, la clasificación de las rocas, la caracterización de menas auríferas y otros depósitos metálicos, el control mineralógico de procesos extractivos y la caracterización de minerales industriales.

La petrografía o el estudio de los minerales y rocas al microscopio petrográfico (en lámina delgada), es una de las técnicas más utilizadas en los estudios geológicos y se puede abordar desde diferentes puntos de vista:

La Cristalografía Óptica es la parte dedicada en la determinación de las propiedades ópticas mediante el microscopio petrográfico.

La Mineralogía Óptica se centra en la identificación de los minerales a partir de sus propiedades ópticas.

La Petrología estudia las texturas, las relaciones entre los minerales de una roca. A partir de la estimación cuantificación de los diferentes minerales y de las texturas que presentan se puede identificar y clasificar una roca. (UCM, 1997)

4.5. Procesos de beneficio mineral

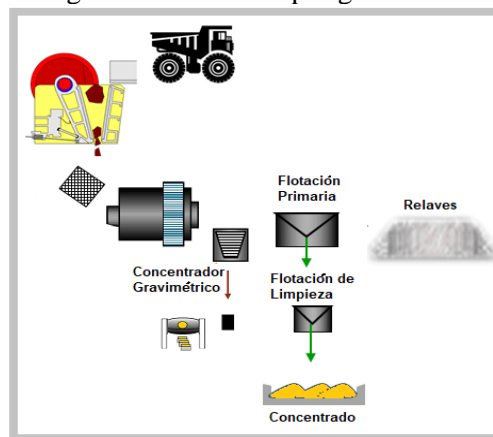
El beneficio o recuperación de minerales de material de mena requiere de técnicas especiales de concentración; las causas que imponen estas exigencias son las propiedades físicas, geoquímicas o mineralógicas del material de la mena. (Carrasco, 2016).

4.5.1. Gravimetría

La concentración gravimétrica se basa en la diferencia de densidades entre los minerales a separar. En por ellos que mientras mayor sea la diferencia de densidad entre dos minerales, más efectiva será su separación; debido a eso el oro que posee una elevada densidad, es fácilmente separable con otros minerales de baja densidad. Es importante considerar que, si

parte de la ganga está aún ligada a las partículas de oro, la densidad específica de este va a disminuir, y por lo tanto pierde eficiencia la concentración. (Carrasco, 2016). Ver Figura 10.

Figura 10. Beneficio por gravimetría



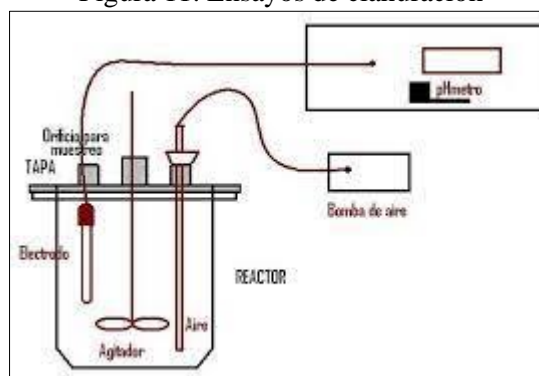
Fuente: Dayana Guzmán 2016

Para los métodos de concentración gravimétrica del producto final, se utilizan diferentes mecanismos de acuerdo a las características del oro. Los equipos estacionarios incluyen: canaletas con rifles, conos y espirales. Entre los mecanismos móviles están: jigs y mesas concentradoras. El concentrado de gravimetría se suele utilizar como un método adicional.

4.5.2. Cianuración

La cianuración del oro (también conocida como el proceso de cianuro o el proceso de MacArthur-Forrest) es una técnica metalúrgica que se utiliza para la extracción de oro de baja calidad, que busca convertir el oro (insoluble en agua) en aniones metálicos complejos de aurocianida, solubles en agua, mediante un proceso denominado lixiviación. Es el proceso más comúnmente utilizado para la extracción de oro. Figura 11.

Figura 11. Ensayos de cianuración



Fuente: <https://www.dspace.espol.edu.ec/2006>

Según (Ros, 2017) la cianuración es el proceso más usado para la recuperación de oro, de manera especial a menas no refractarias. El cianuro sódico es un agente de lixiviación con

gran uso debido a su gran capacidad para extraer el oro de una gran variedad de menas y a de bajos costos.

Se considera como sistema relativamente simple, el oro se disuelve con facilidad y las únicas condiciones que se requieren son: que el oro esté libre y limpio; que la solución de cianuro no contenga impurezas que puedan inhibir la reacción y que se mantenga un adecuado abastecimiento de oxígeno a la solución durante todo el proceso de la reacción. El de oro, en la práctica, se comportan adecuadamente a este proceso, los problemas que se presenta en la extracción del mineral son más de tipo mecánicas que químicas.

4.5.3. Flotación

La flotación se define como un proceso físico-químico que se utiliza para la separación de los minerales sulfurados del metal de interés a recuperar del resto de los minerales y especies que componen la mayor parte de la roca de mena. (Pinilla, 2017).

Previamente el material de mena debe someterse a un proceso de conminución donde el material en forma de pulpa proveniente de la molienda pasa a las celdas de flotación con los reactivos necesarios para que de la flotación. Este método funciona a partir de la hidrofobicidad de los minerales; para que tenga eficiencia en el fondo de las celdas se hace burbujear aire, no en todas, a través de las aspas de agitadores rotatorios ubicados uno por celda, lo cual mantiene la pulpa en constante agitación para permitir que todas las partículas de mineral dispersas en la pulpa mantengan el mejor contacto con los reactivos, el agua y el aire para que con ello el proceso de flotación se lleve a cabo en forma eficiente.

Figura 12. Beneficio por flotación



Fuente: Rodolfo Padilla 2017

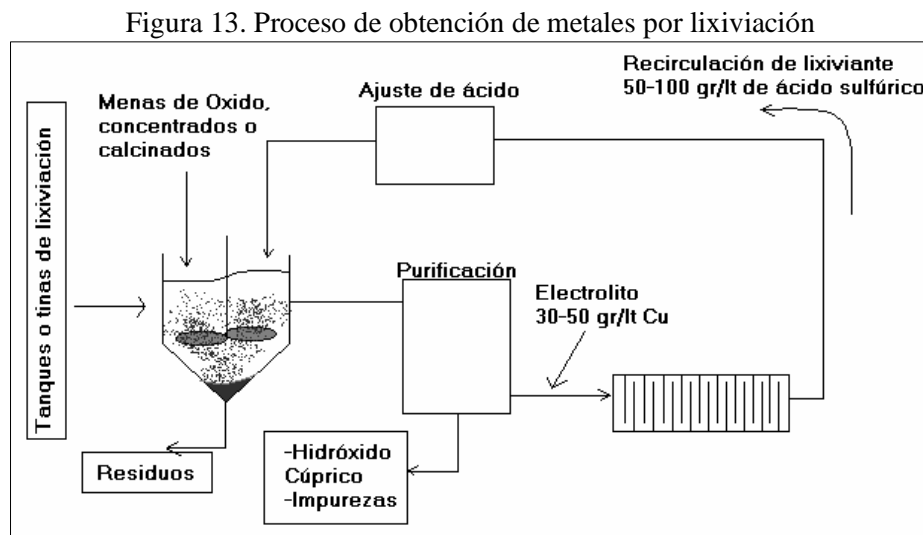
Para obtener una pulpa homogénea a la entrada de la flotación, se debe utilizar diferentes reactivos desde las etapas previas a la flotación, cada reactivo tiene diferente naturaleza y cumplen distintas funciones. Ver Figura 12.

Los reactivos para utilizar para el proceso de flotación son: espumantes, colectores, depresantes y modificadores de pH.

4.5.4. Lixiviación (Carrasco, 2016)

Es el proceso hidrometalúrgico más utilizado en la recuperación del oro, en donde el metal es disuelto mediante soluciones alcalinas cianuradas, en presencia de oxígeno.

El mineral de mina se debe reducir de tamaño hasta alcanzar una granulometría que permita a la solución lixivante alcanzar el metal valioso. El proceso comienza con la granulometría, la cual se consigue mediante la trituración en los molinos de bolas y operando en húmedo, en práctica es común agregar al molino cianuro de sodio y cal, para que en la medida que la partícula se quiebre y se deje expuesta la superficie fresca del mineral de oro, la solución comience a disolverlo.



Fuente: uploaded by Roberto Acevedo 2008.

Dependiendo de la refractariedad del mineral, en esta etapa se puede alcanzar un porcentaje importante en la disolución de este metal. El resto del oro no disuelto aún es lixiviado en una serie de estanques agitadores, cuyo volumen es determinado en función del tiempo de residencia, obtenido previamente en ensayos de laboratorio. Ver Figura 13

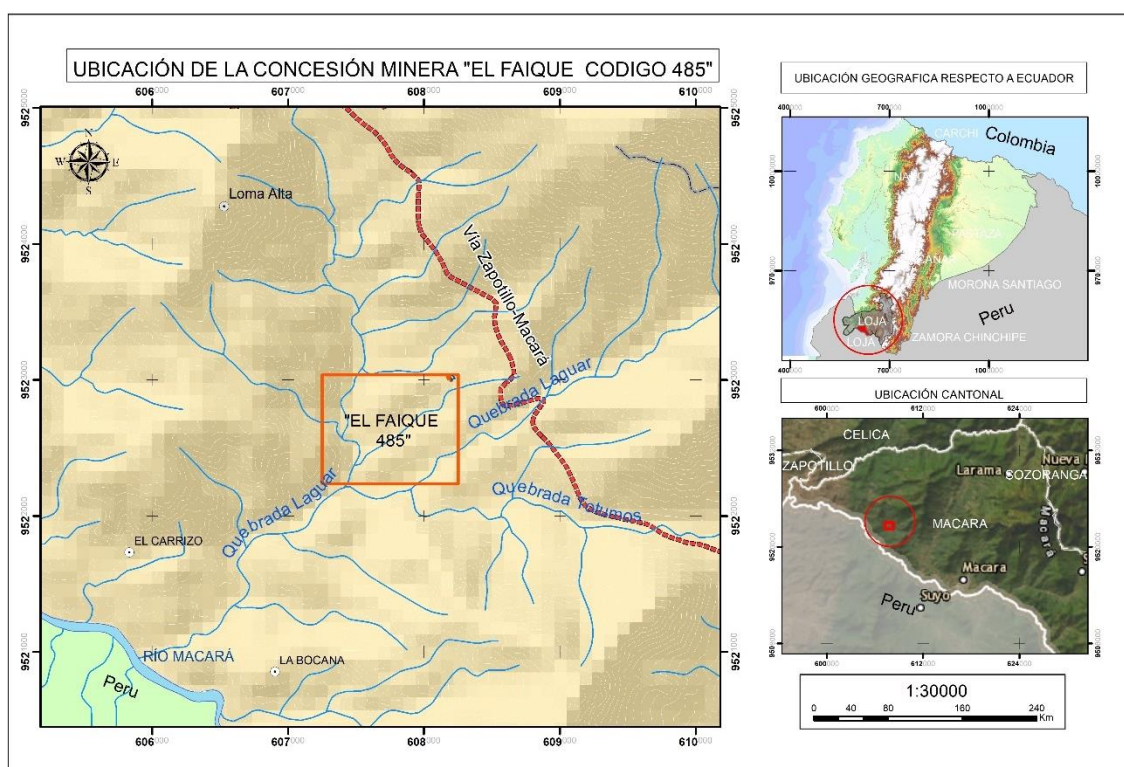
5. Metodología

5.1 Área de estudio

5.1.1 Ubicación

El área minera “El Faique, Código 485”, se encuentra políticamente ubicada en la provincia de Loja, cantón Macará, parroquia Macará, sitio El Aguaje. (ver Figura 14) y anexo 7 donde el área minera se halla geo referenciada en una ortofoto.

