



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

**“RECUPERACIÓN DE ORO MEDIANTE CONCENTRACIÓN
GRAVIMÉTRICA CON LA UTILIZACIÓN DE CONCENTRADORES
TIPO Z PARA EL ÁREA MINERA “GLORIA CÓDIGO 60000054,
UBICADA EN EL CANTÓN CALVAS, PROVINCIA DE LOJA –
ECUADOR”**

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

AUTOR:

Ing. Ángel Wladimir Ortiz Torres

Director:

Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia. Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 24 de marzo del 2025

Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia. Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“RECUPERACIÓN DE ORO MEDIANTE CONCENTRACIÓN GRAVIMÉTRICA CON LA UTILIZACIÓN DE CONCENTRADORES TIPO Z PARA EL ÁREA MINERA “GLORIA” CÓDIGO 60000054, UBICADA EN EL CANTÓN CALVAS, PROVINCIA DE LOJA – ECUADOR”**, de la autoría del estudiante **Ángel Wladimir Ortiz Torres**, con **cedula de identidad Nro. 1103744486**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia. Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Ángel Wladimir Ortiz Torres**, declaro ser autor del presente 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 del Trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de identidad: 1103744486

Fecha: 24/03/2025

Correo electrónico: angel.w.ortiz@unl.edu.ec

Teléfono: 0987683314

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

Yo, **Ángel Wladimir Ortiz Torres**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **“RECUPERACIÓN DE ORO MEDIANTE CONCENTRACIÓN GRAVIMÉTRICA CON LA UTILIZACIÓN DE CONCENTRADORES TIPO Z PARA EL ÁREA MINERA “GLORIA” CÓDIGO 60000054, UBICADA EN EL CANTÓN CALVAS, PROVINCIA DE LOJA – ECUADOR”**, como requisito para optar el título de **Magister 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 veinticuatro días del mes de marzo del dos mil veinticinco.

Firma:

Autor: Ángel Wladimir Ortiz Torres

Cédula: 1103744486

Dirección: Rosario Castellanos y Sebastián Valdivieso. Barrio el Rosal. Loja – Ecuador

Correo electrónico: angel.w.ortiz@unl.edu.ec

Teléfono: 0987683314

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Trabajo de Titulación: Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia. Mg. Sc.

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a mi hermosa familia que siempre han estado conmigo apoyándome para el desarrollo normal de esta etapa.

A mis compañeros de clase, por el gran paso que hemos dado en esta vida profesional.

Finalmente, a todos mis colegas que viven esta profesión con mucho esfuerzo y entrega, aportando día a día un desarrollo sostenible para la industria.

Ángel Wladimir Ortiz Torres

Agradecimiento

Primeramente, gracias a Dios por tanta sabiduría y esfuerzo.

A la Consultora MILU EMA GEOTEC SERVICIOS DE INGENIERÍA ESTGEOTERRA CIA. LTDA.

A la Universidad Nacional de Loja, Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables, por haberme aceptado en esta tan prestigiosa Maestría en Minas, mención en Mineralurgia y Metalurgia Extractiva, en especial a los docentes que compartieron sus conocimientos y experiencias de una manera desinteresada a lo largo del desarrollo de la maestría.

A toda mi familia por su gran apoyo para alcanzar esta meta.

Ángel Wladimir Ortiz Torres

Índice de contenido

| | |
|---|-----------|
| Certificación | II |
| Autoría..... | III |
| Dedicatoria | V |
| Agradecimiento | VI |
| Índices de Tablas | X |
| Índice de figuras | XII |
| 1. Título | 15 |
| 2. Resumen | 16 |
| 2.1. Abstract..... | 18 |
| 3. Introducción | 20 |
| 4. Marco teórico | 22 |
| 4.1. Formación de Yacimientos Minerales..... | 22 |
| 4.1.1. Conceptos básicos..... | 23 |
| 4.2. Minería Aluvial | 25 |
| 4.3. Placeres Aluviales..... | 26 |
| 4.3.1. Mecanismo de concentración gravitacional | 31 |
| 4.4. Sistemas de explotación aplicables a placeres aluviales | 32 |
| 4.4.1. Prospección y Exploración | 32 |
| 4.4.2. Preparación del Terreno..... | 33 |
| 4.4.3. Métodos de Explotación | 33 |
| 4.4.4. Procesamiento del Material | 33 |
| 4.4.5. Recuperación del Oro | 34 |
| 4.4.6. Gestión Ambiental..... | 34 |
| 4.4.7. Consideraciones Legales y Sociales | 34 |
| 4.5. Fracción Granulométrica | 34 |
| 4.6. Concentración Gravimétrica. | 35 |
| 4.6.1. Principios generales | 35 |
| 4.7. Equipos de concentración gravimétrica..... | 37 |
| 4.7.1. Concentradores gravimétricos tipo Z | 37 |
| 4.7.2. Concentración de mesas vibratorias | 40 |
| 4.7.3. Funcionamiento | 41 |
| 5. Metodología | 43 |
| 5.1. Enfoque y diseño metodológico..... | 43 |
| 5.2. Descripción del área de estudio | 43 |
| 5.2.1. Ubicación..... | 43 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 5.2.2. | Acceso | 44 |
| 5.2.3. | Coordenadas. | 45 |
| 5.2.4. | Topografía | 45 |
| 5.2.5. | Método y sistema de explotación en el área minera | 46 |
| 5.2.6. | DISEÑO DE CORTES | 48 |
| 5.2.7. | Descripción de las actividades mineras | 49 |
| 5.2.8. | Contexto geológico regional..... | 51 |
| 5.3. | Geología local | 52 |
| 5.3.1. | Aspectos socioeconómicos | 53 |
| 5.4. | Materiales | 53 |
| 5.5. | Metodología a aplicar | 53 |
| 5.6. | Metodología para el primer objetivo..... | 54 |
| 5.6.1. | Muestreo | 56 |
| 5.7. | Caracterización física de la muestra | 56 |
| 5.7.1. | Análisis granulométrico..... | 56 |
| 5.7.2. | Densidad relativa | 57 |
| 5.8. | Caracterización química | 58 |
| 5.8.1. | Análisis por Fluorescencia de Rayos X (FRX) | 58 |
| 5.8.2. | Ensayo al fuego | 58 |
| 5.8.3. | Fundición..... | 59 |
| 5.9. | Diagrama de flujo de proceso en laboratorio | 60 |
| 5.10. | Metodología para el segundo objetivo..... | 60 |
| 5.11. | Metodología para el tercer objetivo | 63 |
| 6. | Resultados | 64 |
| 6.1. | Análisis Técnico – Económico del área minera “GLORIA”; código 60000054. 64 | |
| 6.1.1. | Planificación Minera..... | 64 |
| 6.1.2. | Detalle de equipos y maquinaria. | 65 |
| 6.1.3. | Especificaciones de Elaboración de la Clasificadora Tipo Z. | 67 |
| 6.1.4. | Recursos Minerales..... | 68 |
| 6.1.5. | Reservas Minerales..... | 70 |
| 6.1.6. | Inversiones realizadas para el área minera | 71 |
| 6.1.7. | Análisis de Costos de producción..... | 72 |
| 6.1.8. | Relación Costo Beneficio | 73 |
| 6.2. | Análisis granulométrico..... | 74 |
| 6.3. | Densidad..... | 76 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 6.4. | Fracción Granulométrica..... | 76 |
| 6.5. | Análisis químico | 77 |
| 6.5.1. | Fluorescencia de Rayos X (FRX)..... | 77 |
| 6.5.2. | Ensayo al fuego | 79 |
| 6.6. | Análisis Físico – Químico. – | 80 |
| 6.6.1. | Tamaño y Forma..... | 80 |
| 6.6.2. | Colores y Brillo. | 80 |
| 6.6.3. | Texturas Superficiales. | 81 |
| 6.6.4. | Presencia de Cuarzo..... | 81 |
| 6.6.5. | Presencia de Feldespatos. | 81 |
| 6.6.6. | Presencia de minerales Oscuros. | 81 |
| 6.6.7. | Presencia de Óxidos de Hierro. | 81 |
| 6.6.8. | Presencia de minerales de tipo micas y Epidotas. | 81 |
| 6.6.9. | Presencia de Oro..... | 81 |
| 6.7. | Caudal (Q). | 82 |
| 6.7.1. | Motor De Bombeo Nro. 1..... | 82 |
| 6.7.2. | Motor de Bombeo Nro. 2.- | 83 |
| 6.8. | Coeficiente de esponjamiento de la grava..... | 84 |
| 6.9. | Criterio de concentración..... | 85 |
| 6.10. | Tiempo de procesamiento y carga de material..... | 85 |
| 6.11. | Propuesta al proceso de recuperación..... | 86 |
| 6.11.1. | Pruebas para mejorar la recuperación de oro..... | 87 |
| 6.11.2. | Análisis de las pruebas | 91 |
| 7. | Discusión..... | 94 |
| 8. | Conclusiones | 96 |
| 9. | Recomendaciones..... | 97 |
| 10. | Bibliografía..... | 98 |
| 11. | Anexos..... | 103 |

Índices de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Coordenadas UTM WGS 84/PSAD 56 del área minera y frente de explotación (WGS 84)..... | 45 |
| Tabla 2. Materiales empleados..... | 53 |
| Tabla 3. Variables claves para la recuperación de oro..... | 60 |
| Tabla 4. Planificación Minera..... | 64 |
| Tabla 5. Descripción de Excavadora de Orugas 320 DL..... | 65 |
| Tabla 6. Detalle de motor de bombeo Nro.1..... | 66 |
| Tabla 7. Detalle del motor de bombeo Nro. 2..... | 66 |
| Tabla 8. Especificaciones de Elaboración de la Clasificadora Tipo Z..... | 67 |
| Tabla 9. Detalle recursos medidos..... | 69 |
| Tabla 10. Detalle recursos indicados..... | 69 |
| Tabla 11. Detalle recursos interferidos..... | 70 |
| Tabla 12. Reservas Minerales Probadas..... | 70 |
| Tabla 13. Detalle de reservas probables..... | 71 |
| Tabla 14. Inversiones realizadas para el área minera..... | 71 |
| Tabla 15. Análisis de Costos de producción..... | 72 |
| Tabla 16. Relación Costo-Beneficio..... | 73 |
| Tabla 17. Beneficio (Utilidad) por jornada..... | 73 |
| Tabla 18. Proyección de un año de la relación Costo-Beneficio..... | 74 |
| Tabla 19. Análisis granulométrico..... | 75 |
| Tabla 20. Densidad relativa o gravedad específica Bulk del agregado..... | 76 |
| Tabla 21. Composición química de la muestra 1 (Entrada Tolva)..... | 77 |
| Tabla 22. Composición química de la muestra 1 (Salida Clasificadora)..... | 78 |
| Tabla 23. Resultados de concentración de oro..... | 79 |
| Tabla 24. Características de la bomba..... | 82 |
| Tabla 25. Detalle de equipos..... | 83 |
| Tabla 26. Densidad y coeficiente de esponjamiento..... | 84 |
| Tabla 27. Parámetros considerados en el proceso de lavado en clasificadora gravimétrica tipo Z..... | 86 |
| Tabla 28. Parámetros considerados en el proceso de lavado en clasificadora gravimétrica tipo z (condiciones iniciales)..... | 87 |

| | |
|---|----|
| Tabla 29. Parámetros considerados en el proceso de lavado en clasificadora gravimétrica tipo z (condiciones iniciales) | 89 |
| Tabla 30. Parámetros considerados en el proceso de lavado en clasificadora gravimétrica tipo z (condiciones iniciales) | 90 |
| Tabla 31. Ensayo de condiciones iniciales del trabajo | 92 |
| Tabla 32. Porcentaje de recuperación oro a diferentes ángulos de inclinación..... | 93 |

Índice de figuras

| | |
|--|-----------|
| Figura 1. Proceso de formación de placeres aluviales de oro | 27 |
| Figura 2. Clasificación de los elementos pesados en los aluviones. Génesis del yacimiento del Área Minera “Reina del Cisne” Cod. 50000872 | 28 |
| Figura 3. Secuencia de distribución de tiempo. Génesis del yacimiento del Área Minera “Reina del Cisne” Cod. 50000872..... | 29 |
| Figura 4. Clasificación de minerales de diferente densidad. Génesis del yacimiento del Área Minera “Reina del Cisne” Cod. 50000872..... | 30 |
| Figura 5. Explotaciones aluviales para el yacimiento del Área Minera “Reina del Cisne” Cod. 50000872..... | 31 |
| Figura 6. Concentrador gravimétrico Tipo Z. | 37 |
| Figura 7. Mesa vibratoria, prototipo UNL. | 42 |
| Figura 8. Ubicación de la zona de estudio. | 44 |
| Figura 9. Acceso a la zona de estudio. | 44 |
| Figura 10. Topografía de la zona de estudio | 46 |
| Figura 11. Organigrama | 47 |
| Figura 12. Área minera | 48 |
| Figura 13. Diseño de cortes en el área | 48 |
| Figura 14. Etapa de preparación..... | 49 |
| Figura 15. Excavadora utilizada para el arranque y transporte | 50 |
| Figura 16. Ubicación de la grava en la tolva..... | 51 |
| Figura 17. Geología de la zona de estudio. | 52 |
| Figura 18. Visita técnica a la zona de estudio. | 55 |
| Figura 19. Caracterización de la grava a analizar. | 55 |
| Figura 20. Homogenización y cuarteo. | 56 |
| Figura 21. Análisis granulométrico..... | 57 |
| Figura 22. Método del troncocónico. | 57 |
| Figura 23. Muestras con la mezcla fundente..... | 59 |
| Figura 24. Etapa de fundición y vertido..... | 59 |
| Figura 25. Proceso de laboratorio | 60 |
| Figura 26. Proceso de identificación de oro | 61 |
| Figura 27. Área de explotación | 68 |

| | |
|--|-----------|
| Figura 28. Curva granulométrica. | 75 |
| Figura 29. Distribución de elementos muestra entrada tolva. | 78 |
| Figura 30. Distribución de elementos muestra salida clasificadora. | 79 |
| Figura 31. Muestras recogidas | 80 |
| Figura 32. Datos de las pruebas | 92 |
| Figura 33. Mesa vibratoria | 93 |
| Figura 34. Recuperación de oro variando ángulo de inclinación..... | 93 |

Índice de Anexos

| | |
|---|------------|
| Anexo 1. Fichas de campo. | 103 |
| Anexo 2. Análisis granulométrico | 105 |
| Anexo 3. Determinación de la densidad y absorción..... | 110 |
| Anexo 4. Fluorescencia de Rayos X (FRX)..... | 112 |
| Anexo 5. Ensayo al Fuego. | 114 |
| Anexo 6. Datos generales de la concesión minera..... | 115 |
| Anexo 7. Cronograma de actividades. | 117 |
| Anexo 8. Inversiones realizadas por exploración. | 118 |
| Anexo 9. Ritmo de explotación anual..... | 118 |

1. Título

“RECUPERACIÓN DE ORO MEDIANTE CONCENTRACIÓN GRAVIMÉTRICA CON LA UTILIZACIÓN DE CONCENTRADORES TIPO Z PARA EL ÁREA MINERA “GLORIA” CÓDIGO 6000054, UBICADA EN EL CANTÓN CALVAS, PROVINCIA DE LOJA – ECUADOR”

2. Resumen

El presente trabajo de titulación denominado **“RECUPERACIÓN DE ORO MEDIANTE CONCENTRACIÓN GRAVIMÉTRICA CON LA UTILIZACIÓN DE CONCENTRADORES TIPO Z PARA EL ÁREA MINERA “GLORIA” CÓDIGO 60000054, UBICADA EN EL CANTÓN CALVAS, PROVINCIA DE LOJA – ECUADOR”**, tiene como objetivo mejorar la recuperación de oro de los placeres dentro del área minera, debido a que existe una recuperación del 55.25%, considerándose poco rentable para el proyecto.