Figura 14. Mapa de ubicación del área minera El Faique



Fuente: Informe de producción área minera El Faique 2021

Cuenta con una extensión de 80 hectáreas dentro de las cuales se instalará la planta de beneficio, la misma cuenta con un contrato de operación, a favor de la Sociedad Civil Minera Nueva Unión, representada por el Sr. Manuel Antonio Medina Espinoza, el mismo que posee una superficie de 4 hectáreas; donde se realizan labores subterráneas cuya galería llega a los 150 m. de profundidad.

Aunque existen varios niveles construidos en la mina; la investigación se realizó para su primer nivel.

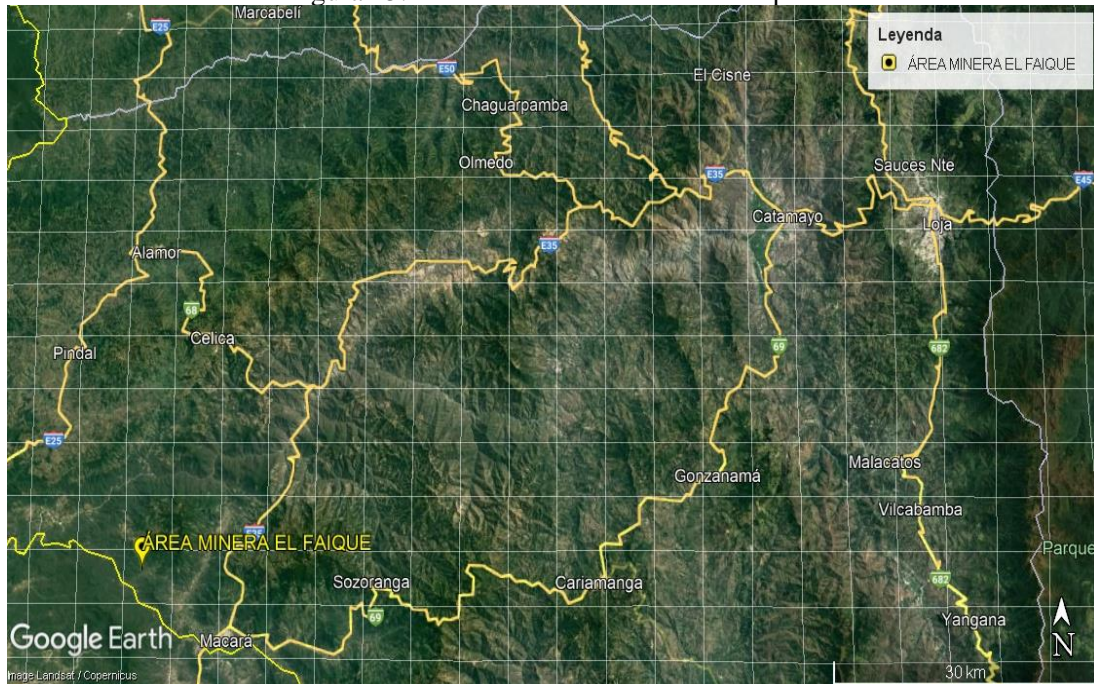
5.1.2 Acceso

El área minera “El Faique, Código 485”, es accesible prácticamente en vías de primer y segundo orden carrozable, que conectan con la cabecera cantonal Macará con la ciudad de Loja.

El acceso local se lo realiza desde la ciudad de Loja, - Catamayo- Catacocha Macará en una distancia de 186 km.; desde Macará por medio de la vía lastrada que une con los barrios Laguar y Aguaje en una distancia de 15 km. Ver Figura 15.

A partir de este punto se toma un acceso de tercer orden, el mismo que se halla lastrado y que permite llegar al campamento de manera directa dentro del área minera.

Figura 15. Acceso al área minera “El Faique”



Fuente: Google Earth 2023

5.1.3 Geología Regional

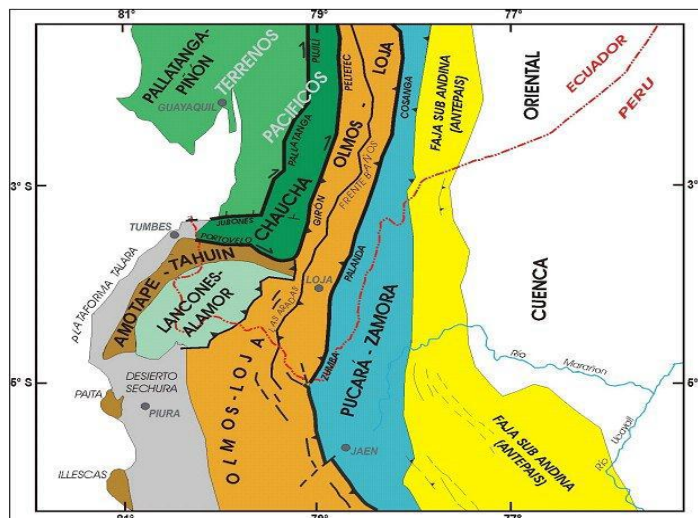
Dentro del ensamblaje que forma el territorio ecuatoriano, la zona de estudio ocupa superficies correspondientes a los dominios lito tectónicos de la cuenca Lancones – Alamor y el terreno Olmos-Loja y Cuenca Lancones – Alamor.

La cuenca Lancones-Alamor se habría formado durante el Cretácico Inferior, producto de un adelgazamiento de la corteza continental y presenta dos regiones litológicamente bien representadas. La región Oriental de origen volcánico con escasas intercalaciones sedimentarias y la Occidental de origen netamente sedimentario; el contacto entre las dos regiones se interpreta como transicional o interdigitado. Hacia el oeste las secuencias sedimentarias de la cuenca yacen discordantes sobre las rocas metamórficas del Macizo Amotape-Tahuín y sobre rocas volcánicas hacia la frontera con Perú (Egüez y Poma, 2001). En el este, el contacto entre las secuencias de la Cuenca y el Terreno Loja-Olmos es tectónico (Pilatasig et al., 2005).

Mientras el dominio litotectónico Loja-Olmos, forma parte de la zona oriental del área para la descripción, está constituida de rocas y estructuras emplazadas dentro de la Cordillera

Real y su continuación en territorio peruano denominado Complejo Metamórfico de Olmos. Comprende mayormente franjas sub-paralelas de rocas metamórficas de bajo a alto grado con un rango de edad que va de paleozoico a jurásico, cortados por cuerpos intrusivos tipo S del Triásico y tipo I del Jurásico. En el sur, las rocas metamórficas se encuentran cubiertas por depósitos cenozoicos de origen volcánico asociados a un arco volcánico continental y depósitos de cuencas continentales.

Figura 16. Dominios Litotectónicos del sur de Ecuador y norte de Perú.



Fuente: Mapa Binacional Ecuador Perú 2013

Esta zona presenta además rocas intrusivas, que obedecen a un ambiente estructural definido en forma de herradura abierta hacia el sur, este ambiente es muy atractivo para la exploración de minerales en las zonas aplicales del sistema. Ver Figura 16.

Las estructuras regionales, presentes en la parte central del área de estudio, tienen un control andino (NNE), y está representada principalmente por el contacto tectónico entre la cuenca y el complejo metamórfico.

Realizar una correlación estratigráfica entre las rocas de los dos dominios lito tectónicos parece, es muy difícil, pues las rocas del dominio Loja-Olmos son más viejas que las rocas que forman la cuenca Lancones-Alamor, lo que sí se puede correlacionar y se realizara en el ítem de la geología a detalle son las rocas de cobertura o rocas jóvenes.

5.1.4 Geología local

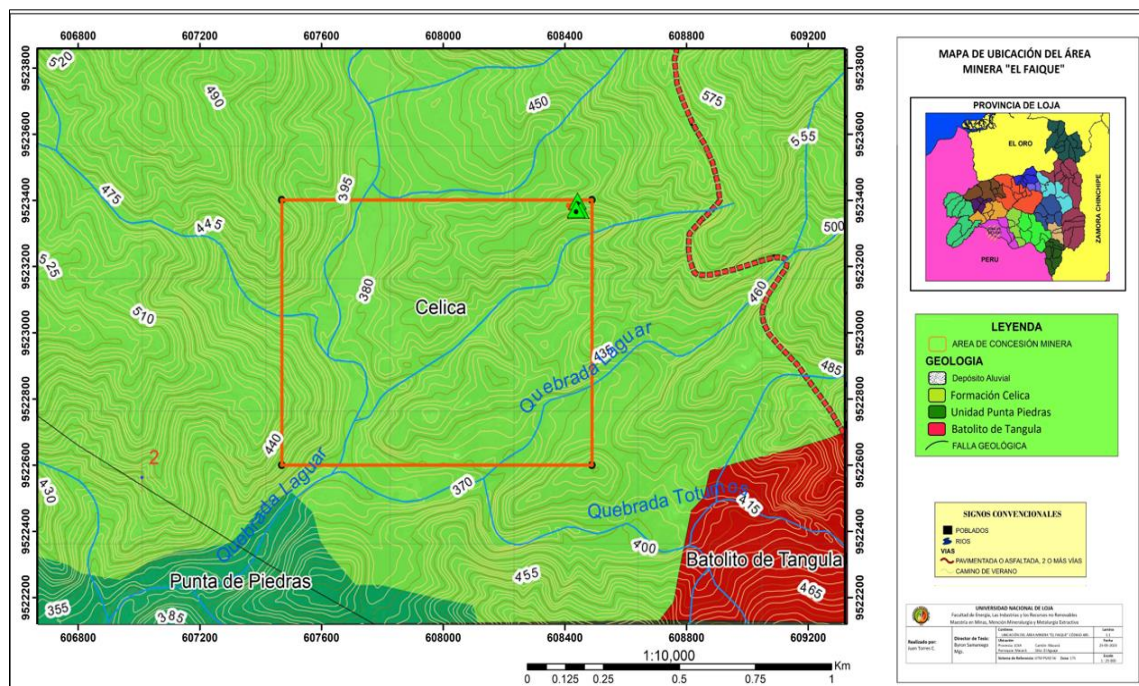
En este caso hay que mencionar que no se ha realizado una campaña geológica a detalle debido al poco presupuesto con el que se cuenta la concesión al tratarse de Pequeña Minería, sin embargo, en los trabajos de recolección de muestra y reconocimiento de la galería se evidencian tobas y brechas entrecruzadas en lo que es la galería principal de transporte, y a una

profundidad de 30 metros, en los trabajos a 70 grados (pozo) existe la presencia de andesita verdosa de alta resistencia.

La mina en explotación yace en su totalidad en la formación volcánica Celica, constituida por tobas de cristales y brechas tobáceas, intercaladas con mantos de lava de composición basáltico-andesítica; al suroeste se localiza la Unidad Punta de Piedra y al sur este yace el batolito de Tangula. Ver Figura 17.

La mineralización de la mina, se presenta en vetillas de baja potencia (0,5 a 20 cm) las cuales contienen cuarzo disgregado medianamente oxidado el cual esta intercalado con tobas y brechas volcánicas, estas vetillas tienen una dirección de N 50°E. No se han realizado ensayos para determinar las leyes minerales contenidas en las vetillas identificadas.