Para esta área minera, las actividades comenzaron con la caracterización del material mineralizado, lo cual se llevó a cabo un muestreo para determinar sus propiedades como: densidad y granulometría. Una vez terminada la caracterización, se procedió con los análisis de laboratorio con el objetivo de conocer las leyes presentes en la grava. Posteriormente se identificaron las características del oro aluvial mediante dos métodos, observación directa, apertura de calicatas y ensayos rápidos con la ayuda de equipos portables de muestreo de metales preciosos.

El área minera “GLORIA”, abarca una superficie de 5.8000 m², con un solo frente de explotación. Mediante una excavadora de orugas (CATERPILLAR 320 DL), se realiza el destape, arranque, acumulación y traslado del material mineralizado hacia la concentradora tipo Z. El material mineralizado, es colocado en la tolva, en donde se separa la arcilla y grava con la ayuda de presión de agua; la arena que pasa queda atrapada en los canalones y el oro libre es depositado en las trampillas, las mismas que están compuestas por una malla y cobija.

Al analizar el material de la grava, se determinó que existe un tenor promedio entre 0,15 g/m³ y una ley de colas 0,12 g/m³ (resultados laboratorio: promedio 0,06 g/Ton entrada; 0,047 g/Ton salida), concluyendo que existe una baja recuperación de mineral de interés. El análisis de la granulometría nos permitió clasificar los tamaños del material dando cantidades similares de arena y grava.

Finalmente se identificó que existen bajas concentraciones de oro en los placeres aluviales del área minera, razón por la cual, y desde el punto de vista técnico, es imprescindible, la aplicación de sistemas y métodos, que sean económicos, rentables, aplicables y sustentables a corto y largo plazo, para el desarrollo normal del proyecto

minero. Así de esta manera, se pudo analizar que uno de los problemas en la recuperación de oro, es en la inclinación de los ángulos en los canalones, el caudal del agua, y longitud de recuperación en los canalones posteriores o secundarios. Es por ello que se propuso variar estos ángulos con el fin de mejorar la recuperación de oro, así como también la disposición de una trampa adicional entre la criba principal y el canalón primario (babero). Adicionando un sistema de canalones, recubiertos con trampas y recubrimientos tradicionales (alfombras entrelazadas y mallas electrosoldadas); y la regulación del caudal del agua.

Palabra clave: Concentrador tipo Z, recuperación de oro, placeres aluviales.

2.1. Abstract

The present work of titling called "Gold recovery by gravimetric concentration with the use of Z-type concentrators, for the mining area "GLORIA", code 60000054, located in the canton Calvas, province of Loja - Ecuador, aims to improve the recovery of gold from the placers within the mining area, because there is a recovery of 55.25%, considering it unprofitable for the project.

For this mining area, the activities began with the characterization of the mineralized material, which was sampled to determine its properties such as: density and granulometry. Once the characterization was finished, laboratory analysis was carried out in order to know the laws present in the gravel. Later, the characteristics of alluvial gold are identified by two methods, direct observation, opening of test pits and rapid tests with the help of portable precious metal sampling equipment.

The mining area "GLORIA" covers an area of 5,8000 m², with a single exploitation front. Using a crawler excavator (CATERPILLAR 320 DL), the mineralized material is uncovered, extracted, accumulated and transported to the Z-type concentrator. The mineralized material is placed in the hopper, where the clay and gravel are separated with the help of water pressure; the sand that passes through is trapped in the channels and the free gold is deposited in the traps, which are made up of a mesh and a cover.

When analyzing the gravel material, it is estimated that there is an average content between 0.15 g/m³ and a tailings grade of 0.12 g/m³ (laboratory results: average 0.06 g/Ton input; 0.047 g/Ton output), concluding that there is a low recovery of mineral of interest. The analysis of the granulometry allowed us to classify the sizes of the material giving similar quantities of sand and gravel.

Finally, it was identified that there are low concentrations of gold in the alluvial placers of the mining area, which is why, and from a technical point of view, it is essential to apply systems and methods that are economical, profitable, applicable and sustainable in the short and long term, for the normal development of the mining project. Thus, it was possible to analyze that one of the problems in the recovery of gold is the inclination of the angles in the channels, the water flow, and the recovery length in the subsequent or secondary channels. For this reason, it is proposed to vary these angles in order to improve the recovery of gold, as well as the provision of an additional trap between the main screen

and the primary channel (bib). Adding a system of channels, lined with traditional traps and coatings (interlaced mats and electro-welded mesh); and the regulation of the water flow.

Keyword: Z-type concentrator, gold recovery, alluvial placers.

3. Introducción

La actividad minera en el Ecuador, en los últimos años ha desempeñado un papel importante en la economía, cobrando gran importancia y apuntalándose como una de las principales fuentes de ingresos económicos para el país. El descubrimiento de nuevos yacimientos mineros polimetálicos involucra procesos de extracción y recuperación de minerales.

El tratamiento y beneficio de minerales metálicos, se efectúan por medio de procesos complejos, donde se combinan técnicas físicas, químicas y biológicas, que procesan los materiales mineralizados y que son rentables, transformándolos en minerales libres para su comercialización, por lo general estos métodos se aplican para menas (minerales primarios).

Para la recuperación de minerales preciosos en estado natural libre, para el caso de oro, en nuestro país se ha adoptado una metodología que utiliza la gravedad y densidad del metal, donde se aplican un sinnúmero de métodos, algunos de estos no tradicionales y/o convencionales, la misma que en la mayoría de los casos se utiliza concentradores gravimétricos tipo Z, el cual se usa para separar partículas de minerales de diferentes gravedades específicas, aprovechando sus diferencias de movimiento en respuesta a una o más fuerzas iguales aplicadas a dos partículas de igual tamaño (López, 2004).

Los placeres aluviales de oro son producto de la erosión y liberación de depósitos hidrotermales de oro o vetas, las cuales son transportados por sistemas de corrientes de aguas abajo a distancias que van desde metros a cientos de kilómetros (Stewart, et al., 2017; Marsden & House, 2006). En Ecuador se encuentran alrededor de los yacimientos primarios, en las zonas montañosas y en las cuencas de los ríos que nacen en estas zonas (Cordillera Occidental, Cordillera Real y Amazonía). Los placeres aluviales son los más explotados a nivel de pequeña minería y minería artesanal.

La presente investigación se enfoca en obtener la mayor recuperación de oro de placeres aluviales dentro del área minera “GLORIA”; código 60000054; utilizando el proceso de concentración gravimétrica mediante concentradores tipo Z, combinando los principios de la clasificación difusa, con la separación de partículas basadas en su peso; esto hace referencia a placeres aluviales depositados a lo largo del río Calvas, cuyo principal mineral de interés es el oro; el mismo que se encuentra en estado libre. Es

necesario un estudio y análisis mineralógico y granulométrico, que permita identificar, cuantificar y cualificar su porcentaje y concentración.

Dentro del área minera “GLORIA”; código 60000054, ubicada en el cantón Calvas, provincia de Loja – Ecuador, la aplicación de metodologías tradicionales, como el uso de concentradores gravimétricos tipo Z, conforme un análisis macroscópico en las colas, ha determinado que el oro, no se retiene y/o se queda en las trampas de la clasificadora, por ende, pérdidas económicas.

Objetivos:

Objetivo general

- Identificar el proceso de recuperación de oro mediante concentración gravimétrica con la utilización de concentradores tipo Z, para el área minera “GLORIA”; código 60000054, ubicada en el cantón Calvas, provincia de Loja – Ecuador.

Objetivos específicos

- Caracterizar las gravas auríferas a nivel físico – químico y mineralógico, que ingresan a la tolva del concentrador gravimétrico tipo Z para el área minera “GLORIA”; código 60000054, ubicada en el cantón Calvas, provincia de Loja – Ecuador.
- Determinar las variables que intervienen en el proceso de recuperación de oro obtenido en el concentrador gravimétrico tipo Z para el área minera “GLORIA”.
- Mejorar la recuperación de oro de los placeres aluviales dentro del área minera “GLORIA”; código 60000054, ubicada en el cantón Calvas, provincia de Loja – Ecuador.

4. Marco teórico

4.1. Formación de Yacimientos Minerales

Un yacimiento mineral es una concentración natural de minerales en la corteza terrestre. La concentración de un determinado mineral se llama “grado” de un yacimiento mineral (Ingeoexpert, 2018, párr. 1).

Ingeoexpert (2018, párr. 1) señala que, dentro de la minería, un yacimiento mineral se precisa como una acumulación de minerales está clasificado por grados de concentración de mineral lo suficientemente altos como para que sea económico para la explotación minera extraerlos. En ese sentido se considera que cada tonelada de roca que contiene los minerales de interés debe tener una consideración en cuanto a sus costos, es decir el costo de su extracción y separación es inferior al valor contenido una vez procesada. La roca que directamente tiene un contenido que puede ser explotado se la denomina mineral.

Por otro lado, Trumbull & Codeço (2023) delimitan a los yacimientos minerales como masas de minerales, mismas que se extraen para obtener los metales necesarios para ser usados en la elaboración y configuración de máquinas y dispositivos. En ocasiones los procesos naturales pueden generar concentraciones de minerales en ciertas zonas y se los puede encontrar en el agua del mar, los seres vivos e incluso el cuerpo humano.

Nuestro planeta este compuesto por distintas capas que responden a necesidades geoquímicas, mineralógicas y petrológicas, siendo el núcleo la zona más profunda, seguida del manto como capa intermedia y la corteza terrestre es la capa externa y mas expuesta al entorno. Desde un punto de vista geoquímico y como se destaca en la investigación del Servicio Geológico Mexicano (2017) en la capa más externa se encuentran distribuidos una amplia cantidad de elementos químicos, mismos que permiten la formación de distintos tipos de rocas como ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Los procesos geológicos desempeñan un papel fundamental dentro de la formación de rocas y en la concentración de ciertos minerales o elementos y la superficie terrestre es un espacio muy dinámico en el que se producen numerosos procesos geológicos. Los procesos internos levantan y construyen la superficie de la Tierra,

mientras que los procesos externos tienden a destruir la forma del relieve de la Tierra mediante la meteorización, la erosión y el ciclo hidrológico (Rao y Nara, 2021).

Es importante reconocer que los procesos geológicos son capaces de originar yacimientos minerales como la cristalización magmática, la meteorización, la precipitación química, la acción hidrotermal, entre otros. Dichos procesos permiten que los depósitos minerales adquieran características específicas que determinan su viabilidad como recurso natural. Rao y Nara (2021) añaden que los procesos geológicos internos y externos que dan forma a la Tierra son explicados desde la evolución del Himalaya y la generación de enormes sedimentos a partir de él, con la formación del abanico de Bengala más grande del mundo.

Para el Servicio Geológico Mexicano “un depósito de minerales o yacimiento mineral sería: parte de la corteza terrestre, en la cual, debido a procesos geológicos, ha habido una acumulación de materia prima mineral, la cual por sus características de cantidad, calidad y condiciones de depósito es redituable su explotación” (Servicio Geológico Mexicano, 2017, párr. 3).

Arndt et al., (2017) considera que la definición del término depósito de mineral específicamente en la literatura geológica se determina como una masa de roca que contiene un elemento, compuesto o mineral útil con un grado (concentración) y cantidad total suficientemente alta para que el material pueda extraerse de manera económica.

4.1.1. Conceptos básicos

Para hablar de yacimientos minerales, es fundamental conocer algunas definiciones y generalidades clave, como los procesos de formación, los tipos de depósitos, la clasificación de minerales y los factores económicos que determinan su explotación. A continuación, se detallan algunos:

- Mineral; se lo reconoce como un cuerpo sólido que puede aparecer de formas muy diversas en la naturaleza ya sea aislado o como componente fundamental de las rocas.
- Mineral comercial; mineral cuyo contenido posee un valor económico comercializable en los mercados base la cual justifica su explotación.

- **Minerales asociados;** son aquellos que en el momento de la explotación pueden o no, tener un valor comercial.
- **Metalogenia;** se reconoce como una rama de la geología económica que permite designar el conjunto de conocimientos que estudian a los yacimientos o depósitos minerales.
- **Mena;** es el mineral cuya explotación presenta interés, refiriéndose al mineral del que se extrae el elemento químico útil (Cu de la calcopirita, Hg del cinabrio, Sn de la casiterita, entre muchos ejemplos posibles). Este término es más comúnmente utilizado en minerales metálicos (Higuera, P. s f).
- **Ganga;** aquellos minerales o materiales no valiosos que acompañan a la mena en un yacimiento. Comprende a los minerales que acompañan a la mena, pero que no presentan interés minero en el momento de la explotación (cuarzo, calcita, etc.). Minerales considerados como ganga en determinados momentos se han transformado en menas al conocerse alguna aplicación nueva para los mismos.
- **Cuerpo mineralizado o depósito mineral (ore body);** hace referencia a una acumulación natural de una mezcla de mena y ganga y puede encontrarse a profundidad o en la superficie.
- **Ley media;** es la concentración que presenta el elemento químico de interés minero en el yacimiento. Se expresa en tantos por ciento (%), gramos por tonelada (g/t) partes por millón (ppm) u onzas por tonelada (oz/t), gramos /metro cúbico (Higuera, P. s f).
- **Ley de corte (cut-off);** es la concentración mínima de concentración de un metal o mineral que debe tener un elemento en un yacimiento para ser explotable.
- **Reservas;** cantidad (masa o volumen) de mineral susceptible de ser explotado, que depende de un gran número de factores (ley media, ley de corte) y de las condiciones técnicas, medioambientales y del mercado existentes en el momento de llevar a cabo la explotación (Servicio Geológico Mexicano, 2017). Las reservas comprenden las reservas medidas calculadas con datos concretos, reservas indicadas que son calculadas a partir de la proyección de las anteriores sobre el terreno considerado como productivo y en función de diversos indicadores geológicos y las reservas inferidas que están basadas en el conocimiento del contexto geológico general.

- Recurso; cantidad total de mineral existente en la zona, incluyendo el que no podrá ser explotado por su baja concentración o ley.
- Factor de concentración; se reconoce como el grado de enriquecimiento que tiene que presentar un elemento con respecto a su concentración normal para que resulte explotable. Se reconoce para determinar cuánto debe enriquecerse un metal para que sea económicamente viable extraerlo.
- Estéril; rocas que no contienen mineral o lo contienen en cantidades muy por debajo de la ley de corte. En el caso de la ganga no suele corresponder ya que esta se refiere a los minerales acompañantes de la mena.
- Subproductos(by-products); suelen ser minerales de interés económico, pero que no son el objeto principal de la explotación, por ejemplo, el manganeso contenido en los pórfidos cupríferos (Hernández, 2018).
- Explotación minera; es el proceso o conjunto de procesos por el cual se extrae un material natural terrestre del que podemos obtener un beneficio económico y se lleva a cabo mediante pozos, en minas o en canteras.
- Rechazo; considerado el material que está constituido por aquel porcentaje de las partículas que se depositan sobre una criba que son superiores al tamaño de clasificación entendido como la dimensión de las aberturas de la superficie de cribado.
- Pasante; compuesto por el porcentaje de las partículas que se depositan sobre una criba que son inferiores al tamaño de clasificación entendido como la dimensión de las aberturas de la superficie de cribado.
- Semitamaño; aquel porcentaje de alimentación a una criba formado por las partículas que son inferiores al valor mitad del tamaño de clasificación.
- Desclasificados; porcentaje o masa de partículas finas que no atraviesan la criba y se van con la fracción gruesa.

4.2. Minería Aluvial

La minería aluvial es considerada un método de extracción y/o explotación minera, que se enfoca en la extracción de minerales y metales preciosos como: oro, platino, diamantes, piedras preciosas y semi preciosas, etc., (Ministerio del Ambiente, 2017). Mathioudakis et al. (2023) considera que la minería aluvial como el proceso de extracción de minerales de depósitos aluviales, ha sido una actividad humana importante a lo largo

de la historia, impulsada por la búsqueda de recursos valiosos como el oro, el estaño y otros metales. Dicha práctica ha avanzado a lo largo de los siglos, desde métodos primitivos hasta tecnologías avanzadas, y ha tenido profundos impactos ambientales, sociales y económicos.