Figura 17. Mapa geológico del área concesionada



Fuente: El autor

5.1.5. Descripción de las actividades en el área de estudio

Las actividades que se realizan en la concesión minera se enfocan en la explotación del mineral metálico oro (Au), por el método de explotación subterráneo, dentro del área se encuentra un yacimiento del tipo stockwork; en esta zona afloran contactos de rocas volcánicas e intrusivas, presentando una serie de vetas cuarcíferas en varias direcciones; lo que genera una importancia geológica por la mineralización hidrotermal, en especial aurífera que puede hallarse presente en el subsuelo de esta zona.

En la actualidad y conversaciones con el concesionario, se podría implementar en el proyecto una planta de beneficio para la recuperación del mineral aurífero.

Todas estas actividades se realizarán bajo el cumplimiento de la Ley Minera, vigente, Reglamento Ambiental de Actividades Mineras, Código Ambiental y Reglamento a la Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, con el fin de minimizar los impactos negativos que se pueden producir al ambiente.

5.2 Procedimiento

5.2.1 *Diseño y enfoque de investigación*

El diseño de investigación aplicada es de tipo experimental debido a la manipulación de la variables que permitió obtener un enfoque de tipo cuali-cuantitativo, considerando que se realizó un análisis sistemático de las muestras obtenidas para determinar las características físicas, químicas y mineralógicas del material de mena; y por otra parte se cuantifico las leyes de los minerales existentes en el yacimiento que permitió recomendar cuál es el proceso más idóneo para la recuperación del material de interés.

5.2.2 *Tipo de investigación*

La metodología empleada en la presente investigación se basó en diferentes actividades y de manera secuencial.

De tipo descriptivo: Con el uso de este método se desarrolló el trabajo de investigación, el cual permitió la recopilación de información de la zona de estudio, siendo un apoyo documentar la investigación realizada. La búsqueda de información fue de mucha ayuda con respecto a los temas relacionados con el área geológica y metalogénica del sector, técnicas analíticas y caracterización físico-química de los materiales de mena. Los datos conllevaron a la presentación sistemática de los resultados.

De tipo transversal: Tipo de estudio de investigación en el que se recopila cierta información, en un momento determinado o en el transcurso de un periodo corto; en nuestra investigación fue establecida para un tiempo de 2 meses.

De tipo prospectivo: Principalmente porque los resultados e interpretación de la presente investigación sirvió de guía para seleccionar el método pertinente para el beneficio del mineral.

5.2.3 Técnicas empleadas en el procedimiento

Para cumplir con el objetivo general que es la caracterización físico química y mineralógica del material de la mena 1 en el nivel 1 del área minera El Faique, se realizó de manera sistemática o en fases para cumplir con los objetivos planteados:

La investigación se la llevó a cabo en diferentes fases:

5.2.4 Recopilación de Información

En primera instancia se revisó y recopiló todo tipo de información bibliográfica de la zona de estudio, siendo un apoyo documental a la investigación realizada. Esta información fue de mucha importancia en temas relacionados con el contexto metalogénico, técnicas analíticas de caracterización y procesos de recuperación de los minerales.

5.2.5 Reconocimiento de campo

Se realizó una visita al área minera para identificar aspectos como roca de caja, tipo de mineralización, minerales de mena y ganga en muestra de mano, así como las condiciones de extracción subterránea del mineral.

En la visita se observó una mineralización que corresponde a un yacimiento de tipo stocwork con una serie de vetillas de cuarzo, carbonatos de calcio, carbonatos de manganeso y pirita diseminada, emplazados en rocas ígneas como son andesitas de tonalidad gris verdoso de la Formación Celica cerca del contacto con el intrusivo de Tangula; cuyo rumbo es N 55° E y un buzamiento hacia el sureste. En esta zona se puede evidenciar una fuerte actividad tectónica que ha afectado a las rocas volcánicas y en las que se puede observar zonas de cizalla.

5.2.6 Muestreo

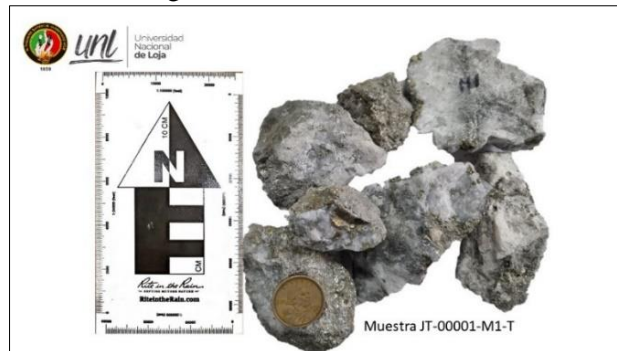
La metodología del muestreo que se aplicó es en función del tipo de mineralización y yacimiento a investigar, se empleó el método de grab sample (muestreo a partir de material ya extraído de la mena), debido a que el depósito de mineral es de tipo stockwork y considerando la explotación subterránea en su nivel uno; la profundidad aproximada de donde provienen las muestras en la galería subterránea es de 85 metros.

La fracturación intensiva del área de estudio se observa en otros niveles de la mina, indican la intersección de varias zonas principales de fallas en varias direcciones y ha proporcionado caminos para la actividad hidrotermal que ha permitido la penetración de caolinita, sericitización, carbonatación y silicificación. La presencia de silicio está acompañada de mineralización de hierro-cobre-molibdeno, poca plata y mayor cantidad de oro.

Se obtuvieron tres muestras de la mena en producción, en lo posible muestras de mano y en las fundas de muestreo se obtuvo 10. Kg. de muestra, la misma que es representativa del macizo rocoso descartando la toma de muestras de sitios superficiales o alterados.

Las muestras obtenidas poseen su respectivo código de identificación: JT-00001-M1-T, JT-00002-M2-T JT-00003-M3-T y fueron enviadas a los diferentes laboratorios para su análisis y ensayos respectivos. Ver figuras. 18,19 y 20.

Figura 18. Toma de muestra 1



Fuente: El autor

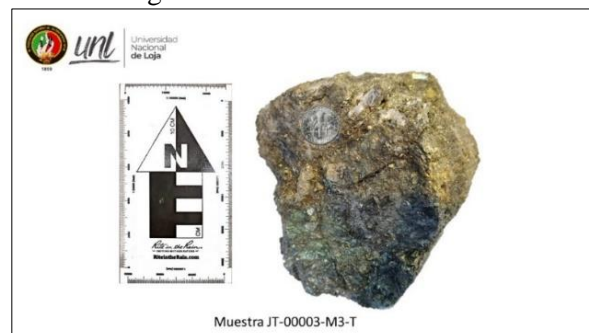
Figura 19. Toma de muestra 2



Fuente: El autor

Las muestras de mayor tamaño como de mano sirvieron para realizar las láminas delgadas para sus ensayos petrográficos.

Figura 20. Toma de muestra 3



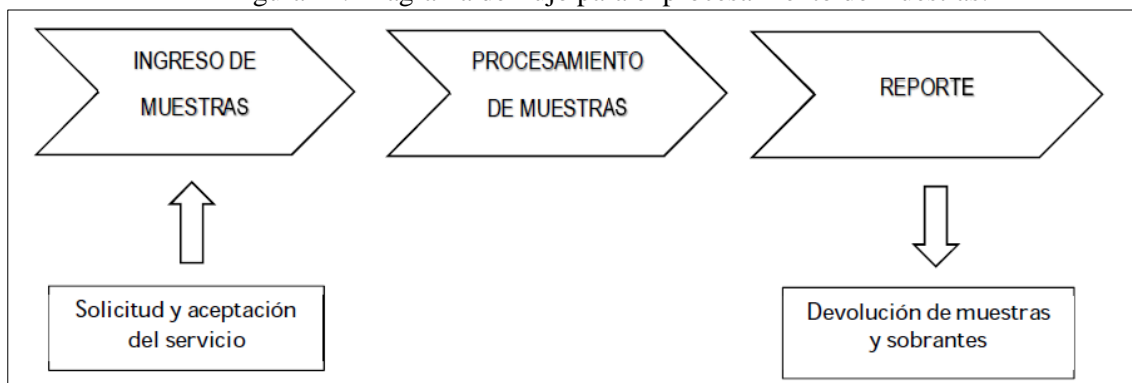
Fuente: El autor

5.2.7 Preparación mecánica de muestras de rocas

Para la ejecución del procesamiento de muestras, se siguen los siguientes pasos:

- a) Solicitud y aceptación del servicio.
- b) Ingreso de muestras al laboratorio.
- c) Procesamiento de muestras.
- d) Reporte.
- e) Devolución de muestras y sobrantes (de ser el caso). Ver esquema Figura 21.

Figura 21. Diagrama de flujo para el procesamiento de muestras.



Fuente: El autor

5.2.7.1. Procesamiento de muestras (etapas)

Consiste en un proceso físico que se dan a las muestras, en las siguientes etapas:

- Secado
- Trituración y molienda
- Homogenización y cuarteo
- Pulverización

Secado: Consiste en la eliminación de la humedad de la muestra con el uso de estufas de convección, la o las muestras deben permanecer en este paso de 1 a 3 días dependiendo de la humedad. La temperatura usada generalmente es 50°C. Ver Figura 22.

Figura 22. Secador de muestras



Fuente: El autor

Trituración y molienda: Consiste en la reducción del tamaño de la muestra, mediante el uso de una trituradora de mandíbulas y un molino de discos. Toda la muestra es procesada hasta la malla 200 μm . El material de trituración y molienda de los equipos utilizados es acero. Ver Figura 23.

Figura 23. Equipos de Trituración y molienda



Fuente: El autor

Homogenización y cuarteo: Consiste en la obtención de una porción representativa de la muestra. Toda la muestra triturada y molida es homogenizada en una superficie de mezclado y reducida de cantidad con la ayuda de un cuarteador hasta una cantidad entre 50 y 100 ml. Ver Figura 24.

Figura 24. Homogenización y cuarteo



Fuente: El autor

Pulverización: Consiste en la reducción del tamaño de la porción representativa de la muestra triturada y molida, mediante el uso de una pulverizadora de anillos (acero). La muestra pulverizada obtenida es almacenada en un recipiente plástico. Ver Figura 25.

Figura 25. Homogenización y cuarteo



Fuente: El autor

5.2.8 *Ensayos de Laboratorio*

Propiedades físicas – químicas y mineralógicas de los materiales de mena

Se determinaron parámetros como contenido de humedad, peso específico, porosidad de la roca, PH, determinación de leyes de los minerales existentes.

5.2.8.1. Propiedades físicas.

Las propiedades físicas de las rocas se determinaron en el laboratorio de Mecánica de Rocas del Laboratorio del Instituto de Investigación Geológico y Energético de la ciudad de Quito, y; el análisis físico de las mismas se realizó en el Laboratorio de Mineralogía de la Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial con la ayuda del técnico encargado.

- **Peso específico y peso aparente**

El ensayo para determinar la densidad y el peso específico se lo realizó mediante el método del picnómetro, para ello se empleó agua destilada, muestra de cabeza del material y balanza electrónica. El picnómetro donde se realizó el ensayo se lo pesó vacío en la balanza digital, EL cual debe estar seco.

Una vez pesado el picnómetro se procedió a colocar 1/3 de mineral previamente pulverizado, se pesó en la balanza digital y registró su peso. Ver Figura 26.