Los materiales que se originan de los depósitos aluviales se acumulan áreas como ríos, arroyos, playas y terrazas aluviales, ya sea que su origen se deba a la erosión y transporte de materiales de yacimientos cercanos que generalmente se mezclan con arcillas, linos, arenas y gravas. La minería aluvial, también aplica ciertas etapas, tales como: Exploración, explotación, concentración, recuperación.

De acuerdo al Banco Central del Ecuador (2018) la minería aluvial comprende actividades y operaciones mineras realizadas en riberas o cauces de los ríos; mismas que comprenden métodos de minería aluvial para la extracción de minerales y materiales en terrazas aluviales, que son pequeñas plataformas sedimentarias o mesas construidas en un valle fluvial por los propios sedimentos del río. Una de las ventajas de la minería aluvial, son los bajos costos de exploración y extracción, en comparación con la minería subterránea, reduciendo la complejidad de la extracción de minerales.

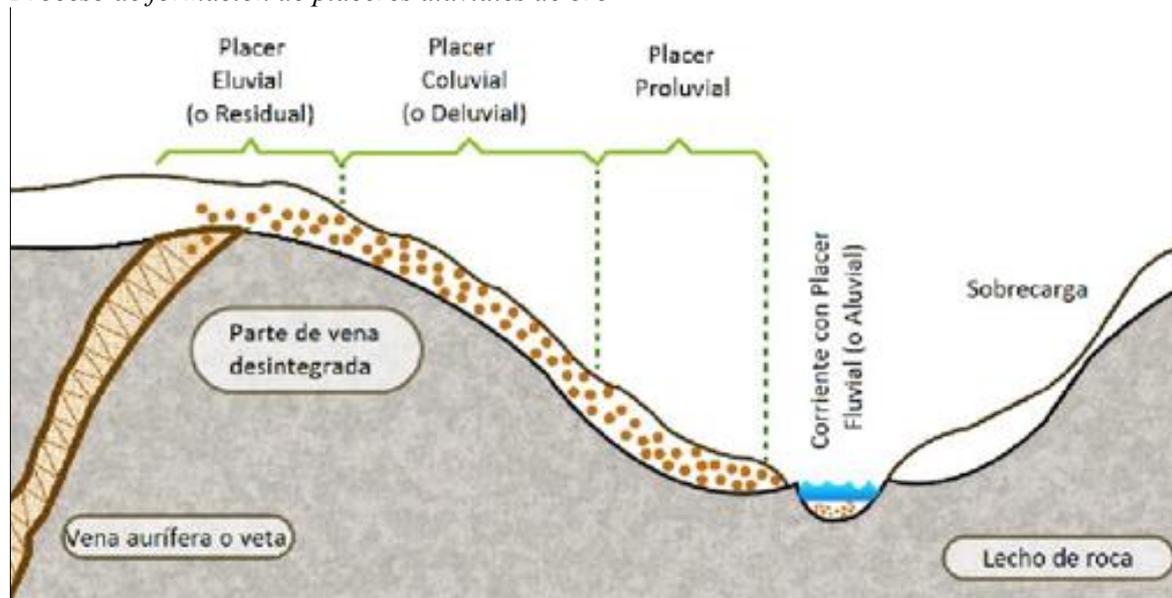
4.3. Placeres Aluviales

Los placeres aluviales de oro se crean por la erosión y liberación de los depósitos hidrotermales de oro o vetas auríferas formadas, que a su vez son transportados por sistemas de corrientes de aguas abajo a distancias que van desde metros a cientos de kilómetros para la formación de bancos muy variados (Figura 1) (Stewart et al., 2017; Marsden & House, 2006).

Los depósitos de placeres se han formado en todo el tiempo geológico, pero la mayoría son del cenozoico a reciente. Generalmente los placeres son pequeños y a menudo efímeros ya que se producen sobre la superficie terrestre o sobre el nivel de base para la erosión, de manera que muchos de ellos son erosionados y solo excepcionalmente son enterrados como para preservarse como paleo placeres. La mayoría de los depósitos de placeres son de baja ley, pero su explotación es posible debido a que se encuentran en materiales sueltos, no requieren de molienda y pueden explotarse con plantas relativamente baratas.

Figura 1.

Proceso de formación de placeres aluviales de oro

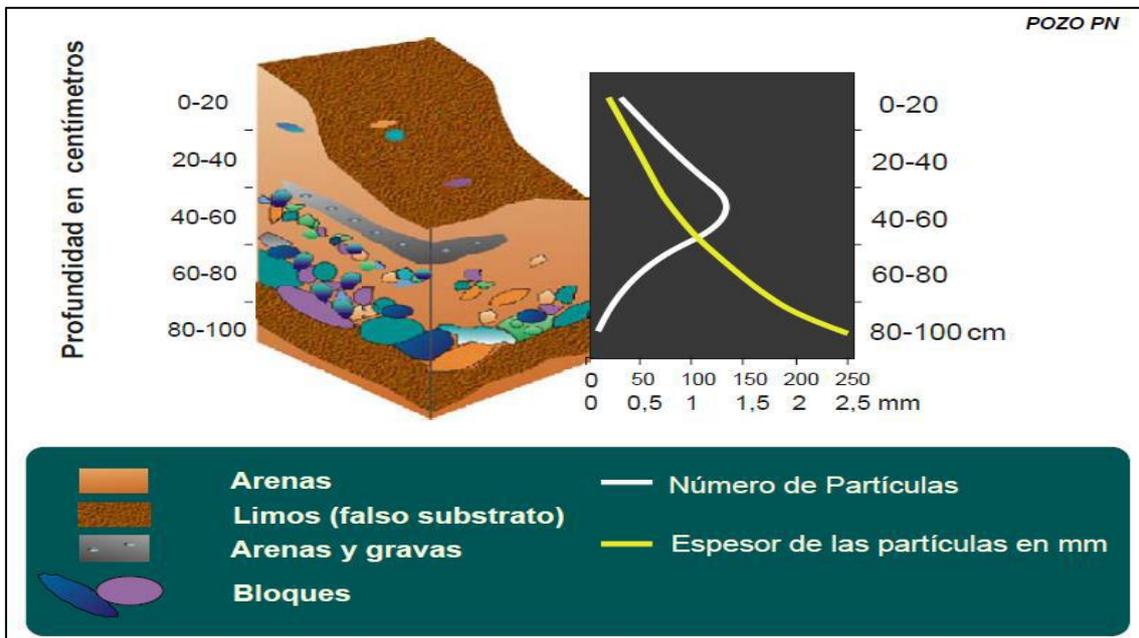


En zonas erosionadas, su localización se realizará en los torrentes y particularmente en las zonas de gravas en las que se concentran los minerales pesados, más que en las zonas de arenas, no obstante, su distribución se halla en función de numerosos factores como la densidad del medio, su velocidad, densidad y tamaño de las partículas que se describen en el apartado de hidráulica fluvial. Thiebaut, (1952), nos indica que la razón de distribución y clasificación es simple ya que los minerales al ser más pesados que el cuarzo y los fragmentos líticos constituyentes de los aluviones, se necesita a volumen igual, una corriente de agua de mayor velocidad como la descrita en la tabla para poder arrastrar las partículas más pesadas ya que la ley matemática que regula dicha acción nos muestra que esta se halla en función del volumen de los granos, de su densidad y de su morfología.

En función de la dinámica fluvial, las partículas de minerales densos y ligeros, se distribuirán en base a su equivalencia hidráulica en su tamaño y en su densidad.

Figura 2.

Clasificación de los elementos pesados en los aluviones. Génesis del yacimiento del Área Minera “Reina del Cisne” Cod. 50000872



Nota: Tomada de Viladevall Solé, M. (2004). Prospecciones aluviales del oro y otros metales densos.

De acuerdo a la publicación de Viladevall Solé (sf) denominada “La prospección de placeres de oro y otros minerales densos” se describe las fases secuenciales en el tiempo del proceso de formación y evolución de colocadores auríferos en sistemas fluviales de describe de la siguiente manera y está comprendida en las siguientes fases:

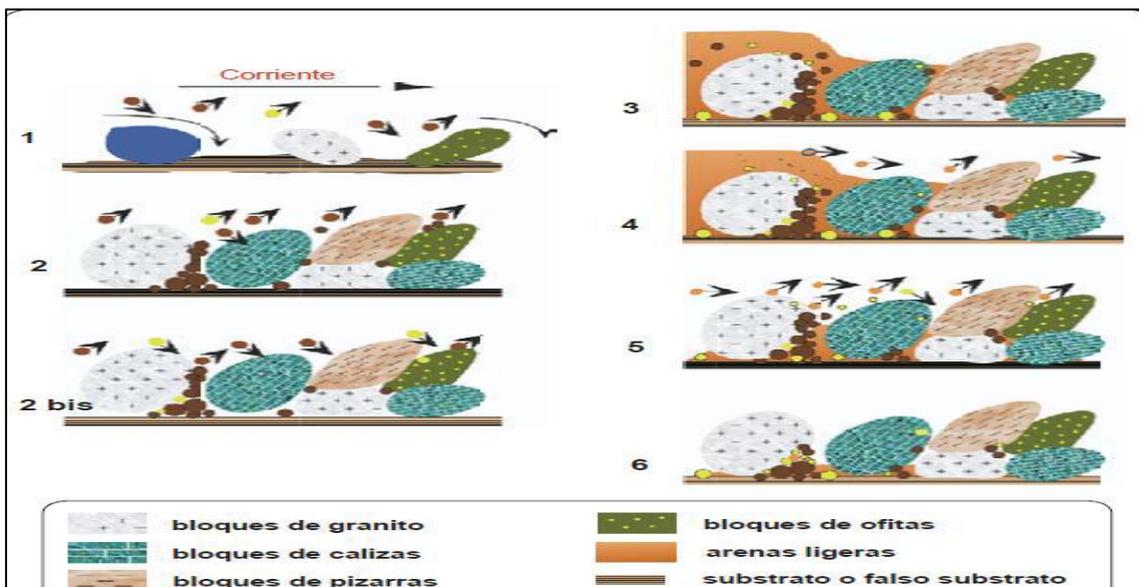
- **La fase 1**, situación de avenidas máximas y extraordinarias, tan solo se mueven por el lecho del río los bloques y partículas de oro superiores a 3 mm.
- **La fase 2** correspondiente al descenso de la velocidad y transporte y sedimentación de gravas y arenas con partículas de oro inferiores a 1mm. Durante esta fase los ligeros y principalmente los minerales pesados pueden sedimentarse en el techo del lecho fluvial.
- **La fase 2 bis** se encarga de la Re sedimentación, durante la Fase 1 y 2 en el substrato (bed rock) de Arenas y minerales pesados (oro), al actuar el lecho a modo de "jig" por la sismicidad inducida originada durante la avenida.
- **La fase 3** donde los caudales medios a máximos se depositan sobre el placer

formado, sedimentos ligeros tales como arenas y limos.

- **La fase 4** correspondiente a la fosilización del placer. Una vez terminado el estadio de calma, con avenidas medias a mínimas, los propios sedimentos ligeros fosilizarán el placer.
- **La fase 5** se centra en donde las nuevas avenidas medias o máximas, aspecto muy usual en el río, con velocidades de fondo y de transporte suficiente para menear a los minerales ligeros y evacuarlos, no así los minerales pesados como el oro. A partir de esta fase se obtiene un placer aún más enriquecido que el anterior por la pérdida de los minerales ligeros considerados como estériles.
- **La fase 6** es cuando se llega a la situación actual.

Figura 3.

Secuencia de distribución de tiempo. Génesis del yacimiento del Área Minera “Reina del Cisne” Cod. 50000872



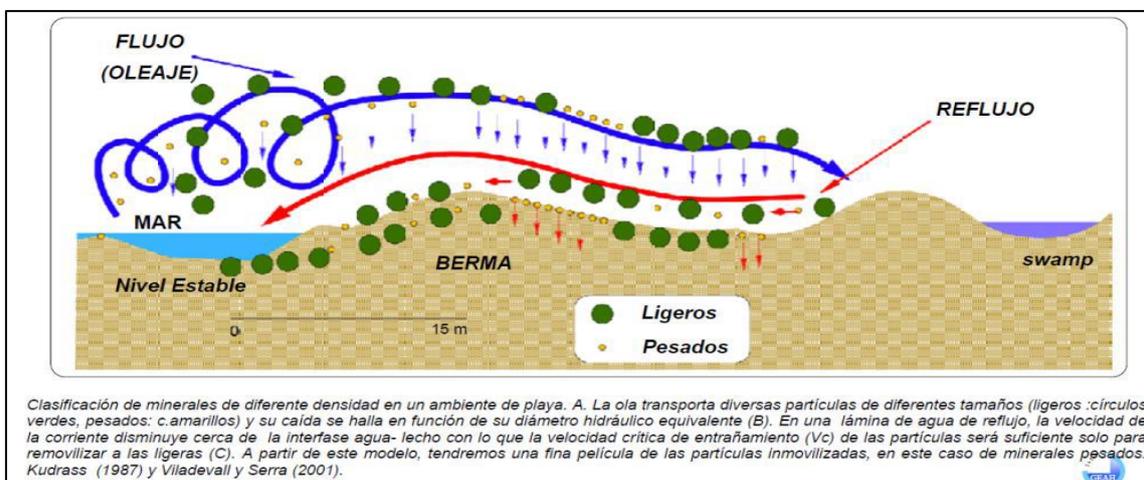
Nota: Tomada de Viladevall Solé, M. (2004). Prospecciones aluviales del oro y otros metales densos

La acumulación de oro en la llanura aluvial es debida a las grandes crecidas extraordinarias, susceptibles de entrañar materiales tales como bloques, gravas y arenas de las zonas de drenaje y de transporte hasta la llanura aluvial del río y de ésta, hasta la desembocadura del río.

Los caudales, implican velocidades superiores a los 10 m/s, dieron lugar a velocidades de impacto (V_c) y de transporte (V_t) suficientes (0,2 - 4m/s) para movilizar, transportar y depositar las partículas de oro y otros minerales pesados, durante estafase los ligeros y principalmente los minerales pesados pueden sedimentarse en el techo del lecho fluvial, y durante la fase (3), redepositarse en el fondo del lecho del río (bed rock) al actuar éste a modo de “jig” (Tuck, 1968 y Gunn 1968) por las vibraciones producidas durante las grandes crecidas.

Figura 4.

Clasificación de minerales de diferente densidad. Génesis del yacimiento del Área Minera “Reina del Cisne” Cod. 50000872

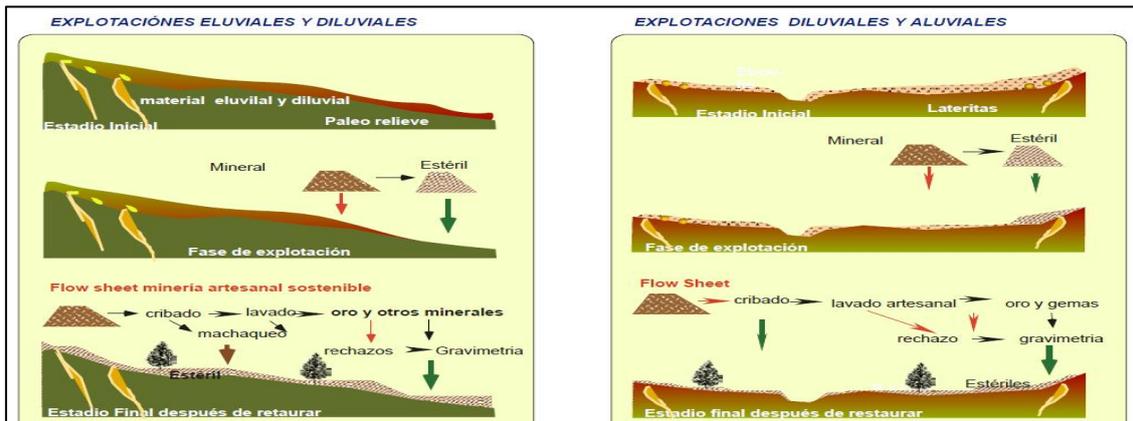


Nota: Tomada de Viladevall Solé, M. (2004). Prospecciones aluviales del oro y otros metales densos

Si nuevas crecidas de tipo medio o máximas acontecen posteriormente, fenómeno muy usual en el Río, con velocidades de impacto V_c suficiente para remobilizar a los minerales ligeros, pero no a los minerales pesados, los primeros serán evacuados y obtendremos de esta manera un nuevo placer, más enriquecido que el anterior, por la pérdida del excipiente estéril que en este caso serían los minerales ligeros. Análisis de una posible explotación y su restauración de depósitos de tipo placer aluvial.

Figura 5.

Explotaciones aluviales para el yacimiento del Área Minera “Reina del Cisne” Cod. 50000872



Nota: Tomado de Toscano, M., Pérez-López, R., & Sáez, R. (2015). Concentración de minerales pesados mediante técnicas de batea y su interpretación.

4.3.1. Mecanismo de concentración gravitacional

En general la fracción de minerales pesados de un sedimento es de grano más fino que los componentes livianos. Hay varias razones para esto, primero los minerales pesados son naturalmente de grano más fino que el cuarzo o feldespato en rocas ígneas o metamórficas de las que derivan. Segundo, la selección y composición de los sedimentos está controlada tanto por la densidad como el tamaño de las partículas, conocida como la razón hidráulica, por lo que un grano grande cuarzo requiere de la misma corriente que uno pesado y pequeño para moverse.

Si existe una corriente fuerte todos los granos de arena de un sedimento estarán en movimiento, pero si la velocidad decrece se depositarán primero los minerales pesados gruesos, luego los minerales pesados finos y solo después los minerales livianos gruesos. Si la velocidad de la corriente no disminuye más, se producirá una concentración de minerales pesados en el sedimento. Consecuentemente, estas concentraciones ocurren en condiciones de flujo irregular y esto puede ocurrir en varias situaciones, dado que la roca fuente esté dentro del área de captura (cuenca).

El primer ejemplo donde se dan las condiciones para la concentración de minerales pesados es la emergencia de un cañón a una cuenca o zona de sedimentación; en el cañón o quebrada encajonada con fuerte pendiente la depositación de sedimentos es virtualmente cero, pero al salir del sector montañoso, abrirse el cauce y disminuir la gradiente (pendiente) hace que cualquier mineral pesado tienda a depositarse mientras

los livianos serán arrastrados aguas abajo. De manera similar, si existen salientes rocosas en el lecho del cauce los minerales pesados serán retenidos por estas.

Otros sitios de acumulación corresponden a caídas o saltos de agua y remolinos. Asimismo, la confluencia de un afluente menor con un río más grande con flujo más lento. Uno de los lugares que provee condiciones muy favorables para la concentración de minerales pesados son los cauces con meandros; mientras más rápido sea el flujo en la parte externa de un meandro, más lento será el flujo en su parte interna y a medida que el meandro migra puede originar una concentración de minerales pesados.

El transporte de materiales por una corriente es por saltos o en suspensión, pero en la mayoría de las situaciones fluviales y litorales marinas el transporte de arena y partículas más grandes es en forma de una capa de tracción en la cual la depositación es poco importante. Lo importante es que los granos o clastos más grandes y livianos que sobresalen en la capa serán arrastrados en mayor medida por la corriente y que los intersticios en sedimentos gruesos atrapan a los minerales pesados más finos, por lo que las gravas serán mejores trampas que la arena para los minerales pesados. Esto frena el desplazamiento de los minerales pesados más finos y produce un enriquecimiento de ellos mientras son transportados en una capa gruesa de sedimento en el fondo del cauce. Este tipo de depósitos son los existentes dentro del área minera “GLORIA”; código 60000054.

4.4. Sistemas de explotación aplicables a placeres aluviales

Un sistema de explotación para placeres aluviales de oro se define como el conjunto de métodos y técnicas trazados para extraer oro de depósitos aluviales, mismos son acumulaciones de sedimentos sueltos entre materiales como grava, arena y arcilla que contienen partículas de oro. Estos depósitos se forman por el desgaste, erosión y el transporte de material aurífero desde su fuente original (vetas o filones) hasta su expulsión en ríos, arroyos o terrazas aluviales.

4.4.1. Prospección y Exploración

Se lo puede llevar a cabo mediante un proceso explorativo que involucra el reconocimiento del área a intervenir, muestreo de suelos y el uso de equipos adecuados.

Mapeo geológico: Se identifican las áreas con potencial aurífero mediante estudios geológicos y análisis de sedimentos (Hartman, et al. 2002).

Muestreo de sedimentos: Toma de muestras de grava y arena para determinar la concentración de oro.

Uso de tecnología: Empleo de drones, imágenes satelitales y geofísica para identificar zonas ricas en oro (Evans, 1993).

4.4.2. Preparación del Terreno

Para llevar a cabo la práctica un proceso de explotación en placeres aluviales inicialmente se debe llevar a cabo un desbroce y limpieza que consiste en la remoción de vegetación y material superficial no productivo. Por otro lado, es de suma importancia tener llevar un proceso de acceso y logística. Wills y Finc (2015) mencionan la construcción de caminos, instalación de campamentos y preparación de infraestructura para la operación.

4.4.3. Métodos de Explotación

Entre los principales métodos se destacan:

Minería artesanal: Se caracteriza por el uso de herramientas manuales como bateas, canalones y cribas para separar el oro de los sedimentos (Darling, 2011).

Minería mecanizada que puede ser por:

- **Dragado:** Uso de dragas flotantes para extraer material del lecho de ríos o lagos.
- **Excavación con maquinaria pesada:** Empleo de excavadoras, bulldozers y cargadores frontales para remover y transportar material.
- **Tromeles y plantas de lavado:** Sistemas de cribado y lavado para separar el oro de los sedimentos.

4.4.4. Procesamiento del Material

Se lleva a cabo mediante el siguiente proceso:

- **Clasificación:** Separación del material por tamaño mediante cribas o zarandas.
- **Concentración gravimétrica:** Uso de canalones, mesas vibratorias o espirales para concentrar las partículas de oro (Marsden y House, 2006).
- **Amalgamación:** Uso directo de mercurio para separar el oro de otros materiales, sin embargo, este método está siendo reemplazado por técnicas ambientalmente responsables.

- **Cianuración:** Proceso químico para extraer oro de materiales finos que se utiliza en casos específicos según específica Gupta y Yan (2006).

4.4.5. Recuperación del Oro

Habashi (1997) reconoce que dentro de este proceso se determinan dos subprocesos donde la fundición hace referencia a fusión del concentrado de oro para obtener lingotes o barras y la refinación donde se purifica el oro para alcanzar altos niveles de pureza.

4.4.6. Gestión Ambiental

En cuanto a la gestión ambiental es importante la rehabilitación del terreno donde se busca la restauración del área explotada mediante reforestación, control de erosión y estabilización de suelos (Ripley,1996). De manera consecutiva de acuerdo a Hilson (2002) se debe llevar a cabo un manejo adecuado de los residuos, con tratamientos de relaves y desechos para minimizar el impacto ambiental. A su vez llevar un control adecuado del control de emisiones para el uso reducido de mercurio y otros químicos tóxicos.

4.4.7. Consideraciones Legales y Sociales

De acuerdo a Bridge (2004) los permisos y licencias cumplen un rol fundamental para el desarrollo de las actividades y esto corresponde a la obtención de autorizaciones gubernamentales para la explotación. De manera similar Hilson y Potter (2005) destacan el hecho de tener responsabilidad social para que el involucramiento de las comunidades locales sea siempre bajo el respeto de sus derechos.

4.5. Fracción Granulométrica

La fracción granulométrica representa la cantidad de partículas sólidas que quedan retenidas entre dos tamices, permitiendo conocer el tamaño y la distribución de los granos en una muestra. Quevedo (2013) define a la granulometría como la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado mientras que al análisis granulométrico como la representación numérica de la distribución de las partículas por tamaños.

Su análisis es clave para evaluar la importancia de las partículas en el suelo, planificar su uso y prevenir impactos ambientales como erosión y contaminación. Para

determinar el porcentaje de participación se lo hace en base al cálculo del porcentaje de cada fracción y multiplicándolo por el peso total de la muestra y dividiendo el resultado entre 100.

4.6. Concentración Gravimétrica.

La concentración gravimétrica es un proceso analítico que permite determinar la cantidad de una sustancia en una muestra mediante la separación y el pesaje del componente deseado después de que se ha formado un precipitado Skoog et al., (2014). Para HLC Ingeniería y Construcción. (2024) la concentración gravimétrica es una técnica utilizada en la industria minera para la extracción de minerales como oro, estaño, tungsteno, hierro, platino, entre otros. Esta técnica se emplea cuando las partículas están separadas por la dinámica del flujo; ya que, solo así se logra la formación de capas en los minerales livianos y pesados. Baird y Cann (2008) incorporan la concentración gravitatoria como una técnica en el análisis de contaminantes y otros compuestos de interés ambiental. Los principios generales de este proceso se basan en varias etapas que incluyen la precipitación, filtración, secado, y pesaje del precipitado. A continuación, se detallan los principios generales de la concentración gravimétrica:

4.6.1. Principios generales

Precipitación selectiva

Inicialmente en la concentración gravimétrica pasa por un proceso de reacción de la muestra con un reactivo adecuado que forme un precipitado específico del componente de interés. Dicho reactivo debe contar con la capacidad de reaccionar con el analito, pero no con otros compuestos presentes en la muestra, con la finalidad de garantizar una separación selectiva.

Formación de un precipitado estable

El resultado del precipitado debe ser sólido, estable y tener una estructura definida para asegurar que el cálculo del peso refleje de manera precisa la cantidad de analito en la muestra. Se pretende que la precipitación sea lo más eficiente posible, asegurando que la totalidad del analito se transforme en precipitado, sin que queden restos disueltos en la solución.

Filtración

Una vez que el precipitado se ha desarrollado, se debe aislar del líquido por medio de filtración. Este procedimiento permite que el filtrado, que contiene las impurezas disueltas, se elimina, y el precipitado se acumula en el filtro para su posterior secado o calcinación.

Secado y calcinación

Tras el proceso del precipitado el material es recogido generalmente para llevar a ser secado a una temperatura controlada con el fin de eliminar la humedad. Si es necesario, el precipitado puede ser calcinado a temperaturas más altas para eliminar cualquier material volátil y lograr una forma pura del compuesto al ser pesado.

Pesaje del precipitado

Todo el proceso tiene la finalidad de obtener un material puro para cuando se llevé a cabo el paso del pesaje del precipitado seco o calcinado, se pueden obtener los pesos reales. Existe una diferencia entre el peso de la muestra antes y después de la precipitación se utiliza para calcular la concentración del analito en la muestra original.

Análisis y cálculo

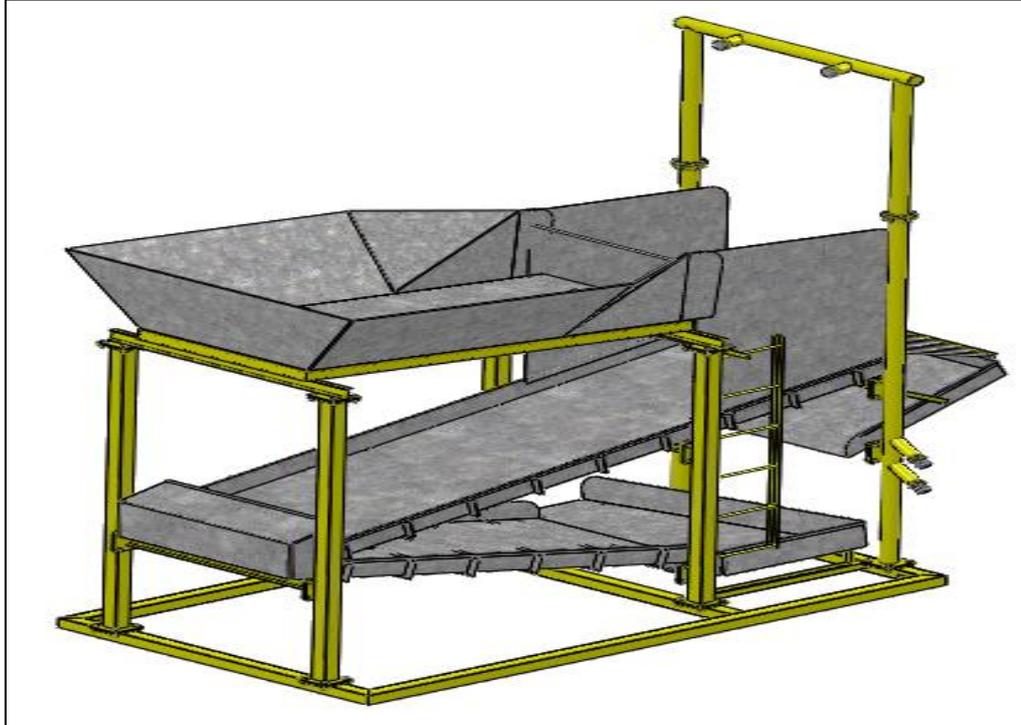
A partir de la masa del precipitado, es posible establecer la concentración del analito en la muestra original. Este cálculo se basa en el principio de conservación de la masa, asumiendo que la cantidad de analito permanece constante a lo largo del proceso, aunque su estado físico se modifique

4.7. Equipos de concentración gravimétrica

4.7.1. Concentradores gravimétricos tipo Z

Figura 6.

Concentrador gravimétrico Tipo Z.



Nota: Tomado de GrabCAD. (2025). Clasificadora tipo Z (Type Z Sorter). GrabCAD. <https://grabcad.com/library/clasificadora-tipo-z-type-z-sorter-1>

Los concentradores gravimétricos tipo Z son herramientas fundamentales en la minería de oro, especialmente en la recuperación de oro aluvial, poseen canales colocados uno sobre otro montados en una estructura que se asemeja a la letra Z, estos canales tienen ángulos que van entre 11° y 30° de inclinación (Tupiza, 2019).

Su diseño sencillo y su eficiencia en la separación de partículas de diferentes densidades los han convertido en un equipo estándar en muchas operaciones mineras a pequeña y mediana escala. Los parámetros principales que inciden en el proceso, son los siguientes:

- **Densidad del Oro.** El oro, siendo un metal muy denso, tiende a hundirse rápidamente en un medio líquido.

- **Movimiento en la Canaleta.** Cuando una mezcla de agua y material aurífero pasa por la canaleta en forma de Z, las partículas de oro, al ser más pesadas, se depositan en los puntos más bajos de las curvas, concentrándose gradualmente.
- **Captura del Oro.** En estos puntos de concentración, se suelen colocar alfombras o rieles para retener las partículas de oro.

Así mismo, entre las principales ventajas que podemos considerar para la recuperación de oro se destaca que los sistemas de recuperación de oro grueso son altamente eficientes para capturar pepitas y partículas grandes, a la vez que tienen un bajo costo de construcción y operación. Su diseño sencillo facilita el mantenimiento y la reparación, y su adaptabilidad permite ajustarse a diferentes materiales y condiciones de flujo.

Por otro lado, las principales desventajas en la recuperación de oro incluyen la dificultad para capturar oro fino, que puede ser arrastrado por la corriente. Además, la presencia de otros minerales pesados. puede interferir en la puede interferir en la separación del oro, y existe el riesgo de pérdidas por arrastre, especialmente en condiciones de alta velocidad de agua.