Posteriormente se colocó agua destilada en el picnómetro con el material, hasta que quede completamente lleno. Luego se determinó el peso del mineral de la siguiente manera:

Figura 26. Determinación densidad y peso específico por el método del picnómetro



Fuente: El autor

$$P_{\text{mineral}} = P_{\text{picnometro+mineral}} - P_{\text{picnometro}}$$

A continuación, se determinó el volumen del material, mediante la siguiente expresión:

$$V_{\text{mineral}} = V_{\text{picnometro}} - V_{\text{agua}}$$

Con los datos obtenidos se procedió a calcular la densidad del material con la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{M_2 - M_1}{(M_3 - M_1) - (M_4 - M_2)} = \text{gr/cm}^3$$

Donde:

- ρ =Densidad del material
- M_1 = peso del picnómetro vacío
- M_2 = peso del picnómetro + muestra de material
- M_3 =peso del picnómetro + agua
- M_4 = peso del picnómetro + agua + muestra de material.

- **Humedad del material**

Para determinar la humedad del material, se tomó una muestra de roca y se procede a trabajar.

La muestra de roca se pesó en una balanza digital, la misma que debe estar previamente calibrada, y se registró el valor del peso inicial de la muestra, al igual que el valor del peso del recipiente que la contiene. Luego se pesa el recipiente vacío.

Así tenemos:

$$P_{\text{mineral humedo}} = P_{\text{bandeja+roca}} - P_{\text{bandeja}}$$

Figura 27. Pesado del material en balanza de 3 dígitos



Fuente: El autor

Luego el material se lo ingresó hacia la estufa a una temperatura de 110° durante 24 horas, pasado este tiempo se retiró el material y se procedió a pesar en la balanza digital, obteniendo el peso seco, mediante operaciones básicas se obtuvo el contenido de humedad de esta manera:

$$w = \frac{P \text{ mineral húmedo} - P \text{ mineral seco}}{P \text{ mineral húmedo}} * 100$$

La humedad es en porcentaje (%).

Contenido de humedad: De acuerdo a la norma ASTM D2216, se utilizó una muestra inalterada (50g – 200g) que haya mantenido la humedad natural, luego se procedió a pesar y se envió a secado en la estufa a una temperatura constante de 110 ±5 °C, como se indica en la Figura 11, pasado el tiempo de secado se colocó en el desecador para el enfriamiento de la misma y de forma posterior se tomó el peso de la muestra seca. Ver Figura 27.

- **Mineralogía y petrografía**

La descripción microscópica se la realizó mediante láminas delgadas, las mismas que fueron enviadas al Laboratorio del Instituto de Investigación Geológico y Energético de la ciudad de Quito, y; el análisis de las mismas se realizó en el mismo laboratorio con la ayuda del técnico encargado.

La descripción macroscópica del material se la realizó en una muestra de mano en el Laboratorio de Mineralogía de la Carrera de Geología Ambiental, en la cual se identificó con ayuda de una lupa de 20x los minerales que se encuentran presentes en la roca, así como la coloración, grado de alteración, presencia de fenocristales, y demás características que pueden ser apreciables en la muestra.

5.2.8.2. Química mineral.

- Determinación de oro por ensayo al fuego

Este análisis se utiliza para cuantificar la cantidad de oro presente en dos muestras provenientes de la mena 1 del nivel 1 de una veta mineralizada. La ventaja de esta técnica radica en que se toma una gran cantidad de muestra (20 gramos) en comparación con otras técnicas de análisis (ICP-OES, AA, ICP-MS). Esto permite tener límites de detección muy bajos para determinar anomalías sutiles.

El proceso consiste en fundir a 1000°C en un crisol la muestra con una serie de reactivos que bajan el punto de fusión de la mezcla (muestra-fundentes) y que se encargan de oxidar los minerales presentes.

- Ensayo al fuego

Adicionalmente se agrega litargirio u óxido de plomo que es el componente que se encarga de coleccionar todos los metales preciosos como el oro y la plata. Luego de derretida la muestra, se vierte el fundido en una lingotera, donde la fase del plomo, que contiene metales preciosos, se deposita en el fondo y la fase de la escoria que contiene la ganga y el resto de metales y no metales mayoritarios (SI, Al, Fe, Mn, etc), se sobrepone a la fase del plomo. Se puede observar en la Figura 28.

Figura 28. Ensayo al fuego.



Fuente: El autor

- **Fundición**

Se deja enfriar el fundido en la lingotera hasta completa solidificación y se separa la fase del plomo de la escoria con la ayuda de un martillo. Ver Figura 29.

Figura 29. Proceso de fundición



Fuente: El autor

- **Separación de fases**

La fase del plomo (a la cual se le conoce también como régulo), es entonces amoldada a la forma de un cubo por acción manual con un martillo. El cubo es depositado en una copela y la copela es sometida a 900°C en una mufla. La copela absorbe todo el plomo del régulo al pasar a fase líquida por acción de la temperatura.

- **Obtención del dore**

De esta forma al final queda un botón (denominado doré) que contiene solamente el oro y la plata de la muestra inicial. Este doré se deja enfriar y es sometido a disgregación ácida con ácido nítrico para eliminar el exceso de plata. Luego el doré es disgregado con agua regia de forma que todo el oro pasé a fase líquida. Ver Figura 30.

Figura 30. Obtención de dore.



Fuente: El autor

- **Lixiviación del oro**

Finalmente, el lixiviado de oro es analizado por un espectrofotómetro de absorción atómica para cuantificar la cantidad de oro presente en la muestra. Ver Figura 31.

Figura 31. Lixiviación de oro



Fuente: El autor

- **Espectrofotómetro de absorción atómica**

Este equipo generalmente está compuesto por una lámpara del tipo cátodo hueco, un quemador o mechero, compuesto a su vez por un nebulizador de la muestra, y dispositivos selección de longitudes de onda, transducción, tubo fotomultiplicador y lectura de la señal. Las lecturas son obtenidas con las lámparas del mineral que se quiere ensayar. Ver Figura 32.

Figura 32. Espectrofotómetro



Fuente: El autor

- **Análisis mineralógico por difracción de rayos X**

Este análisis se utiliza para determinar la composición mineral de las rocas previamente pulverizadas (que han sido tratadas mediante el proceso de preparación de muestras). La

muestra es depositada en un porta muestras para difracción de rayos x hasta conseguir una distribución uniforme en superficie.

Posteriormente, la muestra es sometida al equipo de difracción de rayos x BRUKER D8 ADVANCED, el cual generará un patrón de intensidades contra ángulo de incidencia (difractograma). Ver Figura 33.

Figura 33. Difractómetro rayos X



Fuente: El autor

Este difractograma es comparado con las huellas de difracción de todos los minerales existentes en una base de datos del computador del equipo mediante el software EVA para determinar cualitativamente que fases minerales se encuentran en la muestra.

Finalmente se informan las fases minerales encontradas como datos de entrada del software TOPAS, que utiliza el método de aproximación de RIETVELD para cuantificar las fases minerales identificadas.

El proceso de analizar el difractograma con ambas herramientas tecnológicas (EVA y TOPAS) puede demorar entre una y dos horas dependiendo de la complejidad de la muestra y el grado de experticia del analista.

- **Análisis de elementos mayoritarios por fluorescencia de rayos x**

Este análisis se utiliza para cuantificar los siguientes elementos: Na, Al, Mg, Si, P, S, K, Ca, Ti, Mn, Fe. Vale aclarar que los resultados se presentan en forma de óxidos mayoritarios (Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , SO_3 , K_2O , CaO , TiO_2 , Mn_2O_3 , Fe_2O_3) pues internamente el equipo realiza un cálculo estequiométrico, que utiliza como dato de entrada el elemento puro.

El proceso consiste en primeramente calcinar la muestra para evitar daños en el material de platino y determinar las pérdidas por calcinación que serán utilizadas para cálculos posteriores. Ver Figura 34 .

Figura 34. Equipo de fluorescencia de rayos X



Fuente: El autor

Luego se procede a pesar 0.9 g. de material calcinado en un crisol de platino y se lo mezcla con 9.0 g. de tetraborato de litio como fundente. Posteriormente esta mezcla es sometida a un programa de calentamiento hasta alcanzar los 1050 °C en la máquina de fusión KATANAX K2 PRIME.

El fundido del crisol es vertido en un molde de platino y se procede a enfriar el molde hasta completa solidificación de la muestra. La muestra es separada del molde para convertirse en un disco o perla.

El disco o perla es analizado en el espectrofotómetro de fluorescencia de rayos x por dispersión de longitud de onda BRUKER S8 TIGER para determinar los elementos mencionados en forma de óxidos.

5.2.8.3. Ensayos de flotación.

Para el proceso de flotación se realizaron dos ensayos, en los tiempos de molienda establecidos en el porcentaje pasante de la malla # 200, para determinar el tiempo óptimo de molienda en la cual exista mayor porcentaje de recuperación, los ensayos se realizaron dos veces con el fin de obtener resultados confiables. Para realizar el proceso de flotación se procedió a determinar la cantidad de reactivos a emplear, en este caso los reactivos empleados fueron colector Xantato Z6, colector selectivo Ditiofosfato Aerofloat 1404, colector selectivo A-31 y espumante Dowfroth 250 en cada una de las pruebas de flotación

Estas pruebas de ensayos fueron realizadas en el Laboratorio Químico Metalúrgico JV METALS que se ubica en el distrito minero Portovelo-Zaruma, específicamente en la ciudad de Piñas y que presta los servicios técnicos de laboratorio a los mineros de la región.

5.2.8.4. Ensayos de cianuración.

Actualmente las empresas mineras de oro del mundo, están utilizando la lixiviación intensiva por sus ventajas sobre las de la amalgamación, debido a que produce menos contaminación y una mayor recuperación de oro. En procesos de pre-tratamiento, como es el caso del ataque de bacterias, el tiempo de lixiviación es muy prolongado (varios meses); por tanto, para poder recuperar rápidamente parte de la inversión en las plantas que utilizan este proceso, se ven obligadas a utilizar la cianuración intensiva como una primera etapa y cianuración convencional en la etapa después del pre-tratamiento; pues hasta el momento, ningún método es más eficiente y económico como lo es la disolución de oro con cianuro.

De igual manera de ensayos de cianuración fueron realizadas en el Laboratorio Químico Metalúrgico JV METALS que se ubica en el distrito minero Portovelo-Zaruma, específicamente en la ciudad de Piñas y que presta los servicios técnicos de laboratorio a los mineros de la región. (Corp., 2016).

6. Resultados

Los resultados se plantean en orden y en función de cada objetivo; en base a los resultados obtenidos de los diferentes tipos de análisis aplicados al material de mena; se determinaron las características físico – química y mineralógica que presenta el material del yacimiento, el cual está enfocado en recomendar un proceso idóneo para la recuperación del mineral de interés (oro) que genere mayor eficacia en el proceso de recuperación (proceso metalúrgico).

6.1 Descripción geológica del yacimiento

La concesión minera El Faique yace principalmente bajo dos tipos de rocas volcánicas: andesitas basálticas y riolitas. La andesita basáltica es más antigua y aflora en forma de aglomerados y flujos de lava en el valle de la quebrada Laguar muy cerca del río Catamayo, y en varios afluentes de las aguas de cabecera de algunas quebradas del cantón Macará; bordeando de esta manera la unidad riolítica más reciente hacia el sureste.

La riolita más joven rellena un conducto dentro de la andesita, observándose diques de riolita cortando la andesita. La riolita ocurre como una toba fina asentada, toba de cristal grueso y flujos de lava, algunos de los cuales demuestran una textura en extremo curiosa: fenocristales inmensos de cuarzo de hasta tres o más centímetros de tamaño, y fenocristales más pequeños de hornblenda y plagioclasa están asentados en una base vídriosa de un porfido de grano fino y oscuro.