4.7.1.1. Principio Matemático de Funcionamiento.

Las fórmulas para valorar la eficiencia en la concentración gravimétrica tipo Z, están netamente afines con la separación de las partículas según el tamaño y la densidad. Valletta et al., (2013) considera que el principio matemático de funcionamiento de los Transistores de Fuente con Compuerta SGT a través de los modelos y ecuaciones que describen su comportamiento eléctrico. Este comportamiento se basa en principios de la física de semiconductores y en ecuaciones matemáticas que administran la conducción de corriente, la saturación y la difusión en la interfaz metal-semiconductor. Luego de un análisis y recopilación de información se establecen las fórmulas aplicables para la determinación de la concentración gravimétrica de una clasificadora Tipo Z, estableciendo los siguientes parámetros:

1. **Eficiencia de Clasificación (E):** Mide la efectividad del equipo para separar las partículas de diferentes tamaños.

$$E = \frac{\text{Masa de partículas gruesas en la descarga}}{\text{Masa total de partículas gruesas en la alimentación}} * 100 \quad (1)$$

2. Recuperación de Finos: Nos indica el porcentaje de partículas finas que se recuperan en el rebose (overflow).

$$RF = \left(\frac{\epsilon_f}{F}\right) \times 100 \quad (2)$$

Donde:

ϵ_f = Masa de finos en rebose

F = Masa total de finos en la alimentación

3. Razón de concentración (K): Mide el enriquecimiento del material valioso en la descarga gruesa.

$$K = \frac{F}{c} \quad (3)$$

Donde:

F = Masa de la alimentación.

C = Masa del concentrado (descarga gruesa)

4. Velocidad de sedimentación (v): Para partículas en fluido, se puede calcular usando la Ley de Stokes:

$$v = \frac{2 \cdot g \cdot r^2 (p_s - p_f)}{9 \cdot \eta} \quad (4)$$

Donde:

v = Velocidad de sedimentación.

g = Aceleración debido a la gravedad (9,81 m/s²)

r = Radio de la partícula.

p_s = Densidad del sólido

p_f = Densidad del fluido.

η = viscosidad del fluido.

5. Tiempo de residencia (t): Tiempo que las partículas permanecen en el clasificador.

$$t = \frac{V}{Q} \quad (5)$$

Donde:

V = Volumen del clasificador.

Q = Caudal de alimentación.

6. Cálculo de la Ley en Colas (t): Conociendo la alimentación, el concentrado y sus leyes, se puede determinar la ley en las colas

$$t = \frac{F \cdot f - C \cdot c}{F - C} \quad (6)$$

Donde:

F = Masa de la alimentación.

f = Ley del mineral valioso en la alimentación.

C = Masa del concentrado.

c = Ley del mineral valioso en el concentrado.

7. Caudal: Mide la cantidad de fluido que atraviesa una sección de un conducto en un tiempo determinado. Se expresa en m³/s o l/s.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (7)$$

Donde:

Q = Caudal volumétrico (m³/s)

V = Volumen del fluido (m³)

t = Tiempo (s).

4.7.2. Concentración de mesas vibratorias

Son aparatos de concentración gravimétrica con flujo laminar sobre una superficie inclinada; se habla de los tipos con movimiento longitudinal vibratorio, donde las partículas de mineral se diferencian formando bandas en abanico (cejas), según su peso específico (granulometría) (Apaza, 2018).

El equipo conocido como Mesa de Sacudidas se utiliza para la concentración gravimétrica de materiales finos (generalmente inferiores a 2 mm) y es fundamental en los procesos finales de acabado y refinado (Eral Chile, s.f.). Dicha estructura consiste en un tablero casi rectangular, ubicado en posición horizontal y ligeramente inclinado de manera transversal. La tendencia, que se ajusta manualmente entre la esquina de alimentación y la opuesta, permite adaptarlo a las necesidades específicas de cada operación. Así mismo, el tablero se mueve mediante sacudidas generadas por una caja vibrante, que ofrece un avance suave y un retroceso brusco, generalmente con dimensiones de alrededor de 5 m de longitud y 2 m de anchura.

Por otro lado, con la finalidad de mejorar la retención y el transporte de las partículas pesadas, la superficie del tablero cuenta con una serie de listoncillos o denominados "riffles", cuya altura tiende a estar determinada de acuerdo al tamaño de las partículas tratadas, guiándolas hacia el extremo de salida. De manera similar existen distintas familias de mesas, diferenciadas principalmente por el diseño del tablero y la ubicación del eje del accionamiento. Dentro de estas, se destacan los tableros de tipo "Wilfley", que se usan en la mayoría de las operaciones, y los "Holman", empleados sobre todo para el tratamiento de partículas finas. Generalmente las mesas y su capacidad limitada determinan la configuración que combinan dos o tres tableros accionados por un mismo sistema para optimizar el espacio de instalación.

4.7.3. Funcionamiento

El material a tratar es alimentado, en forma de pulpa diluida, en la esquina más elevada del tablero, avanzando en sentido longitudinal hacia el extremo opuesto gracias al movimiento de sacudidas. Una corriente suave de agua aportada a lo largo del borde superior del tablero, el mismo por el que se alimenta, provoca un barrido de las partículas más ligeras que debido al movimiento no han sedimentado claramente en el tablero, mientras que las partículas pesadas, sedimentadas en la mesa, no son afectadas tanto por la corriente de agua y avanzan hacia el extremo de salida gracias a las sacudidas a que está sometido el tablero.

La acción combinada del movimiento de sacudidas y la inclinación transversal del tablero, la corriente transversal de agua, causan un avance en diagonal del mineral hacia el extremo opuesto de la alimentación, variando su dirección en función de la densidad

de las partículas. En la mayoría de las ocasiones, los productos ligeros salen a lo largo del lateral inferior, los mixtos en la esquina opuesta a la de alimentación, ocupando parte del lateral inferior y parte del costado opuesto al de alimentación, mientras que las partículas pesadas suelen salir por el costado opuesto a la alimentación. Una serie de deflectores de posición variable, localizados en el costado y lateral inferior, permite recoger los concentrados pesados, mixtos y estériles, y enviarlos a diferentes canaletas.

La frecuencia media suele fijarse sobre los 280-300 golpes por minuto, pudiendo subir hasta los 325 con granulometrías finas, y bajando hasta 240 en el lavado de carbón grueso. La concentración de sólidos en la alimentación debe ser del orden del 20-25 % en peso para obtener buenos resultados. Las capacidades máximas varían entre 5-10 t/h para partículas muy gruesas de carbón en etapas de desbaste, 1-2 t/h para granulometrías medias de hasta 3 mm, y 0.25-0.5 t/h para granulometrías finas inferiores a 0.5 mm.

Normalmente los procesos gravimétricos deben realizarse en varias etapas similar a lo que sucede en los procesos de flotación. En el caso de las mesas de sacudidas lo normal es la instalación de dos etapas, una primera de desbaste y una segunda de limpieza del concentrado obtenido en la primera etapa.

Figura 7. Mesa vibratoria, prototipo UNL.



Nota: Imagen tomada en el Laboratorio de la Universidad Nacional de Loja (2023)

5. Metodología

5.1. Enfoque y diseño metodológico

El método de estudio que se empleó en la recuperación de oro mediante concentración gravimétrica con la utilización de concentradores tipo Z para el área minera “GLORIA”, código 60000054, ubicada en el cantón Calvas, provincia de Loja – Ecuador, fue el método analítico y sintético. En este caso, se adquirió información sobre los placeres aluviales, seleccionando todos los datos in situ. Esto incluyó la toma de muestras de sedimentos, lo que permitió conocer el tipo de materiales presentes y el análisis físico, químico y mineralógico de los mismos. Con estos datos, se determinó el grado óptimo de tratamiento y las técnicas más adecuadas para la recuperación de oro.

El enfoque investigativo se considera cuantitativo, debido a que, este enfoque brindó resultados numéricos que serán objeto de análisis y cálculos. Se obtuvieron parámetros específicos, índices y datos que fueron analizados y comparados para evaluar la eficiencia de los tratamientos aplicados. Y cualitativo ya que, mediante la observación y descripción en campo, se identificó las características físicas, químicas y mineralógicas de las gravas auríferas que se trataran en los concentradores gravimétricos de tipo Z, lo cual permitió una comprensión más profunda del material y las posibles técnicas de tratamiento y recuperación.

5.2. Descripción del área de estudio

5.2.1. Ubicación

El área de estudio dentro del área minera denominada “GLORIA”, código 60000054, (Figura 7), se encuentra ubicada en el sector La Hacienda de Samanamaca de la parroquia Utuana del cantón Calvas en la provincia de Loja, con un límite fronterizo de la República de Perú. Abarca 5.800 m².

Figura 8.
Ubicación de la zona de estudio.

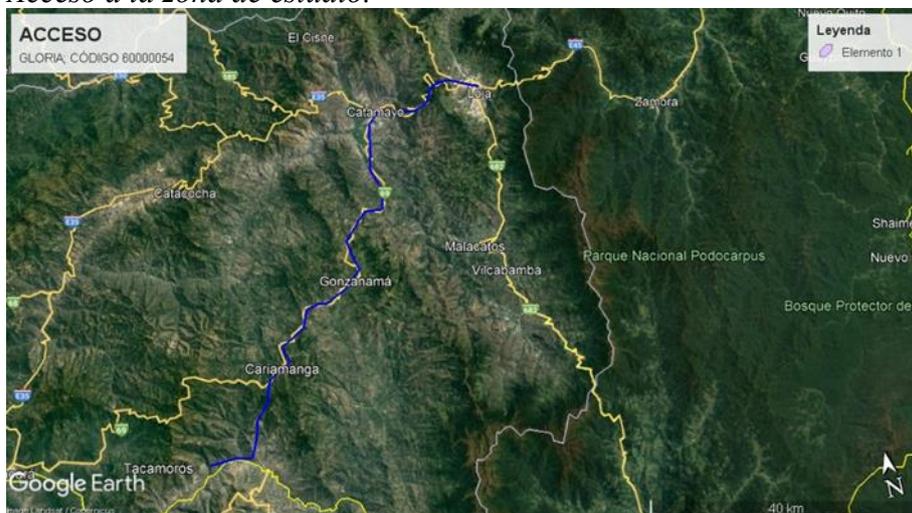


5.2.2. Acceso

Para acceder a la zona de estudio desde la ciudad de Loja (Figura 8), se toma la carretera Panamericana, una vía de primer orden, en dirección a Catamayo – Gonzanamá – Cariamanga. En la ciudad de Cariamanga a la altura del barrio Chile, se toma la vía de tercer orden que conecta con el poblado de Yambaca, luego se toma la vía que conecta con la Hacienda de Samanamaca.

El total del recorrido desde la ciudad de Loja hasta la zona de estudio “GLORIA”, es de 135 Km aproximadamente.

Figura 9.
Acceso a la zona de estudio.



5.2.3. Coordenadas.

En la Tabla 4 se indica las coordenadas UTM WGS 84 del área minera “GLORIA”, código 60000054 y frente de explotación, así mismo las coordenadas PSAD 56 del área minera.

Tabla 1.

Coordenadas UTM WGS 84/PSAD 56 del área minera y frente de explotación (WGS 84)

| Área minera | | Frente de explotación | | | |
|-------------|------------|-----------------------|------------|-----------|------------|
| PSAD 56 | | WGS 84 | | WGS 84 | |
| X (m) | Y (m) | X (m) | Y (m) | X (m) | Y (m) |
| 651000,00 | 9510100,00 | 650747,56 | 9509735,52 | 650807,55 | 9509535,52 |
| 651000,00 | 9510000,00 | 650747,56 | 9509635,52 | 650772,20 | 9509577,65 |
| 651100,00 | 9510000,00 | 650847,56 | 9509635,52 | 650723,99 | 9509520,20 |
| 651100,00 | 9509818,20 | 650847,55 | 9509453,72 | 650807,55 | 9509471,98 |
| 650940,44 | 9509891,29 | 650695,04 | 9509523,36 | 650807,55 | 9509535,52 |

La ubicación de la concesión minera y del frente de explotación se basó en criterios técnicos, económicos, ambientales y legales, garantizando viabilidad y eficiencia de las operaciones.

En el ámbito de la geología, se realizaron estudios geológicos como: cartografía, muestreos, análisis químicos; para demostrar la existencia del yacimiento mineral y así poder ubicar donde la concentración del mineral es rentable. Aproximadamente dando una ley de mineral de 19.41 gramos.

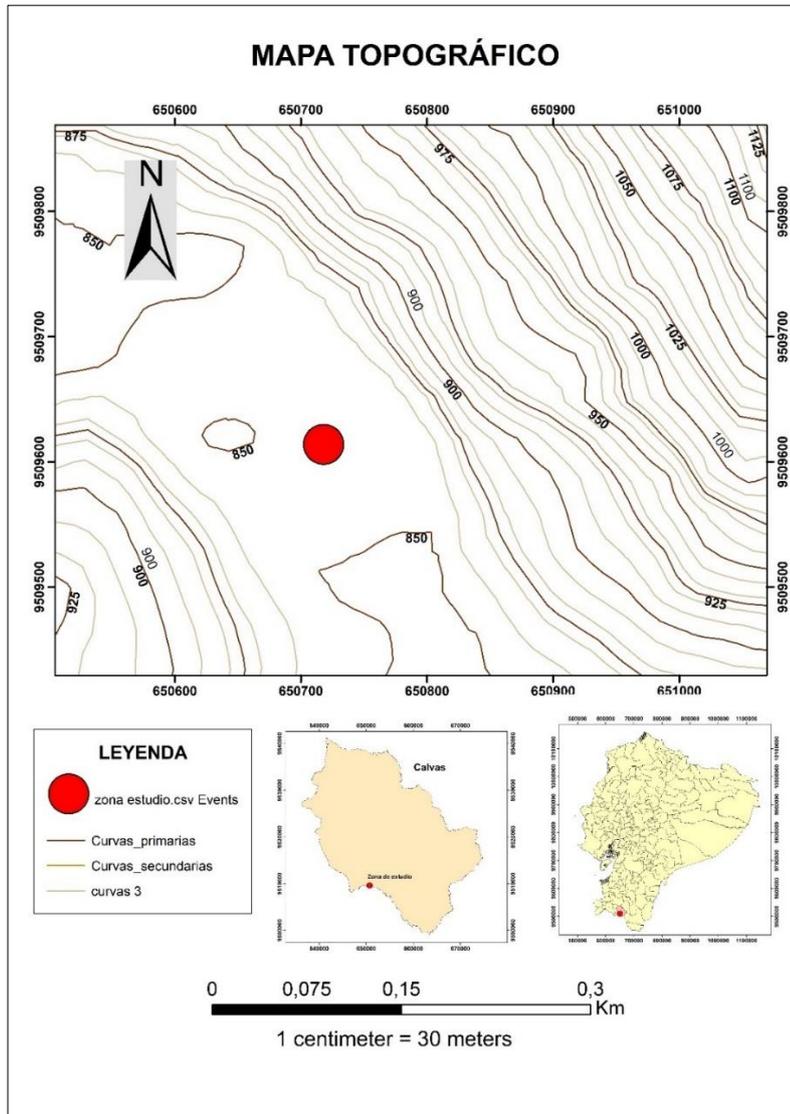
La accesibilidad, condiciones topográficas, análisis económico, aspectos legales y seguridad operativa, son criterios muy importantes para el área de estudio.

5.2.4. Topografía

En la Figura 20, se puede observar que la topografía de la zona de estudio es plana, las cotas que predominan se encuentran entre 850 msnm y 1100 msnm. A los alrededores de esta zona, encontramos montañas con escarpes no muy pronunciados.

Figura 10.

Topografía de la zona de estudio



5.2.5. Método y sistema de explotación en el área minera

En la concesión minera "GLORIA", código 60000054, se realizan actividades de explotación minera en los depósitos aluviales del Río Calvas. El método de explotación aplicado en esta zona es a Cielo Abierto; removiendo sedimentos (gravas y arenas) con maquinaria pesada (Figura 21), a través del sistema de explotación en tajo o corte único, aplicando un método por bancos descendentes.

Figura 11.

Organigrama

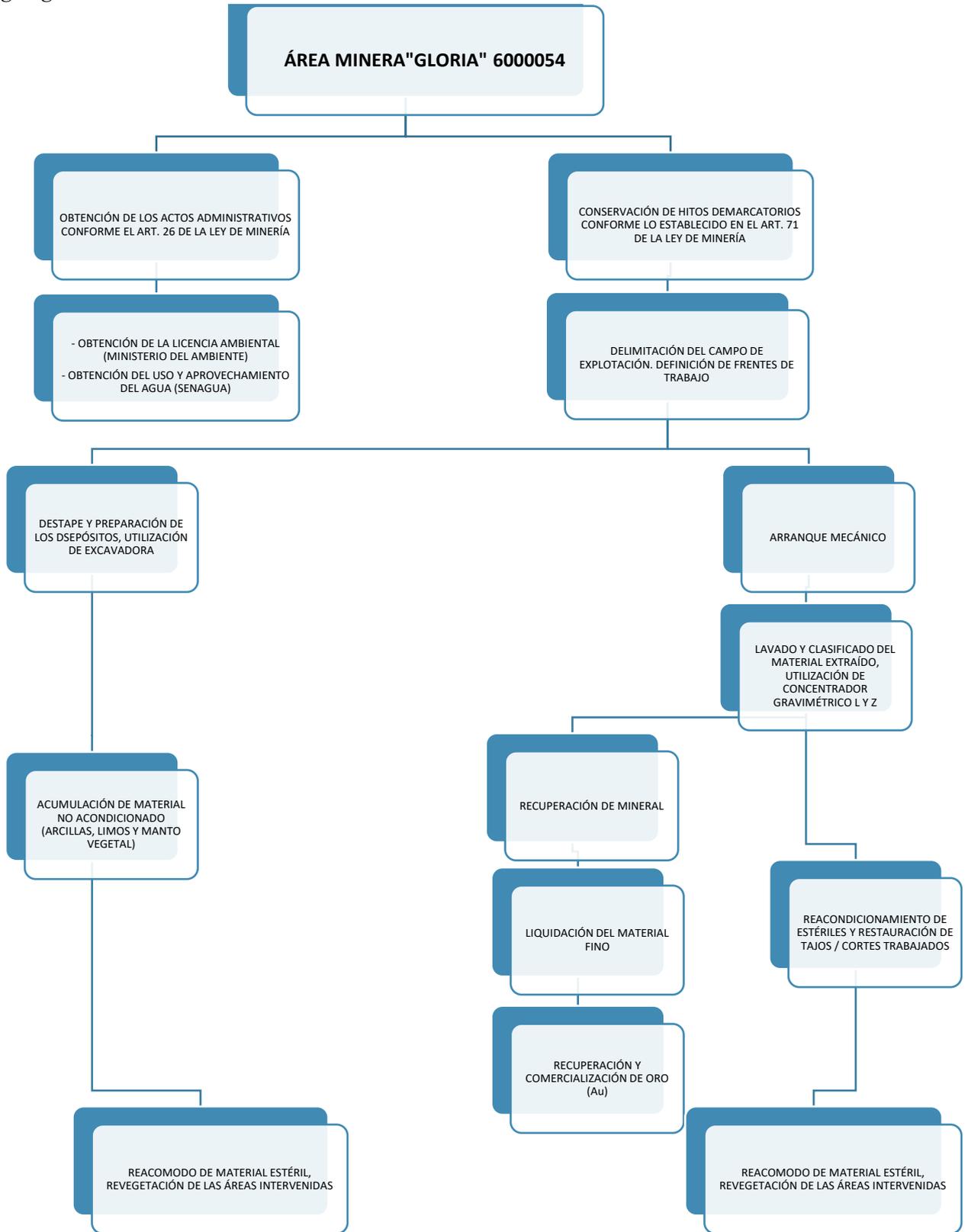


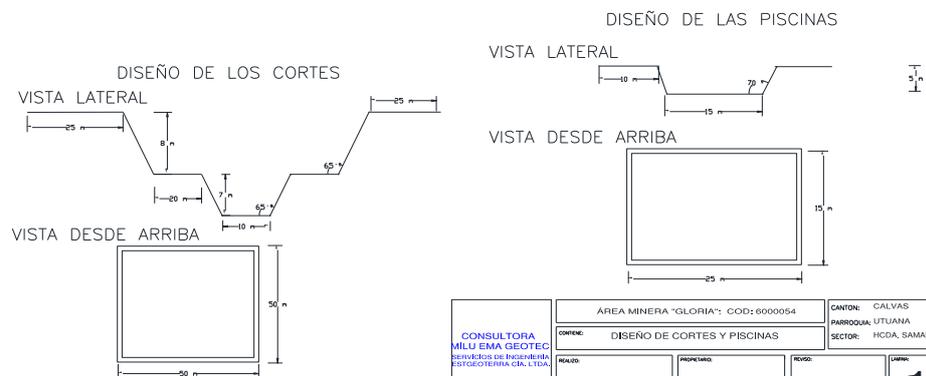
Figura 12.
Área minera



5.2.6. DISEÑO DE CORTES

Figura 13.
Diseño de cortes en el área

PERFIL ÁREA MINERA "GLORIA", CÓD. 6000054



| | | | |
|--|--|--------------------|-----------------------|
| CONSULTORA MLU EMA GEOTEC SERVICIOS DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL S.A. S.R.L. | ÁREA MINERA "GLORIA": COD: 6000054 | | CANTÓN: GALVAS |
| | CONTENIDO: DISEÑO DE CORTES Y PISCINAS | | PARRROQUIA: UJUANA |
| FECHA: 2018-01-05 | PROYECTO: Área Minera "GLORIA" - COD 6000054 | FECHA: 2018-01-05 | SECTOR: HCDA, SAMANAM |
| SUPERFICIE: 208,00 Hect | ESCALA: 1 : 50000 AREA / 1 : 1000 CISEÑOS | FECHA: ENERO, 2018 | 1 |

5.2.7. Descripción de las actividades mineras

Las actividades mineras a cielos abierto, se desarrollan de manera organizada, bajo el siguiente esquema:

- **Prospección y Exploración.** - Mediante posicionamiento global y pruebas de valoración por medio de calicatas, se determina la zona a trabajar. Estas valoraciones se hacen con la ayuda de pltones y toma de muestras de los estratos, evidenciando la presencia de mineral de manera macroscópica, determinando la presencia y concentración de oro, en cada una de las capas, para determinar la rentabilidad de su explotación.

- **Preparación del Terreno.** - Este proceso se lo desarrolla con la Excavadora Caterpillar 320 DL, donde se hace la remoción de la capa vegetal, así como también la capa de suelo orgánico. También se prepara la plataforma de operaciones y accesos del corte al campamento y vías de acceso. En el área de estudio, la capa de suelo vegetal posee un espesor de unos 0.5 m en el caso de vegetación herbácea (60%), 1 m en el caso de la vegetación arbustiva (30%) y de 2 m en el caso de vegetación arbórea (10%).

Figura 14.

Etapa de preparación



- **Extracción del mineral.** -Se forman bancos descendentes dentro del corte, hasta llegar al Bed Rock (roca madre que, para la zona, lo compone un intrusivo compuesto por roca granítica). El material mineralizado es acumulado en una plataforma temporal, para luego pasar a la clasificadora. Las dimensiones del corte varían debido a la topografía, geomorfología y litología de la zona. Por lo general se trata de mantener

estas dimensiones, mismas que oscilan 30 m de largo, 25m de ancho y 8 metros de profundidad.

Figura 15.

Excavadora utilizada para el arranque y transporte



- **Clasificación.** – Con el material mineralizado, colocado en la plataforma temporal de operaciones (donde también se encuentra la clasificadora) con la ayuda del cucharón de la excavadora de orugas CATERPILLAR 320 DL, se procede a la colocación del material mineralizado en la tolva (proceso de alimentación), en este punto se aplica agua a presión, para crear un suelo saturado, donde todos los poros y espacios del material mineralizado están llenos de agua (agua tomada del mismo río Calvas), reduciendo y ocupando los espacios de aire.

La inclinación y forma de la tolva, hace que el material saturado, también se desplace por gravedad, donde las partículas más pequeñas que las aberturas de la malla pasen a través de ella (pasante S - G), mientras que las partículas más grandes (≥ 3 cm) pasan por la criba (rechazo Rx $\emptyset \geq 3$ cm). (determina el crea el gua c;ocupndo los espacios a seperar de la clasificadora a riba se ubica la grava con la ayuda de la maquinaria pesada (excavadora) (Figura 15). En este punto, se lava la grava con agua a presión, esta cae sobre una rejilla que funciona como clasificador granulométrico. La arena que resulta después de este proceso, pasa a través de los canalones, el oro es captado en las trampas, las mismas que están hechas de mallas y cobijas. La arena concentrada con oro se la recoge para ser depositada en saquillos.

Figura 16.
Ubicación de la grava en la tolva



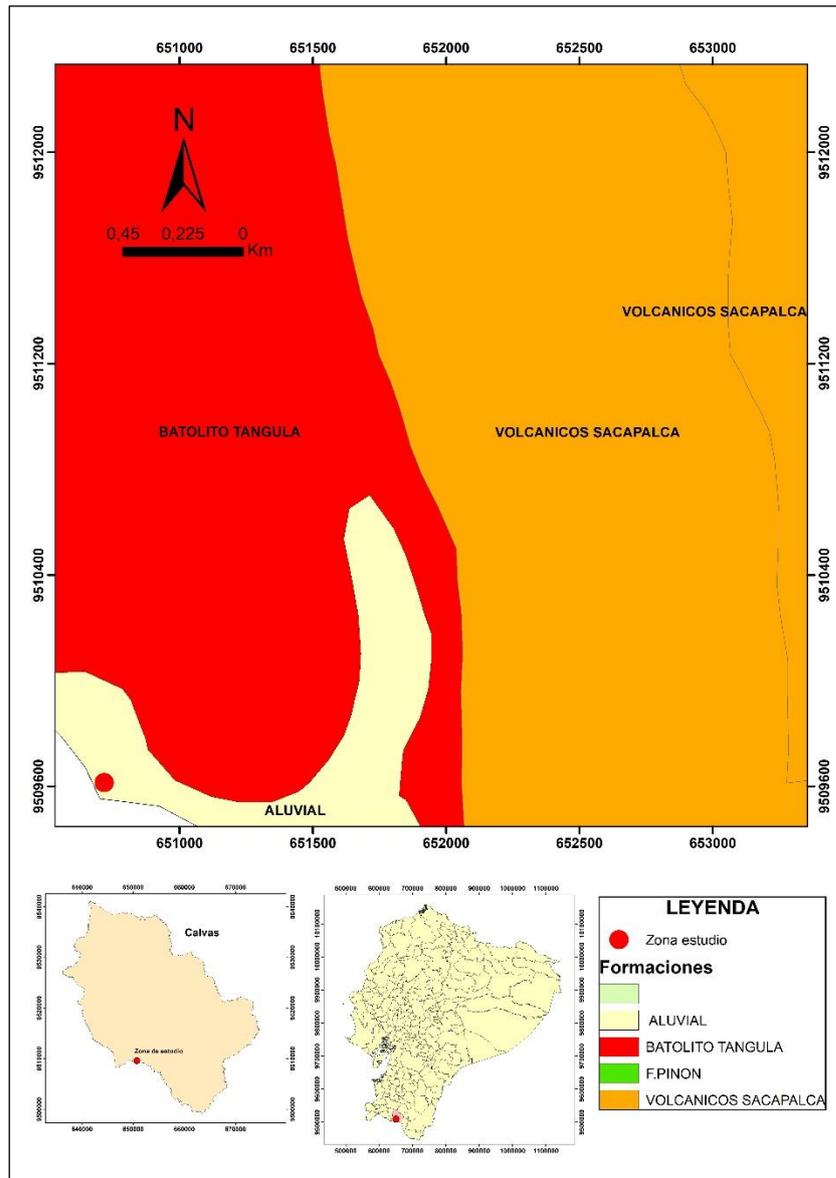
Una vez procesado el material, los saquillos del producto son transportados a las plantas de beneficio cercanas para su refinación. Al finalizar las actividades mineras, se procede al cierre de las áreas explotadas, rellenándolas con roca y depositando nuevamente el suelo que se había retirado al inicio del proceso.

5.2.8. Contexto geológico regional

Según INIGEMM (2012), la zona de estudio está ubicada principalmente sobre una zona de abanicos aluviales (Figura 9), de gran extensión que se encuentra junto al Batolito de Tangula y los Volcánicos de Sacapalca, de edad Cuartanaria (aluvial) y Eoceno (Sacapalca), que consiste en tobas riolíticas afectadas por diques.

Al sur del Ecuador las elevaciones constituidas por rocas eminentemente volcánicas parecen haber sido formadas sub realmente con depósitos parciales del Mesozoico.

Figura 17.
Geología de la zona de estudio.



5.3. Geología local

En la zona de estudio, sobresalen las rocas volcánicas, comprendidas en un depósito aluvial de edad cuaternaria. Se han ido acumulando depósitos de valor económico muy valioso, los mismos que son considerados riquezas para el ámbito minero.

Cerca de la concesión minera “GLORIA”, se encuentran rocas volcánicas correspondiente a Sacapalca y pocos depósitos coluviales de edad cuaternaria.

5.3.1. Aspectos socioeconómicos

En la parroquia Utuana las actividades económicas están principalmente relacionadas a la agricultura y ganadería, por otro lado, la minería de las grandes concesiones ocupa un puesto importante en las actividades económicas de la zona. Se identifican 91 concesiones mineras que ocupan 5555.01 ha correspondientes al 6.5% del territorio.

La concesión minera “GLORIA”, se encuentra en las riberas del río Catamayo y río Calvas, esta abarca una extensión de 1172.32 ha aproximadamente, la cual se encuentra en fase de explotación.

5.4. Materiales

En la Tabla 2 se detallan todos los materiales empleados para este proyecto de investigación.

Tabla 2.
Materiales empleados

| Lugar | Descripción | Cantidad |
|------------------------|-------------------------------|----------|
| Campo | GPS | 1 |
| | Equipo de protección personal | 3 |
| | Fundas ziploc | 12 |
| | Libreta de campo | 1 |
| | Fichas de campo | 6 |
| | Cámara fotográfica | 1 |
| Laboratorio | Fichas de laboratorio | c/n |
| | Tamices | 8 |
| | Medidor digital de pH | 1 |
| | Bomba de vacíos | 1 |
| | Picnómetro | 1 |
| | Microscopio | 1 |
| | Balanza | 1 |
| Ácido sulfúrico al 80% | c/n | |
| Oficina | Computadora portátil | 1 |
| | Fichas de campo y laboratorio | c/n |

5.5. Metodología a aplicar

La metodología del proyecto se desarrolla en tres etapas: la fase de campo, donde se identifican los procesos y se llevan a cabo los muestreos; la fase de laboratorio, en la que se efectúan los ensayos necesarios; y la fase de oficina, dedicada al análisis y tabulación de los datos obtenidos.

5.6. Metodología para el primer objetivo

Caracterizar las gravas auríferas a nivel físico – químico y mineralógico que ingresan a la tolva del concentrador gravimétrico tipo Z, para el área minera “GLORIA”, código 60000054, ubicada en el cantón Calvas, provincia de Loja – Ecuador

Se aplicó un método práctico – experimental, con un enfoque sistemático, mediante la manipulación de variables y observación de resultados, lo que nos permitirá establecer relaciones causa efecto. Para lo cual, se parte del siguiente esquema:

- **Recopilación de información y revisión bibliográfica.**

Se basó en recopilación de información de estudios previos del área como: informes, diagramas de flujo y manuales operativos, se delimitó el área a explotarse.

- **Formulación de varias hipótesis.**

Estas fueron comprobadas y medidas.

- **Aplicación de diseños experimentales.**

Se planificó conforme:

- **Variables independientes.**
- **Variables dependientes.**
- **Variables controladas**

También se definió los materiales y equipos necesarios, estableciendo un procedimiento detallado y reproducible.

- **Descripción del proyecto mineros.**

Se describieron las actividades actuales que generan las actividades de explotación de placeres aluviales, se realizó una visita técnica (Figura 10) para describir el proceso de concentración gravimétrica.

Figura 18.

Visita técnica a la zona de estudio.



En esta área de estudio, el método de explotación que se utilizó es el sistema de explotación a Cielo Abierto; consta de un solo frente de explotación, el cual en la tabla 2 se observan las coordenadas UTM WGS 84 del mismo. En el apartado 6 correspondiente a los resultados se describió cada una de las operaciones mineras que se realizaron en la concesión minera “GLORIA”, código 60000054

- **Caracterización de la grava**

Se analizó las características de la grava (Figura 11) como: origen, tipo, forma y tamaño, posterior a eso se determinó el tipo de roca para el análisis de sus propiedades.