La parte central de la riolita muestra muestra en mayor o menor proporción una alteración hidrotermal intensiva que ha dado como resultado la caolinización penetrante del feldespato. La silificación es extensa localmente y sus límites con frecuencia son muy pronunciados, encontrándose dique-contactos intrusivos.

6.1.1 Geología estructural

Estructuralmente el área Los Faique se halla dentro de una cuenca geológica de falla que se halla rellena por dos series volcánicas distintas, una andesita basáltica más antigua que bordea a una riolita que es más reciente. El área posee varias fracturas estructurales siendo la más definida una fuerte línea de falla de dirección E-O que ha determinado el curso del río Catamayo donde se han ubicado diferentes yacimientos que se hallan en proceso de explotación a través de varias concesiones mineras.

Existen otras dos direcciones de fallas NO-SE y NNO-SSE son más o menos iguales en intensidad, estas han originado que las quebradas tributarias discurran por ahí y presenten valles paralelos.

Este demuestra la intensa actividad tectónica por las innumerables zonas cortadas y trituradas dentro de la riolita alterada que en algunos sitios ha permitido encontrar los yacimientos metálicos auríferos tipo stockwork.

6.1.2 Yacimiento

La fracturación intensiva del área de estudio y de otras concesiones mineras indican la intersección de varias zonas principales de fallas en varias direcciones y ha proporcionado caminos para la actividad hidrotermal que ha permitido la penetración de caolinita, sericitización, carbonatación y silicificación.

La presencia de sílice está acompañada de mineralización de hierro-cobre-molibdeno, poca plata y mayor cantidad de oro.

Existen sulfuros primarios como: pirita, calcopirita, y molibdenita en forma muy escasa, y presencia de oro libre o visible que para esta investigación no se evidenció de acuerdo a los análisis físico-mecánicos. Una mineralización primaria débil ha sido completamente lixiviada y la presencia de malaquita superficial en la zona es una manifestación de sulfuros mejor desarrollados en profundidad.

La mineralización de la mena 1 del nivel 1 en la concesión en Faique presenta una característica particular, ya que se ha observado la presencia de una mineralización de veta tipo rosario o bolsonada. Esto se debe a la existencia de estructuras entrecruzadas, resultado del fallo del bloque matriz. Estas estructuras muestran formas sinuosas con ensanchamientos y adelgazamientos tipo rosario, tanto en la vertical como en la horizontal de sus estructuras, lo cual se evidencia en estructuras tipo sigmoides.

La mineralización de la mina en el nivel 1, se presenta en vetillas de baja potencia (0,5 a 10 cm.) las cuales contienen cuarzo disgregado por las fracturas, medianamente oxidado el cual esta intercalado con tobas y brechas volcánicas; estas vetillas tienen una dirección de N 50° E.

6.2 Propiedades físicas del material de mena

Las características físicas de la roca de mena se las analizó para definir los métodos de explotación y procesamiento metalúrgico eficaz del mineral valioso presente en la roca.

Las características físicas del material de mena pueden variar en función del tipo de mineral presente en la roca, pero algunas características comunes incluyen: contenido de

humedad, peso específico, peso aparente y porosidad fueron determinadas para la presente investigación, los resultados se muestran en la tabla siguiente. Los resultados se pueden observar en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Resultados de las Propiedades Físicas del Material de Mena

Muestra	Contenido de Humedad (%)	Peso específico	Peso aparente	Porosidad	pH
JT-00001-M1-T	0,699	3,268	3,168	3,059	6,97
JT-00002-M2-T	0,674	3,024	2,987	1,230	6,96
JT-00003-M3-T	0,671	3,146	3,077	2,144	6,96

El peso específico del material de mena va a influir en la capacidad del proceso de separación, para separar los minerales valiosos de los minerales no valiosos. En los procesos de gravimétrica, los minerales se separan en función de su peso específico; por lo tanto, si los minerales de la mena tienen una diferencia significativa de densidad, se puede utilizar un proceso de separación por gravedad.

La porosidad de la roca de mena puede influir en la velocidad de lixiviación y eficiencia de cianuración, ya que pueden tener una mayor capacidad de absorción de cianuro y oxígeno, lo que puede aumentar la velocidad de lixiviación y mejorar la eficiencia de la cianuración.

6.3 Caracterización química del material de mena

Para la caracterización química del material de mena en el presente estudio se realizaron diferentes tipos de análisis químicos para determinar la cantidad y calidad de los minerales valiosos y no valiosos presentes en la mena.

Las técnicas empleadas para la caracterización química del material de mena fueron las siguientes:

Ensayo al fuego. - Los resultados del ensayo se detallan en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Resultados de Ley de Au por Ensayo al Fuego

MUESTRA	ORIGEN	Au g/ton	Ag g/ton	Cu %
JT-00001-M1-T	Mineral	0,84	3,91	0,20
JT-00002-M2-T	Mineral	3,65	3,40	0,05
Método		mjb FA	mjbEAA	

Se realizó los ensayos al fuego en el laboratorio químico y metalúrgico JVmetals de Portovelo y se determinó la ley de oro total (tenor) para cada muestra recolectada en el nivel 1, de la concesión determinando un promedio de 2,25 g/ton; todo el material obtenido de la

explotación minera es transportado a las plantas de beneficio de Portovelo hasta que se pueda construir la planta de beneficio en el sector estudiado.

Análisis químico. -Se la utilizó para conocer la concentración de los diferentes elementos presentes en la muestra mediante la espectroscopía de absorción atómica, ver Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de Análisis Químico por Absorción Atómica para Diferentes Elementos

MUESTRA	ORIGEN	Au mg/kg = g/t.
JT-00001-M1-T	Roca mineralizada	1,89
JT-00002-M2-T	Roca mineralizada	4,25
JT-00003-M3-T	Roca mineralizada	175,40

En base a los resultados del análisis químico por absorción atómica se define que no hay otro mineral del interés rentable económicamente que no sea el oro; ya que el porcentaje de los otros minerales existente en las muestras es muy bajo. De la misma manera se hizo un análisis químico para determinar la existencia de algunos minerales penalizantes que dificultan la recuperación del mineral de interés (oro), como son el caso del plomo (Pb), zinc (Zn) y arsénico (As) obteniendo como resultado concentraciones muy bajas que no afectarían al proceso de recuperación.

La muestra M3-T se destaca con su elevada concentración de oro puede ser producto del cruce de fracturas que generen bonanzas en la zona, como lo ratifican los mineros que laboran en el sector de Macará. Ver Tabla 3.

Tabla 4. Ensayo de fluorescencia de rayos X

MUESTRA	ORIGEN	Au mg/kg	Ag mg/kg	Cu mg/kg	Mo mg/kg
JT-00001-M1-T	Roca	26,21	<15,00	154,30	19,53
JT-00002-M2-T	Roca	26,76	<15,00	477,88	17,46
JT-00003-M3-T	Roca	93,65	<15,00	154,55	<3,00

Se realizó la corrida de 35 elementos químicos, pero los de interés y mayor concentración e interés minero son: oro, plata, cobre y molibdeno. Ratificándose que el mineral de interés en base a su concentración es el oro. Resultados en Tabla 4.

Análisis mineralógico. - Esta técnica permitió la identificación y cuantificación de los diferentes minerales presentes en la mena mediante un análisis químico semicuantitativo de fluorescencia de rayos x, ver Tabla 5.

Tabla 5. Resultado Mineralógico por Fusión Alcalina

Elementos mayores por XRF (fusión alcalina)			
Fórmula	Muestra	Muestra	Muestra
	JT-00001-M1-T	JT-00002-M2-T	JT-00003-M3-T
Na₂O	<0,02	<0,02	0,03
MgO	<0,02	0,23	<0,02
Al₂O₃	1,26	4,82	1,14
SiO₂	64,31	75,15	33,42
CaO	0,27	0,39	2,73
K₂O	<0,05	0,95	0,22
Fe₂O₃	21,22	10,32	30,97
P₂O₃	<0,01	0,02	<0,01
SO₃	E0,05	0,06	

Los resultados demuestran que los minerales están expresados en óxidos como están presente en las rocas y menas de muestras, el mayor porcentaje lo constituye el SiO₂ seguido de Fe₂O₃ y en menor proporción los otros óxidos, lo que ratifica que las muestras de roca están constituidas de cuarzo y sulfuros especialmente de pirita, propias de los procesos hidrotermales mineralizados.

Difracción de rayos X.- La difracción de rayos X (XRD) es la única técnica de laboratorio que revela información estructural, como la composición química, la estructura cristalina, el tamaño de los cristales, la deformación, la orientación preferida y el espesor de las capas.

En minería se utiliza para la determinación de metales presentes en una mina, en base a los resultados obtenidos en las muestras analizadas, se ratifica que el cuarzo (SiO₂) se halla en porcentajes superiores al 85 % al menos en dos rocas y 37,2 en la tercera muestra; seguido de la pirita (FeS₂) en un 11 y 51,9%, lo que demuestra que la zona esta mineralizada en su mayor parte. Resultados en Tabla 6.

Tabla 6. Ensayos difracción de rayos X

Difracción de rayos X (XRD)			
Fórmula	Muestra	Muestra	Muestra
	JT-00001-M1-T	JT-00002-M2-T	JT-00003-M3-T
	%	%	%
Cuarzo SiO ₂	88,9	85,8	37,2
Clorita -	-	3,1	-
Pirita FeS ₂	11,1	4,9	51,9
Calcita Ca(CO ₃)	-	-	6,2
Laumontita Ca ₄ Al ₈ ...	-	2,5	-
Mica A ₂ B ₄₋₆	-	3,7	4,7

6.4 Análisis mineralógico

Para realizar el análisis mineralógico, se realizó en muestras del material de mena para la identificación y cuantificación de los minerales presentes en las muestras obtenidas. Este análisis fue esencial para poder comprender su textura y que tipos de minerales conforman las rocas y recomendar el proceso más adecuado para el proceso mineralúrgico y metalúrgico que debe aplicarse para la extracción del oro.

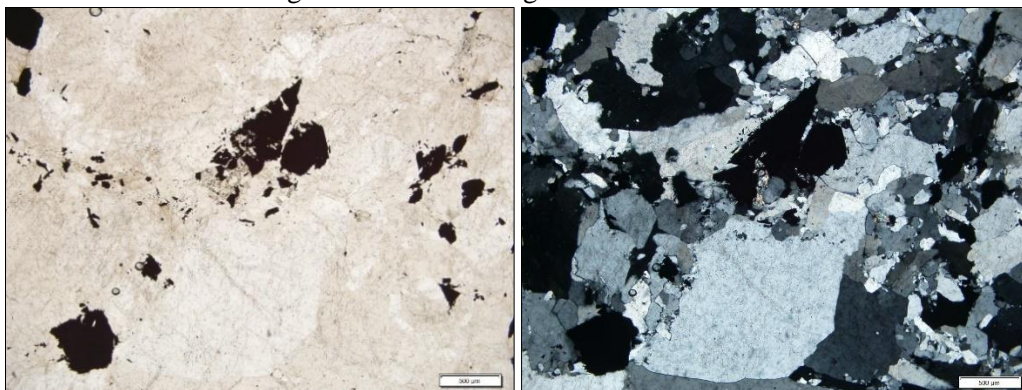
Se realizó técnicas de análisis mineralógico:

Mineralogía óptica: Para el presente análisis se efectuaron dos láminas delgadas de muestras de material de mena, ver Figura 35.