Figura 19.

Caracterización de la grava a analizar.



5.6.1. Muestreo

Las muestras de gravas fueron seleccionadas del material que ingresaba a la tolva (Figura 12), se realizó una homogenización y cuarteo manual para su caracterización respectiva. Cada muestra llevó una etiqueta de descripción, donde se colocó en “coolers”, para transportar al laboratorio. Con la ayuda de un balde de plástico se efectuó la mezcla de las muestras de una determinada calicata, ello con el fin de rescatar la mayor información de los depósitos aluviales.

Figura 20.
Homogenización y cuarteo.



5.7. Caracterización física de la muestra

5.7.1. Análisis granulométrico

Para este material que fue de oro de aluvial, se realizó un análisis granulométrico con el fin de determinar la mejor forma de extraer y recuperar el oro de manera eficiente. Posteriormente se realizó el análisis para el contenido de humedad, límites de consistencia, se realizó una clasificación por el método SUCS y AASHTO para determinar el tipo de suelo.

Para el análisis granulométrico, se utilizó 5139 gr, se procedió a lavar y secar las muestras con la ayuda de una estufa a una temperatura de 50 °C aproximadamente, luego

se realizó el tamizado (Figura 13) para determinar el diámetro de la partícula, empleando la siguiente serie de tamices ASTM E11 3" – 2^{1/2}" – 2" – 1^{1/2}" – 3/4" – 1/2" – 3/8" – 4 – 8# - 10# - 16# - 20# - 30# - 40# - 50# - 100# - 200#.

Figura 21.
Análisis granulométrico.



5.7.2. *Densidad relativa*

Se utilizo el método del picnómetro conjuntamente con el troncocónico (Figura 14), mismo que consiste en tomar diferentes pesos, de los cuales el primero es la masa del matraz más agua, el segundo, masa del matraz más agua y más muestra y el tercero, masa de la muestra secada al horno.

Figura 22.
Método del troncocónico.



Se determinó la densidad y absorción de agua en el árido fino utilizando las siguientes ecuaciones

$$Ds = \frac{A}{B+S-C} \quad D_{SSS} = \frac{S}{B+S-C} \quad Pa = \frac{A}{B+A-C} \quad (8)$$

Donde:

A: Masa de la muestra seca al horno (g).

B: Masa del picnómetro más lleno con agua (g).

C: Masa del picnómetro lleno con la muestra y agua (g).

S: Masa de la muestra en estado saturado superficialmente seco (g).

5.8. Caracterización química

Para el análisis químico de las muestras se empleó por dos métodos: fluorescencia de Rayos X (FRX) y ensayo al fuego.

5.8.1. Análisis por Fluorescencia de Rayos X (FRX)

Para el análisis por FRX se empleó un espectrómetro portátil BRUKER S1 Turbo, mediante el método Geochem (3-Beam), el cual utiliza tres configuraciones de haz o filtros diferentes para optimizar la detección de elementos específicos en una muestra.

5.8.2. Ensayo al fuego

Este método se aplicó para la determinación de concentraciones de oro (Au) en la muestra inicial o de cabeza y para las muestras resultantes de las pruebas metalúrgicas. Estos ensayos se los realizó en el laboratorio Albexus. También se realizó un ensayo de absorción atómica para determinar los diferentes minerales presentes en la muestra.

El ensayo al fuego consiste en preparar una fracción representativa de la muestra analizada y posteriormente mezclarla con un fundente geoquímico cuya composición es: Litargirio (PbO), Carbonato de sodio (CaCO₃, Bórax (Na₂B₄O₇) y sílice (SiO₂) con la finalidad de que el plomo contenido en el litargirio se convierta en plomo metálico y pueda coleccionar el oro (Figura 23).

Figura 23.
Muestras con la mezcla fundente



5.8.3. Fundición

Este proceso consiste en colocar los crisoles refractarios con la mezcla en el horno a una temperatura de 1000°C aproximadamente una hora (Figura 16), para que la muestra se funda y el plomo pueda cumplir su función de colector de oro (Au) y plata (Ag) contenidos en la muestra.

Figura 24. Etapa de fundición y vertido.



Al cumplirse el tiempo de fundición, a la masa se la vierte en la lingotera con espacios en forma de cono, esto facilita que el plomo se acumule en la parte baja y posteriormente separarla de la escoria.

5.9. Diagrama de flujo de proceso en laboratorio

El diagrama de la figura 25 indica los pasos que se siguieron para la recuperación de oro en el laboratorio

Figura 25.
Proceso de laboratorio



5.10. Metodología para el segundo objetivo

Determinar las variables que intervienen en el proceso de recuperación de oro obtenido en el concentrador gravimétrico tipo Z.

En la recuperación de oro intervienen diferentes variables (Tabla 3), a continuación, se detallaron las principales.

Tabla 3.
Variables claves para la recuperación de oro.

| |
|---|
| Características del oro aluvial |
| Caudal (Q) |
| Coefficiente de esponjamiento del material a explotar |
| Criterio de concentración (Cc) |
| Ángulo de los planos de inclinación |
| Tiempo de retención en la caja de acumulación del mineral |

- **Características del oro aluvial.** – El mineral de interés, que es el oro, se lo encuentra libre, con un porcentaje de pureza del 89 % (21,36 K). está asociado con metales como la plata y el cobre, que representan el 10 % de su composición. Se determinó el tamaño de las partículas de oro y materiales de ganga. Así mismo, se toma en consideración la diferencia de densidades entre el oro y la ganga. Se determinó su forma y tamaño, para esta variable se utilizó una batea o platón (figura 26). Para determinar la pureza del mineral, se realizó una prueba de densidad, comprando el peso del oro en seco, peso del oro en agua.

Figura 26.

Proceso de identificación de oro



Al realizar este método, nos permitió identificar la cantidad de oro sea fino o grueso, forma y tamaño.

- **Caudal (Q).** – en esta investigación se determinó el caudal necesario para el normal desempeño de la clasificadora, con el propósito de crear el flujo adecuado, para la separación de las partículas. Se toma base la potencia del motor de succión y las tuberías de 3”, que se utilizan en la fase de lavado.

- **Coefficiente de esponjamiento del material a explotar.** – Para determinar esta variable, se utilizó la siguiente fórmula.

$$K_e = \frac{V_e}{V} \quad (9)$$

Donde:

K_e = Coeficiente de esponjamiento

V_e = Volumen de roca que tiene después de arrancar del macizo (cm^3)

V = Volumen que la roca tenía en el macizo rocoso (cm^3)

- **Criterio de concentración.** – se utilizó la siguiente fórmula, aplicando que el C_c sea mayor a 2.5, esto para que se produzca la separación por diferencia de densidades.

$$C_c = \frac{P_p - P_f}{P_l - P_f} \quad (10)$$

Donde:

P_p : Densidad del mineral pesado

P_f : densidad del mineral ligero

P_l : Densidad del fluido o pulpa

- **Ángulo de los planos de inclinación.** – El ángulo de inclinación de la superficie de la zaranda afecta la velocidad de desplazamiento del material y la eficiencia de clasificación del material. Es necesario realizar pruebas ajustando el ángulo entre 15° y 25° , además, es importante monitorear la separación de partículas.

- **Tasa de Alimentación.** – Determinada por la cantidad de material que ingresa a la tolva de la clasificadora por unidad de tiempo, para el caso se establece por m^3/hora . Se toma en consideración los volúmenes de que ingresan en la tolva, puesto que, si los volúmenes son altos, se puede saturar la zaranda, mientras que bajos volúmenes disminuyen la producción.

- **Tiempo de retención en la caja de acumulación del mineral.** – El material con contenido aurífero, queda retenido en la caja de acumulación (trampa principal). Fue necesario monitorear el tiempo de permanencia. Se establecieron tiempos para realizar monitoreos y evaluaciones, con el propósito de optimar la recuperación mineral.

- **Materiales de retención.** – Se empleó lonas y yute, estos fueron ubicados en los canalones para que el material sea captado.

- **Variables de diseño del Equipo.** – Se determinó el tamaño de las aberturas de la malla, en base a la granulometría de la grava aurífera a procesar. Así mismo, también se consideró la longitud de los canalones, para determinar el recorrido del mineral.

5.11. Metodología para el tercer objetivo

Mejorar la recuperación de oro de los placeres aluviales dentro del área minera “GLORIA”, código 60000054, ubicada en el cantón Calvas, provincia de Loja – Ecuador.

Determinadas las variables, se establece el siguiente esquema para mejorar la recuperación de oro:

- Modificación de los ángulos en los canalones.
- Ampliación de la longitud de los canalones.
- Implementación de un canalón adicional en el desfogue de la clasificadora.
- Regulación y optimización del caudal
- Reparación, modificación y/o cambio de esclusas y varillas.
- Utilización de alfombras de alta fricción.
- Clasificación del material en mina, antes de colocarlo en la tolva de lavado.
- Utilización de mesas vibratorias para obtención del oro.
- Monitoreo del material del proceso de lavado (relaves), para determinar pérdidas.
- Pruebas periódicas al sistema de recuperación.
- Tratamiento adecuado de los efluentes producto del lavado de la grava aurífera.
- Biorremediación y recuperación de áreas intervenidas.

6. Resultados

6.1. Análisis Técnico – Económico del área minera “GLORIA”; código 6000054.

6.1.1. Planificación Minera.

En la tabla 4 se establece la Génesis del depósito, el contenido de minerales conforme los análisis de laboratorio, el detalle mineralógico, tomando en consideración las características físicas de la zona de estudio, así mismo se relaciona las condiciones mineras que actualmente se aplican en el área minera.

Tabla 4.
Planificación Minera.

| Área minera "GLORIA" código 6000054 | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|--------|--------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Sistema de explotación | Cielo abierto | | | | | | | | | |
| Metodología | Bancos descendentes – acumulación (mochiladas) | | | | | | | | | |
| Génesis | Placeres aluviales provenientes de yacimientos primarios de tipo hidrotermal. Ocasionalmente se evidencia la presencia de pepitas de oro > 5 cm. | | | | | | | | | |
| Minerales de mena | Mg | Al | Si | K | Ca | Ti | V | Cr | Mn | Fe |
| | 0.91 | 4.94 | 17.41 | 0.56 | 1.435 | 0.372 | 0.0139 | 0.0157 | 0.0873 | 4.333 |
| | Co | Ni | Cu | Zn | As | Se | Rb | Sr | Y | Ag |
| 0.0122 | 0.0034 | 0.0147 | 0.0097 | 0.0349 | 0.0005 | 0.0058 | 0.0264 | 0.003 | 0.001 | |
| Detalle mineralógica | | | | | | | | | | |
| Descripción | Detalle | | | Unidades | | | | | | |
| Tipo de mineral de interés | Oro | | | g | | | | | | |
| Pureza | 90 | | | % | | | | | | |
| | 21,6 | | | K | | | | | | |
| Tenor promedio | 0,16 | | | G/m ³ | | | | | | |
| Tamaño de la partícula | 2 – 5 | | | Mm | | | | | | |
| Área concesionada | 5,44 | | | Ha | | | | | | |
| | 5440 | | | M ² | | | | | | |
| Capa de suelo orgánico | 1,5 | | | M | | | | | | |
| Sobrecarga | 2 | | | M | | | | | | |
| Capa mineralizada | 3,5 | | | M | | | | | | |
| Nivel freático | 3,5 | | | M | | | | | | |
| Presencia del bed rock | 7 | | | M | | | | | | |
| Minería | | | | | | | | | | |
| Descripción | Detalle | | | Unidades | | | | | | |
| Diseño general de corte | 20 | | | M | | | | | | |
| | 20 | | | M | | | | | | |
| Volumen total a remover | 2800 | | | M | | | | | | |
| Volumen mineralizado | 1400 | | | G/m | | | | | | |
| Ángulo de talud | 75 | | | ° | | | | | | |
| Número de bancos | 2 | | | | | | | | | |

| | | |
|--|---|----------------|
| Bermas de seguridad | 2 | |
| Plataforma de operación banco medio | 9 | M ³ |
| Plataforma de operación banco superior | 9 | M ³ |

6.1.2. Detalle de equipos y maquinaria.

En la tabla 5 se hace la descripción de la excavadora de orugas CATERPILLAR 320 DL, utilizada en el área minera, conforme el siguiente detalle:

Tabla 5.

Descripción de Excavadora de Orugas 320 DL

| ÁREA MINERA "GLORIA" CÓDIGO 6000054 | | | |
|--|--|------------------|------------|
| Sistema de explotación | | Cielo abierto | |
| Génesis | Placeres aluviales provenientes de yacimientos primarios de tipo hidrotermal. Ocasionalmente se evidencia la presencia de pepitas de oro > 5 cm. | | |
| Detalle maquinaria | | | |
| Descripción | Especificaciones técnicas | | Unidades |
| Excavadora de orugas Caterpillar 320 dl | Peso operativo | 21500 - 22800 | Kg |
| | Potencia del motor c6,4 acert | 103 | Kw |
| | | 138 | Hp |
| | | 1800 | Rpm |
| | Capacidad del tanque de combustibles | 400 | L |
| | Longitud de transporte | 9,5 - 10 | M |
| | Ancho total | 2,8 - 3 | M |
| | Ancho de la oruga | 750 | Mm |
| | Fuerza de excavación (cuchara) | 150 | Kn |
| | Fuerza de desgarramiento (brazo) | 120 | Kn |
| | Velocidad máxima de desplazamiento | 5,5 | Km/h |
| | Radio de giro | 3,5 | M |
| | Capacidad del cucharón | 1,2 | M3 |
| | Tipo de combustible | Diésel | Gal |
| | Consumo de combustible por hora | 16 | L/h |
| | Consumo de combustible por jornada (16 h) | 256 67,63 | L/h Gal |

En la tabla 6, se describe el motor de bombeo Perkins, que se utiliza únicamente para el proceso de lavado en la clasificadora de concentración gravimétrica Tipo Z, que se emplea en el área minera, conforme el siguiente detalle:

Tabla 6.

Detalle de motor de bombeo Nro.1

| Detalle De Equipos | | | |
|--|---|-----------------|-----|
| Descripción | Especificaciones Técnicas | Unidades | |
| Motor De Bombeo Perkins (Clasificadora) | Cilindrada | 2,2 | L |
| | Turbina | 6 | In |
| | Nro. De Salidas | 4 | 3" |
| | Peso Operativo | 300 | Kg |
| | Potencia Del Motor | 50 | Kw |
| | | 80 | Hp |
| | | 2000 | Rpm |
| | Capacidad Del Tanque De Combustibles | 5 | Gal |
| | Consumo De Combustible Por Hora | 3,79 | L/H |
| | Consumo De Combustible Por Jornada (16 H) | 60,57 | L/H |
| 16,00 | | Gal | |

En la tabla 7, se describe el motor de bombeo Jhon Deere, que se utiliza únicamente para el proceso de secado (achique), del corte para evacuar el agua y manipular de mejor manera la grava aurífera, reduciendo la humedad, que se emplea en el área minera, conforme el siguiente detalle:

Tabla 7.

Detalle del motor de bombeo Nro. 2

| Detalle de equipos | | | |
|---|--------------------------------------|-----------------|-----|
| Descripción | Especificaciones técnicas | Unidades | |
| Motor de bombeo Jhon Deere (achique para el corte) | Cilindrada | 6,8 | L |
| | Turbina | 6 | In |
| | Nro. De salidas | 4 | 3" |
| | Peso operativo | 600 | Kg |
| | Potencia del motor | 185 | Kw |
| | | 225 | Hp |
| | | 1500 | Rpm |
| | Capacidad del tanque de combustibles | 10 | Gal |
| | Consumo de combustible por hora | 4,92 | L/h |

| | | |
|--|-------|-----|
| Consumo de combustible por jornada (16 h) | 78,74 | L/h |
| | 20,80 | Gal |

6.1.3. Especificaciones de Elaboración de la Clasificadora Tipo Z.

En la tabla 8, se describe las características de la clasificadora gravimétrica Tipo Z, que se emplea en el área minera, conforme el siguiente detalle:

Tabla 8.