Las fotos son realizadas con luz transmitida y con polarizador cruzado en el microscopio polarizante.

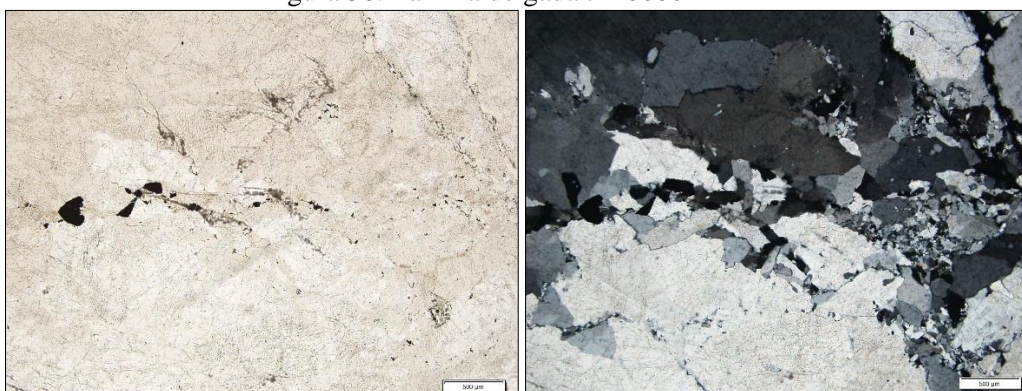
La textura de ambas muestras de rocas son alotriomorfa, residuales, facturada, fantasma; su microestructura presenta láminas de traslación en un patrón en tablero de ajedrez típica de zonas hidrotermales altamente fracturadas y vetillas en varias direcciones. Ver Figura 35, Figura 36.

Figura 35. Lámina delgada JT-00001-M1-T



Fuente: El autor

Figura 36. Lámina delgada JT-00002-M2-T



Fuente: El autor

Como mineral de mena en un 10%, se presenta la **pirita**, con cristales verde pálido - amarillo, relieve alto, euhedrales, birrefringencia débil, colores de interferencia de primer orden.

Minerales de ganga como: **cuarzo** 50% presenta cristales incoloros, subhedrales, extinción ondulatoria, relieve bajo, birrefringencia débil, los finos tienen tamaños de 0,01 a 1mm., los gruesos son de 1mm a 6mm, color de interferencia de primer orden, presentan inclusiones de opacos, uniaxial (+); y **feldespato** 30% con microcristales incoloros, anhedrales, relieve bajo, birrefringencia débil, biaxial, con tamaños de 0.3mm a 9 mm.

Los minerales de alteración hidrotermal 10% está conformado **por calcita, sericita e illita**; el tipo de alteración es argílica, grado de alteración de la roca es intermedia y la roca encajante es andesita.

Como observaciones generales de estas rocas se puede destacar: poseen 2 tamaños predominantes de cuarzo, presencia de inclusiones fluidas. Roca masiva, moteada, diseminadas densas, color blanquecino a gris, con bajo grado de meteorización se observan segregación de carbonatos y sericita. Contiene estructuras residuales que se caracterizan esencialmente por

asociaciones residuales, formadas por relictos de cristales de cuarzo anhédricos, subhédricos o euhédricos, agrupados en archipiélagos e incluidos en una masa de cuarzo recristalizado.

Contiene fantasmas de calcita incluidos en una masa de cuarzo cristalino. Esta textura resulta de un reemplazamiento por cuarzo respetando la morfología inicial (reemplazamiento seudomórfico), laminar (paralelo al pinacoide) si se trata de calcita (bladed calcite o calcita hojosa, muy frecuente en los contextos epitermales).

6.5 Ensayos de flotación

Para obtener una pulpa homogénea a la entrada de la flotación, se debe utilizar diferentes reactivos desde las etapas previas a la flotación, cada reactivo tiene diferente naturaleza y cumplen distintas funciones.

Los reactivos para utilizar para el proceso de flotación son: espumantes, colectores, depresantes y modificadores de pH.

En base a los resultados de laboratorio de las muestras se ha obtenido los siguientes resultados: Ver tablas 7, 8 y 9 anexos de ensayos de resultados.

Tabla 7. Leyes de material

No. Muestra	Au (g/Tm)	Ag (g/Tm)	Cu (%)	As (%)
JT-00001-M1-T	0,84	3,91	0,02	-
JT-00002-M2-T	3,65	3,4	0,05	-

Tabla 8. Pruebas de flotación

Parámetro prueba flotación	1er Acondicionante	Flotación
Peso	A-28 = 65 g/Tm	MIBC = 55 g/Tm
Vol. H2O	Z-11 = 55 g/Tm	
% Malla-200	CuSO ₄ = 450 g/Tm	
pH natural		
Cal	Tiempo 15 min.	Tiempo 15 min.
Ph trabajo		

Tabla 9. Leyes de recuperación

	Peso (g)	Leyes recuperación			% Recuperación	
		Au (g/Tm)	Ag (g/Tm)	As (%)	Au	Ag
Cabz Calc.	500	4,01		-	99,18	
Concentrado	77,6	24,79		-		
SCAVENGER	12	5,2		-		
Relave	410,4	0,04		-		

Ratio = 3,01

En base a los resultados de los ensayos se puede definir lo siguiente:

La muestra JT-00001-M1-T. La prueba se realizó con una molienda fina, con una recuperación de 98 % en oro y con un tiempo de 10 minutos siendo el más óptimo; la ratio de concentración es de 3,01 a 1. El concentrado de pirita contiene 2,3 g Au/Tm., representa una ley muy baja y no se puede vender concentrado.

La Muestra JT-00002-M2-T. La prueba se realizó con una molienda fina, con una recuperación de 99,2% en oro y con un tiempo de 15 minutos siendo el más óptimo; la ratio de concentración es de 6,44 a 1 y el concentrado de pirita contiene 24,79 g Au/Tm.

6.6 Ensayos de cianuración

El de oro, en la práctica, se comportan adecuadamente a este proceso, los problemas que se presenta en la extracción del mineral son más de tipo mecánicas que químicas.

Tabla 10. Resultados de cianuración

Número de muestra	JT-00001-M1-T	JT-00002-M2-T
Oro total (g/Tm)	0,84	3,65
Oro Cianurable (g/Tm)	0,76	3,30
Consumo de cal (Kg/Tm)	7,75	20,56
pH trabajo	11	11
Consumo de NaCN (Kg/Tm)	6,07	9,37
Tiempo (h)	10	10

En base a los resultados de laboratorio se determina que las muestras provenientes de esta área investigada son fácilmente cianurables porque el mineral oro concentrado lo permite, en base a las leyes de cabeza que provengan de los diferentes frentes y niveles de trabajo minero. Ver Tabla 10.

7. Discusión

La caracterización física, química y mineralógica de un material de mena es esencial para poder identificar la composición y propiedades de un material mineralizado, para determinar económicamente su potencial uso y extracción económica. Al respecto, es importante analizar la composición física y química del material, así como su distribución cristalográfica, mineralógica y petrográfica de sus rocas que conforman esta mena.

En el proyecto “Caracterización físico-química y mineralógica del material de mena proveniente del área minera Joya del Oriente II, cantón Yanzatza, provincia Zamora Chinchipe, realizado por (Cuenca, 2023), se realizaron ensayos similares en la caracterización de los materiales de mena. De igual manera se investigó el trabajo de tesis denominado “Evaluación de un circuito de molienda y clasificación” realizado por (Gonzalez, 2010) en la planta de beneficio SODIREC S.A. empresa del grupo minero “BIRA S. A. ubicado en el distrito minero Zaruma – Portovelo. Al comparar ambas investigaciones me permitió correlacionar los datos obtenidos y hacer una interpretación adecuada de mis resultados; se encontraron tobas de cristales y brechas tobáceas, intercaladas con mantos de lava de composición andesítica-basáltico, de origen hidrotermal, en mi trabajo de investigación.

En el libro “Técnicas mineralógicas, químicas y metalúrgicas para la caracterización de menas auríferas” de INGEOMINAS de Colombia 2010; en su guía metodológica indica que los análisis mineralógicos suministran información sobre las especies minerales y sus características. Con ello se facilitó interpretar los resultados de las pruebas metalúrgicas y establecer las posibles causas de las dificultades en estos procesos.

En base a estas consideraciones técnicas en el presente trabajo de investigación se aplicaron técnicas similares para la identificación del material de mena proveniente del área minera “El Faique”, y para determinar las características físicas se realizaron ensayos de contenido de humedad, peso aparente, peso específico y porosidad; determinando que las menas mineralizadas son vetillas diseminadas presentes en varias direcciones, muy finas que no superan los 15 cm, de espesor rellenas de cuarzo, que se hallan dentro de los procesos hidrotermales de rocas volcánicas; lo que me permitió observar y determinar que la mena investigada contiene mineralización de altos tenores de oro diseminado, los valores de plata y cobre son menores y no representa un interés económicamente rentable.

El umbral económico para estos minerales puede variar significativamente dependiendo de diversos factores, como el tamaño y la ley del depósito de mineral, los costos operativos, el precio actual del oro en el mercado, las condiciones ambientales y laborales, la infraestructura

disponible y otros aspectos específicos de la ubicación geográfica y las condiciones locales, a continuación, se indican umbrales para el Au, Ag, Cu, transmitidos vía telefónica por Jv Metal ver tabla 11.

Tabla 11. Umbrales económicos para explotación

Mineral	Au (g/Tm)	Ag (g/Tm)	Cu (%)
Umbral Económico	1	12	0.3

El metal equivalente o ley equivalente permite valorar la ley en términos de mineral de mayor ocurrencia como es el oro y los subproductos que serían la plata y el cobre que contienen valor comercial, en este caso se ha procedido a ubicar los minerales de menor proporción en función del mineral de mayor cantidad. Ver tabla 12.

Tabla 12. Metal equivalente

Metal	Ley mineral	Umbral Económico Au	Equivalencia
Ag (g/tm)	3.655	1	1.36(g/Tn)Aueq
Cu (%)	0.035	1	0.047(g/Tn)Ag-eq

Actualmente los dueños de la concesión minera el Faique, no prestan interés a otros minerales, aunque en los resultados de equivalencia la plata tenga un valor positivo, mayor al umbral.

Con el análisis mineralógico se identificó las características de la mena que se investigó aplicando técnicas y ensayos de campo y laboratorio: al fuego, espectroscopia de absorción atómica y fluorescencia de rayos X; la caracterización mineralógica se complementó llevando a cabo ensayos de difracción de rayos X, microscopia óptica de identificación mineralógica y láminas delgadas para determinación petrográfica y minerales componentes de la arquitectura de la mena con la ayuda del microscopio de luz polarizada. En la textura de la roca se observan fenocristales de cuarzo muy alterados con presencia de seritización y carbonataciones comunes, con intensa silicificación; indicando la presencia de contactos mineralizados de diques intrusivos del batolito de Tangula con las rocas volcánicas de la formación Celica.

El Método de Ensayo al Fuego consiste en producir una fusión de la muestra usando reactivos y fundentes adecuados para obtener dos fases líquidas: una escoria constituida principalmente por silicatos complejos y una fase metálica constituida por dore, el cual colecta los metales de interés de oro. La cianuración es un proceso hidrometalúrgico basado en la utilización de

soluciones de cianuros como medio químico para lixiviar el oro contenido en minerales. El proceso de flotación es una técnica ampliamente utilizada para la recuperación de oro, procedente de minerales de cobre, minerales de metales comunes, minerales de cobre níquel, minerales del grupo del platino y muchos otros, en los cuales no pueden ser aplicados los procesos anteriores. El depósito estudiado mineralógicamente es un sistema fracturado de varias zonas de falla interceptados dejando vetillas rellenas de mineralización metálica y cuarzo, resultado de procesos hidrotermales relacionados con actividad volcánica de tipo secuencial andesítica-basáltica.

En base a las muestras recolectadas y a los resultados de laboratorio reportados por JV Metals de la ciudad de Portovelo, y el tipo de minerales existentes en el material de mena del área minera El Faique; se propone que el proceso de recuperación oro sea por sistema de flotación cuya recuperación es de 98 % en un tiempo óptimo de 15 minutos, esto en relación directa al mineral que es el Oro. Recalcando que este método al integrar la plata y el cobre que por sí solos no constituirían un yacimiento rentable pero que aumentarían las ganancias de la explotación del mineral principal.

En la elección del proceso también podría aplicar el proceso de beneficio (metalúrgico) en relación a las características del mineral de mena por lixiviación de agitación mecánica (cianuración), considerando además que, en el ensayo realizado, determinó el tiempo de agitación de 10 horas con una recuperación de 90,5% de oro cianurable.

Es importante analizar un sin número de variables y técnicas analíticas para obtener una imagen completa del proceso de beneficio a utilizar con los menores costos posibles y que esta actividad minera metalúrgica sea rentable.

8. Conclusiones

1. Dentro del área minera El Faique, en el sector investigado, existe un depósito mineral de tipo stockwork con presencia de vetillas de cuarzo con rumbos en varias direcciones entrecruzadas; pirita diseminada y sulfuros.
2. La caracterización física del material de mena permitió conocer las propiedades físicas de las rocas como: peso específico se encuentra entre (3.024-3.268), contenido de humedad encuentra entre (0.674-0.699) y porosidad encuentra entre (1.23-3.059), estos datos son básicos para definir los métodos de extracción y procesamiento mineral más adecuados.
3. La caracterización química en base a los diferentes métodos aplicados como ensayo al fuego, ratifican que la mineralización es aurífera, con un promedio de ley de Au de 2,25 g/ton.
4. El estudio determina una asociación mineralógica característica para este tipo de depósitos, es decir que no tiene mayor contenido de elementos penalizantes y cianicidas.
5. Realizadas los análisis en las muestras recolectadas en campo, permitió determinar que el oro se encuentra de forma diseminada.
6. Analizadas las muestras de la mena estudiada, se determinó que el tamaño del oro es microscópico y está asociado al cuarzo, pirita y sulfuros. Se debe recalcar que la mineralización no es refractaria, y el oro se encuentra asociado a la pirita.
7. Se realizaron pruebas metalúrgicas de flotación y cianuración en la que se obtuvo como resultado una recuperación del 98% por el método de flotación, y el 90,5% de recuperación de oro por el método de cianuración.
8. Se concluye que el método más efectivo es el de flotación.

9. Recomendaciones

1. Realizar pruebas de concentración gravimétrica en los niveles del área minera donde se observaría una mineralización de veta tipo rosario o bolsonada, debido que pudiera evidenciarse oro visible.
2. Realizar los análisis de ensayo el fuego para conocer las leyes del material a procesar y verificar la recuperación que se obtiene luego de cada proceso.
3. Continuar desarrollando la caracterización, petrográfica y mineralógica de nuevas estructuras para definir su composición y asociación mineralógica para establecer los mecanismos idóneos para mejorar los procesos en la recuperación de oro.
4. Realizar la valoración económica del montaje de una planta de beneficio por flotación y cianuración


10. Bibliografía

- Álvarez, D. O. (2013). *Propiedades físicas y químicas de la materia*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- Bateman, A. (1982). *Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico*. Barcelona: Omega S.A. .
- Blacio Aguirre , Robert Paúl. (1 de Noviembre de 2021). El Tributo en el Ecaudor. *Ambito Jurídico*(214). Recuperado el 19 de Noviembre de 2021, de <https://ambitojuridico.com.br/revista-ambito-juridico/revista-ambito-juridico-no-214-ano-xxiv-novembro-2021/amp/>
- Carranza, A. (2021). *Manual de muestreo para exploración. Subterránea y a rajo abierto*. Lima: Geología viva.
- Carrasco, O. H. (2016). *Concentración gravimétrica de menas auríferas*. Madrid: Academia Española.
- Corp., M. (2016). *El Proceso de Lixiviación para Oro*. Langley, BC Canada : 911Metallurgist.
- Cortázar Velarde, J. C. (Junio de 2020). Estrategias educativas para el desarrollo de una cultura tributaria en América Latina. Experiencias y líneas de acción. *CLAD Reforma y Democracia*(17), 130-131. Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/read/31434867/estrategias-educativas-para-el-desarrollo-de-una-siare-clad>
- Fernando Cuenca Montaña. (2023). *Caracterización físico-química y mineralógica del material de mena proveniente del área minera Joya del Oriente II, cantón Yanzatza,*. Zamora Chinchipe: Unl.
- Geosfera. (2018). *Minerales, Definición, Clasificación y Propiedades*. Maderid: Geosfera.
- Hierro, F. (2022). *Microscopia Óptica*. Palma: Universidad Illes Balears.
- Instituto Colombiano, G. M. (2010). *Guía metodológica: Técnicas mineralógicas, químicas y metalúrgicas*. Bogota: Imprenta Nacional Colombia.
- López Ruiz. (1981). *La microsonda electrónica*. New York: Instituto de Geología CSIC.
- M., F. C. (2023). *Caracterización físico-química y mineralógica del material de mena proveniente del área minera Joya del Oriente II, cantón Yanzatza, provincia Zamora Chinchipe*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Pérez Porto, J. G. (2022). *Mineralogía*. Barcelona: Definicion.
- Pinilla, R. (2017). *Proceso de Flotación en Minería: Medición, dosificación y control*. México: ECN Automation.

- Prodeminca. (2000). *Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable en Ecuador* . Quito: Prodeminca.
- Quiroz et al, V. L. (2016). Implementación de Estrategia para fomentar la Cultura Tributaria en Comerciantes Minoristas de la Bahía del Cantón Guayaquil y garantizar el Cumplimiento Normativo para evitar sanciones de ley. 12. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/686>
- Quispe et al, G. (06 de Agosto de 2020). La cultura tributaria y su efecto en la evasión fiscal en Ecuador. *Revista Espacios*, 41(29), 153. Obtenido de <https://ww.revistaespacios.com/a20v41n29/a20v41n29p12.pdf>
- Ros, A. (2017). *Recopilación sobre la metalurgia del oro* . Santiago: Naciones Unidas .
- Servicio de Rentas Internas. (Mayo de 2021). *Servicio de Rentas Internas*. Obtenido de <https://srienlinea.sri.gob.ec/sri-en-linea/inicio/NAT>
- Smirnov, V. (1982). *Geología de yacimientos minerales*. Moscú: Mir.
- Sociedad Geológica Mexicana. (2010). *Técnicas de caracterización mineral y su aplicación en exploración y explotación minera*. México: Scielo.
- UCM, D. C. (1997). *Guión de prácticas de mineralogía*. Oviedo: UCM.
- V., J. B. (2021). *Estudio de mecanismos de cianuración de oro considerando interacciones físico química de interfase*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

11. Anexos

Anexo 1. Ensayo de leyes minerales




Información del cliente			
Cliente	:	Juan Torres Cartuche	
Telefono	:	0991501182	
Dirección	:	Monteserrín	

Fecha de ingreso : 22/4/2023 13:37:06

Fecha de ensayo : 24/4/2023 9:00

Fecha de entrega : 24/4/2023 17:03



INFORME DE ENSAYO

Ref. N° 14802

Cod. Lab.	N° Bag	pmr (kg)	T. M.	Detalle de muestra	analito	Au	Ag	Cu
					unidad	g/Tm	g/Tm	%
					método	mjb FA	mjb FA	mjb EAA
33946	1	3,45	Mi	JTI-0001-M1-T		0,84	3,91	0,02
33947	1	2,00	Mi	JTI-0002-M2-T		3,65	3,40	0,05

...Información proporcionada por el cliente. JVmetals no es responsable de dicha información.
 N° Bag (cantidad de bolsas que conforman el compuesto para el análisis)
 pmr (peso de muestra recibida), TM (tipo de muestra), CC=concentrado, MI=mineral, Ar=arena

Información de método

mjb cc_FA(Nw) Determinación de oro y plata en concentrados polimetálicos por ensayo a fuego aplicando el método Newmon (SGC-PEJV07-06)


mjb cc_FA Determinación de oro y plata en concentrados polimetálicos por ensayo a fuego (SGC-PEJV07-03)

mjb FA Determinación de oro y plata en minerales y concentrados por ensayo a fuego (SGC-PEJV07-03).

mjb FA* Determinación de oro en minerales y relaves $\leq 1,25$ g/t por ensayo a fuego y AA (SGC-PEJV07-04).

mjb EAA Determinación de Cu, Pb, Zn, As, Sb, Fe, Mo, Bi, por digestión ácida y espectroscopía de absorción atómica

- El ensayo fue realizado en la instalación del laboratorio, Sitio El Pache.
- Los resultados obtenidos en este informe corresponden solamente a los items ensayados.
- Los items de ensayos se almacenaran por un periodo de 2 meses.
- Esta prohibida la reproducción parcial de este informe sin la autorización escrita del laboratorio JV metals.
- JVmetals no se responsabiliza por el origen o toma de la muestra.




Ing. Quím. José Bueno Malla
Jefe de laboratorio
1011-15-1386578

pag 1 de 1
Fin del informe

Vía principal, frente a la empresa eléctrica.
EL PACHE - PORTOVELO - EL ORO

lab.jvmetals@gmail.com




Diego Mora
PROPIETARIO

Ing. José Bueno Malla
JEFE DE LABORATORIO

OFICINA: 2948 803
0969 537170


Anexo 2. Ensayo de flotación




PRUEBA METALÚRGICA DE FLOTACIÓN

Cod. 0036

Cliente : Juan Torres Cartuche
 Cod. Cliente : JT-0001-M2-T
 Codigo Lab. : **33947**
 Fecha : miércoles, 26 de abril de 2023



Leyes del material				
Cod Lab	Au (g/Tm)	Ag (g/Tm)	Cu (%)	As (%)
33947	3,65	3,4	0,05	-



Parámetros prueba Flotación:	1er Acondicionamiento	Flotación
Peso = 500 g	A-208 = 65 g/Tm	MIBC = 55 g/Tm
Vol. H2O = 1,25 L	Z-11 = 55 g/Tm	
% Malla -200 = 77,5%	CuSO4 = 450 g/Tm	
pH nat = 7		
Cal = -	Tiempo = 15 min.	Tiempo = 15 min.
pH trabajo = 6,5		



	Peso (g)	Leyes			% Recup.	
		Au (g/Tm)	Ag (g/Tm)	As (%)	Au	Ag
Cabz Calc.	500	4,01		-	-	-
Concentrado	77,6	24,79		-	99,18	-
SCAVENGER	12	5,2		-	-	-
Relave	410,4	0,04		-	-	-


Ratio = **6,44**

La prueba se realizó con una molienda de fina ; con una recuperación de 99,2 % en oro, y , con un tiempo de flotación de 15 minutos siendo el mas optimo.

El ratio de concentración es de 6,44 a 1


El concentrado de Pirita contiene 24,79 g Au/Tm

 Vía principal, frente a la empresa eléctrica.
 EL PACHE - PORTOVELO - EL ORO
 lab.jvmetals@gmail.com




LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO
JV METALS
REPORTADO

Diego Mora
PROPIETARIO
 Ing. José Bueno Malla
JEFÉ DE LABORATORIO

OFICINA: 2948 803
 **0969 537170**


Anexo 3. Ensayo de flotación



PRUEBA METALÚRGICA DE FLOTACIÓN

Cod. 0035

Cliente : Juan Torres Cartuche
 Cod. Cliente : JT-0001-M1-T
 Codigo Lab. : **33946**
 Fecha : miércoles, 26 de abril de 2023



Leyes del material				
Cod Lab	Au (g/Tm)	Ag (g/Tm)	Cu (%)	As (%)
33946	0,84	3,91	0,02	-

Parámetros prueba Flotación:	1er Acondicionamiento	Flotación
Peso = 500 g	A-208 = 45 g/Tm	MIBC = 35 g/Tm
Vol. H2O = 1,25 L	Z-11 = 30 g/Tm	
% Malla -200 = 78,3%	CuSO4 = 300 g/Tm	
pH nat = 7		
Cal = -	Tiempo = 10 min.	Tiempo = 10 min.
pH trabajo = 6,5		

	Peso (g)	Leyes			% Recup.	
		Au (g/Tm)	Ag (g/Tm)	As (%)	Au	Ag
Cabz Calc.	500	0,86		-	-	-
Concentrado	166,1	2,30		-	97,98	-
SCAVENGER	44,3	0,9		-	-	-
Relave	289,6	0,03		-	-	-

Ratio = **3,01**

REPORTADO


La prueba se realizó con una molienda de fina ; con una recuperación de 98 % en oro, y , con un tiempo de flotación de 10 minutos siendo el mas optimo.

El ratio de concentración es de 3,01 a 1

El concentrado de Pirita contiene 2,3 g Au/Tm, representa una ley muy baja y no se puede vender concentrado

Vía principal, frente a la empresa eléctrica.
EL PACHE - PORTOVELO - EL ORO

lab.jvmetals@gmail.com



Diego Mora
PROPIETARIO

Ing. José Bueno Malla
JEFE DE LABORATORIO

OFICINA: 2948 803
0969 537170

Anexo 4. Ensayo de cianuración



**JV
METALS**

LABORATORIO QUÍMICO - METALÚRGICO
labjPEvmetals@gmail.com

LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO

JV METALS



Nombre: Juan Torres Cartuche

Fecha de recepc: 22/4/2023 13:42

Fecha de entrega: 24/4/2023 17:05

Recp. N°
14802

INFORME DE ENSAYO DE CIANURACION

Detalle de muestra	JT1-0001-M1-T	JT1-0002-M2-T	
Codigo Lab	33946	33947	
Oro Total (g/Tm)	0,84	3,65	
Oro Cianurable (g/Tm)	0,76	3,30	
Consumo Cal (Kg/Tm)	7,75	20,56	
pH trabajo	11	11	
Consumo NaCN (Kg/Tm)	6,07	9,37	
Tiempo (h)	10	10	



 Vía principal, frente a la empresa eléctrica.
EL PACHE - PORTOVELO - EL ORO

 lab.jvmetals@gmail.com



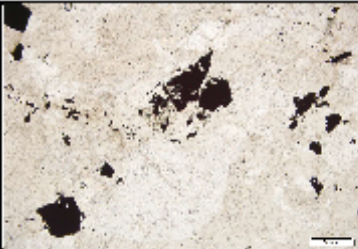
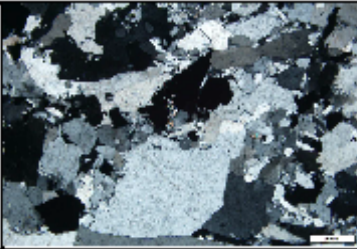


Diego Mora
PROPIETARIO

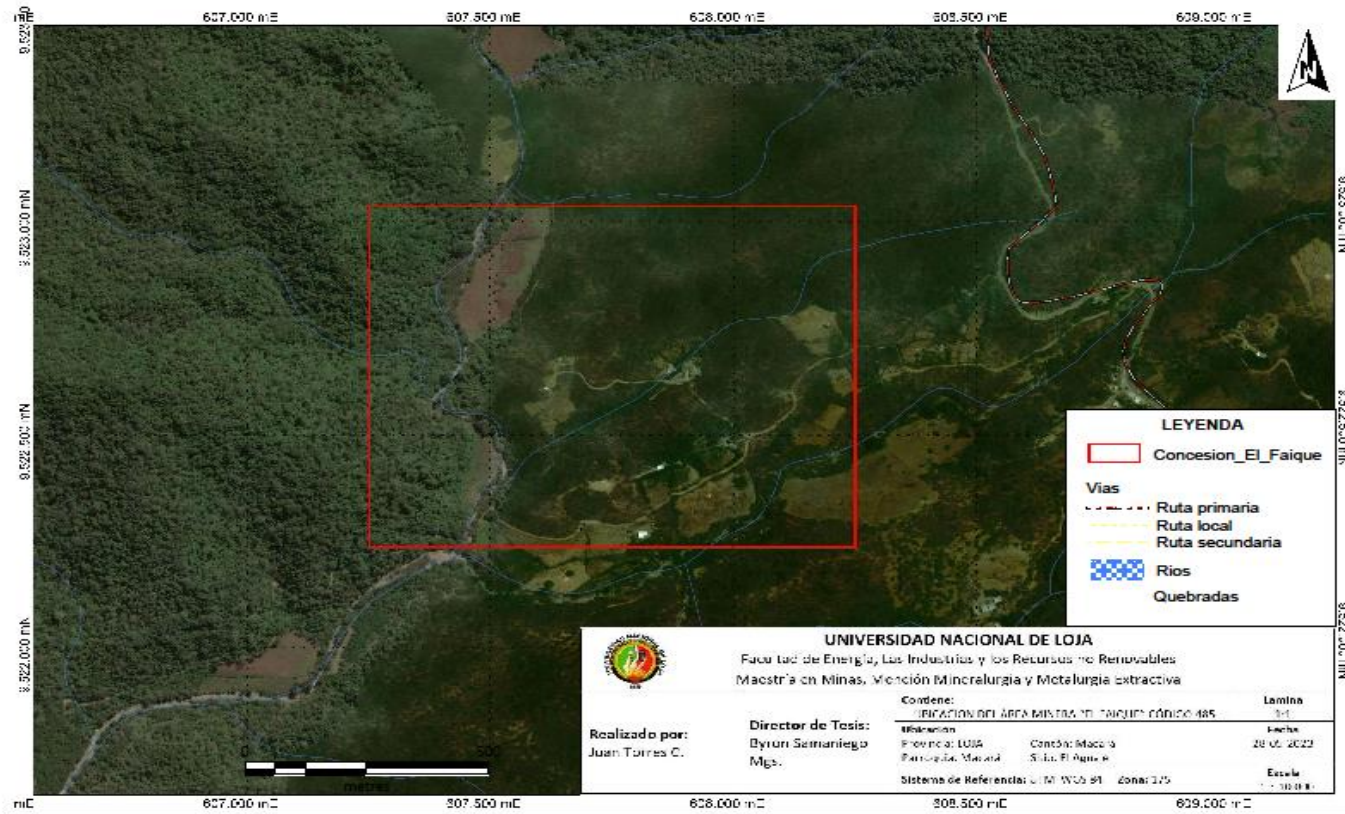
Ing. José Bueno Malla
JEFÉ DE LABORATORIO

OFICINA: 2948 803
0969 537170

Anexo 6. Láminas delgadas

Instituto de Investigación Geológico y Energético		 Instituto de Investigación Geológico y Energético		 Gobierno del Ecuador	
CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA					
FICHA PETROGRÁFICA					
TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN MINERÍA, MENCIÓN MINERALURGIA Y METALURGIA EXTRACTIVA.					
Datos Generales					
Estudio:	Descripción microscópica	Código:	JT1-0001-M1-T	Ficha N°	1
Fecha:	21/4/2023				
Recolector:	Juan Torres	Petrografo:	Juan Torres		
Ubicación Geográfica de la Muestra					
Provincia:	Prov. de Loja	Longitud:	80E041		
Cantón:	Macarà	Latitud:	05S026		
Parroquia:	Macara, sitio el Aguaje	Altura:			
Descripción Petrográfica					
Textura(s):					
Acloromorfa, Puzzle, residuales, fracturada, farrasosa.					
Microestructura (s):					
Láminas de fractación, patrón en tablero de ajedrez.					
					
		Fotografía con luz transmitida		Fotografía con polarizador cruzado	
Componentes (%)					
Características Petrográficas					
Minerales de Mena (%)	10%				
Pirita	10%	Cristales verde pálido-amarillo, relieve alto, subhedrales, birrefringencia débil, colores de interferencia de primer orden.			
Minerales de Ganga (%)	80%				
Cuarzo	50%	Cristales incoloros, subhedrales, extinción ondulatória, relieve bajo, birrefringencia débil. Los finos tienen tamaños de 0,01 a 1mm, los gruesos son de 1mm a 6mm, color de interferencia de primer orden, presentan inclusiones de opacos, uniaxial (+)			
Feldespato	30%	Microcristales incoloros, anhédrales, relieve bajo, birrefringencia débil, biaxial, con tamaños de 0,3mm a 9 mm.			
Minerales de Alteración (%)	10%				
Calcita	5%	Cristales incoloros, macla rómbica, birrefringencia extrema uniaxial (-)			
Sericita	3%	Como microcristales, identificables por su forma ya que no poseen maclado, fibrosos, cristales birrefringencia fuerte y extinción paralela.			
Ilita	2%	Microcristales de color amarillento, birrefringencia moderada.			
Tipo de Alteración:	Argílica				
Grado de Alteración:	Intermedia				
Roja encajante:	Árdesca				
<p>Observaciones Generales: Se tiene 2 tamaños predominantes de cuarzo, presencia de inclusiones fluidas. Rocas masiva, moteada, diseminadas densas, color blanquecina a gris, con bajo grado de meteorización se observan segregación de de carbonatos y sericita. Contiene estructuras residuales que se caracterizan esencialmente por asociaciones residuales, formadas por relictos de cristales de cuarzo anhédricos, subhédricos o euhédricos, agrupados en archipiélagos e incluidos en una masa de cuarzo recrystalizado. Contiene farrasmas de calcita incluidos en una masa de cuarzo cristalino. Esta textura resulta de un reemplazamiento por cuarzo respetando la morfología inicial (reemplazamiento pseudomórfico), laminar (paralelo al pinacoide) si se trata de calcita (biada calcite o calcita hojosa, muy frecuente en los contextos epitermales).</p>					

Anexo 7. Ubicación georreferenciada del área minera



Anexo 8. Ensayos químicos

Anexo 9. Certificado de Traducción

Mgs. MARIA MAGDALENA SARAGURO T.

CERTIFICA:

Que ha realizado la traducción del resumen de su tesis de maestría al Ing. Juan Gonzalo Torres Cartuche; en calidad de profesora de Educación Media en la especialidad de Ingles. El registro del SENESCYT corresponde al número 1008-2017-1913044.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Loja, 29 de mayo de 2023


Mgs. María Magdalena Saraguro T.

1102452800