Especificaciones de Elaboración de la Clasificadora Tipo Z.

| Área minera "GLORIA" código 6000054 | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|--|----------|----|
| Sistema de explotación | | Cielo abierto | | |
| Génesis | | Placeres aluviales provenientes de yacimientos primarios | | |
| Detalle maquinaria | | | | |
| Descripción | Especificaciones técnicas | | Unidades | |
| Clasificadora gravimétrica tipo z | Estructura de sostenimiento | Peso | 1750 | Kg |
| | | Altura | 4 | M |
| | | Ancho | 1,6 | M |
| | | Largo | 3,5 | M |
| | Tolva | Peso | 1000 | Kg |
| | | Altura | 0,75 | M |
| | | Ancho inferior | 1,6 | M |
| | | Ancho superior | 2 | M |
| | Criba | Longitud | 2,5 | M |
| | | Ancho de la estructura | 1,6 | M |
| | | Diámetro de la varilla | 1 | In |
| | | Separación entre varillas | 0,025 | M |
| | Trampa principal | Ancho | 1,6 | M |
| | | Largo | 1 | M |
| | Canalones | Canalón superior | 3,608 | M |
| | | Canalón inferior | 3,59 | M |
| Ancho | | 1,6 | M | |
| Rifles (canal sp) | | 1,60 * 1,0 | (m*m) | |
| Malla electrosoldada (canl inf) | | 1,60 * 1,50 | (m*m) | |
| Trampas | Alfrombras | | M | |
| | Sacos de yute | | M | |

| | | Musgo artificial | M |
|--------------------|--|------------------|------|
| Inclinación | Deck superior | 18 | ° |
| | Deck intermedio | 15 | ° |
| | Deck inferior | 13 | ° |
| Proceso hidráulico | Fuente hídrica | Río calvas | |
| | Distancia promedio de captación hacia la clasificadora gravimétrica tipo z | 25 | M |
| | Caudal de operación | 0,01824 | M3/s |
| | Entrada 1 | 3 | In |
| | Entrada 2 | 3 | In |
| | Chorro principal | 3 | In |
| | Flautín (chisperos) | 3 | In |

6.1.4. Recursos Minerales

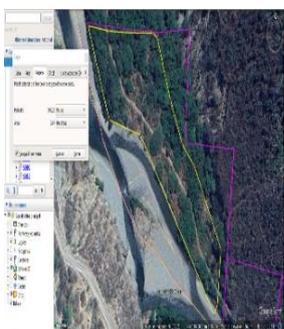
Figura 27.
Área de explotación



En la tabla 9, se describe los recursos medidos, donde se establece un área de 26700 m², con una potencia 2 m, obteniendo un tenor promedio de 8010 g, conforme el siguiente detalle:

Tabla 9.

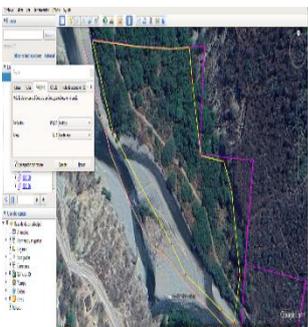
Detalle recursos medidos.

| | RECURSOS MEDIDOS | DATOS | UNIDAD DE MEDIDA |
|---|--|-----------|---------------------|
|  | Área estimada | 26700 | m ² |
| | Potencia de grava aurífera | 2 | m |
| | Volumen de grava aluvial (a.est * p.gr.a.) | 53400 | m ³ |
| | Tenor promedio | 0,15 | g-Au/m ³ |
| | Cantidad de Au en grava aurífera | 8010 | g |
| | | 257,53 | Onza troy |
| | Precio de onza troy feb/2025 (\$2931,91) | 755049,26 | USD |

La tabla 10 describe los recursos indicados, donde se establece un área de 15100 m², con una potencia 3 m, obteniendo un tenor promedio de 5436 g, conforme el siguiente detalle:

Tabla 10.

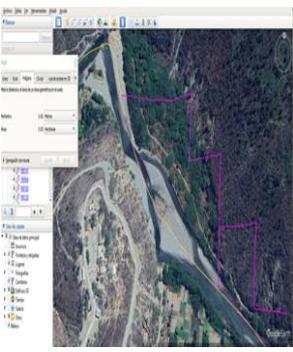
Detalle recursos indicados.

| | RECURSOS INDICADOS | DATOS | UNIDAD DE MEDIDA |
|---|--|-----------|---------------------|
|  | Área estimada | 15100 | m ² |
| | Potencia de grava aurífera | 3 | m |
| | Volumen de grava aluvial (a.est * p.gr.a.) | 45300 | m ³ |
| | Tenor promedio | 0,12 | g-Au/m ³ |
| | Cantidad de Au en grava aurífera | 5436 | g |
| | | 174,77 | Onza Troy |
| | Precio de onza troy feb/2025 (\$2931,91) | 512415,45 | USD |

En la tabla 11, se describe los recursos interferidos, donde se establece un área de 12600 m², con una potencia 5 m, obteniendo un tenor promedio de 6300 g, conforme el siguiente detalle:

Tabla 11.

Detalle recursos interferidos

| RECURSOS INFERIDOS | DATOS | UNIDAD DE MEDIDA |
|---|--|-------------------------|
|  | Área estimada | 12600 m ² |
| | Potencia de grava aurífera | 5 m |
| | Volumen de grava aluvial (a.est * p.gr.a.) | 63000 m ³ |
| | Tenor promedio | 0,1 g-Au/m ³ |
| | Cantidad de Au en grava aurífera | 6300 g |
| | | 202,55 Onza troy |
| | Precio de onza troy feb/2025 (\$2931,91) | 593858,97 USD |

6.1.5. Reservas Minerales.

La tabla 12 describe las reservas probadas, donde se establece un área de 25100 m², con una potencia 3,5 m, obteniendo un tenor promedio de 14000 g, conforme el siguiente detalle:

Tabla 12.

Reservas Minerales Probadas

| RESERVAS PROBADAS | DATOS | UNIDAD DE MEDIDA |
|---|--|--------------------------|
|  | Área estimada | 25000 m ² |
| | Potencia de grava aurífera | 3,5 m |
| | Volumen de grava aluvial (a.est * p.gr.a.) | 87500 m ³ |
| | Tenor promedio | 0,16 g-Au/m ³ |
| | Cantidad de Au en grava aurífera | 14000 g |
| | | 450,11 Onza troy |
| | Precio de onza troy feb/2025 (\$2931,91) | 1319686,59 USD |

En la tabla 13 se detalla la descripción de las reservas probables, donde se establece un área de 29400 m², con una potencia 4 m, obteniendo un tenor promedio de 1176 g, conforme el siguiente detalle:

Tabla 13.

Detalle de reservas probables

| | RESERVAS PROBABLES | DATOS | UNIDAD DE MEDIDA |
|---|--|-----------|---------------------|
|  | Área estimada | 29400 | m ² |
| | Potencia de grava aurífera | 4 | m |
| | Volumen de grava aluvial (a.est * p.gr.a.) | 117600 | m ³ |
| | Tenor promedio | 0,01 | g-Au/m ³ |
| | Cantidad de Au en grava aurífera | 1176 | g |
| | | 37,81 | Onza troy |
| | Precio de onza troy feb/2025 (\$2931,91) | 110853,67 | USD |

6.1.6. Inversiones realizadas para el área minera

En la tabla 14, se detalla las inversiones iniciales efectuadas en el proyecto minero, conforme el siguiente detalle:

Tabla 14.

Inversiones realizadas para el área minera

| DETALLE | INVERSIONES |
|---|-------------|
| Inversiones Previas | |
| Adquisición de excavadora CATERPILLAR 320 DL 2017 | 100.000,00 |
| Compra de vehículo para mina | 5.000,00 |
| Aportes para la comunidad | 1.000,00 |
| Obtención de Actos Administrativos, conforme el Art. 26 de la Ley de Minería. | 5.000,00 |
| Transporte de equipos y maquinaria | 5.000,00 |
| Construcción y equipamiento de campamento | 10.000,00 |
| Apertura de accesos | 5.000,00 |
| Preparación Mina | |
| Topografía | 5.000,00 |
| Adquisición de 2 Bombas | 20.000,00 |
| Implementación Planta De Lavado Gravas Auríferas | |
| Planta móvil de lavado (Clasificadora Tipo Z) | 15.000,00 |

| | |
|--|-------------------|
| Insumos de Operación para la clasificadora (mangueras, cheques, etc.) | 3.000,00 |
| Capital de Operación | |
| Capital de operación. | 20.000,00 |
| TOTAL, Inversión Previa (IF) | 196.000,00 |

6.1.7. Análisis de Costos de producción.

En la tabla 15, se describe los costos de producción del proyecto minero, conforme la producción de cada corte, y la cual se proyecta para un mes, conforme el siguiente detalle:

Tabla 15.

Análisis de Costos de producción

| Área minera "GLORIA" código 6000054 | | | | | |
|--|-----------------------------|---|--|--------------------|--------------------|
| Sistema de explotación | | | Cielo abierto | | |
| Génesis | | | Placeres aluviales provenientes de yacimientos primarios | | |
| Costos de producción proyectados a un mes | | | | | |
| Ítem | Descripción | Rubro | Cntd | Valor unit. | Valor total |
| 1 | Personal | Técnicos | 1 | 1500 | 1500 |
| | | Trabajadores | 2 | 500 | 1000 |
| | | Operadores | 2 | 1200 | 2400 |
| | | Cocinera | 2 | 400 | 800 |
| | | Guardia | 2 | 500 | 1000 |
| Subtotal (a) | | | 7 | | 6700 |
| 2 | Seguridad y salud | E.p.p. | 7 | 25 | 175 |
| | | Kit individual de primeros auxilios | 7 | 10 | 70 |
| | | Subtotal (b) | | | |
| 3 | Alimentación | General | 1 | 600 | 600 |
| | | Subtotal (c) | | | |
| 4 | Insumos de operación | Diésel | 2000 | 2 | 4000 |
| | | Gasolina | 40 | 2,75 | 110 |
| | | Cambios de aceite maquinaria y equipos | 1 | 200 | 200 |
| | | Filtros y accesorios para mantenimiento | 1 | 25 | 25 |

| | | | |
|---|---|------|----------------|
| Aceite hidráulico | 1 | 300 | 300 |
| Juego de uñas | 1 | 30 | 30 |
| Oxicorte | 1 | 30 | 30 |
| Grasa | 1 | 37,5 | 37,5 |
| Mantenimiento general preventivo | 1 | 250 | 250 |
| Servicio de soldadura | 1 | 50 | 50 |
| Insumos generales para clasificadora y accesorios | 1 | 100 | 100 |
| Subtotal (d) | | | 5132,5 |
| Total | | | 12677,5 |

6.1.8. Relación Costo Beneficio

En la tabla 16 se describe los costos de producción por metro cúbico removido, conforme el siguiente detalle:

Tabla 16.
Relación Costo-Beneficio

| Costo por jornada (mes) | | |
|---------------------------------|---------|--------------------|
| Descripción | Detalle | Unidades |
| Diseño general de corte | 20 | m |
| | 20 | m |
| Altura del corte | 7 | m |
| Volumen inicial removido | 2800 | m ³ |
| Volumen final recuperado | 2660 | m ³ |
| Volumen restablecido | 5460 | m ³ |
| Costo total de operación (mes) | 12677,5 | \$ |
| Costo por metro cúbico removido | 2,32 | \$/ m ³ |

En la tabla 17, se describe el beneficio (utilidad), por cada corte de producción, conforme el siguiente detalle:

Tabla 17.
Beneficio (Utilidad) por jornada

| Beneficio por jornada (mes) | | |
|------------------------------------|---------|---------------------|
| Descripción | Detalle | Unidades |
| Diseño general de corte | 20 | m |
| | 20 | m |
| Volumen total a remover | 2800 | m ³ |
| Volumen mineralizado | 1400 | m ³ |
| Tenor promedio | 0,16 | g au/m ³ |
| Beneficio mineral por corte | 224 | g au |
| Precio internacional del oro (24k) | 2911,86 | \$/onz troy |
| Precio local del oro (24k) | 2562,44 | \$/onz troy |

| | | |
|---|----------|------|
| Proyección por oro comercializado (21k) | 32479,29 | \$ |
| Tiempo de ejecución | 11 | Días |
| Jornadas de trabajo | 22 / 8 | Días |
| Ejecución de cortes en jornada de trabajo | 2 | |

En la tabla 18 se evidencia la relación costo/beneficios proyectados para un año, conforme el siguiente detalle:

Tabla 18.

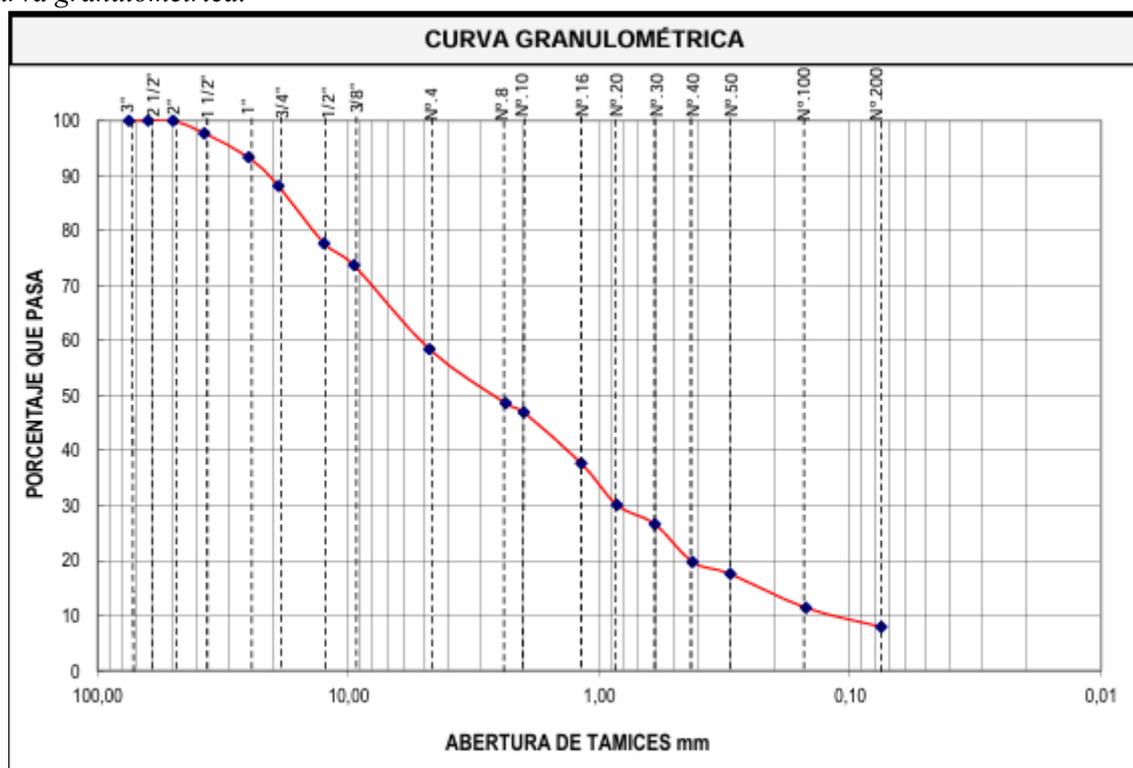
Proyección de un año de la relación Costo-Beneficio.

| Relación costo / beneficios proyectados a un año | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|------|
| | ENE | FEB | MA R | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
| COS | 1267 | 1267 | 1267 | 1267 | 1267 | 1267 | 1267 | 1267 | 1267 | 12677 | 1267 | 1267 |
| TOS | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | ,5 | 7,5 | 7,5 |
| BEN | 3247 | 3247 | 3247 | 3247 | 3247 | 3247 | 3247 | 3247 | 3247 | 32479 | 3247 | 3247 |
| EFIC IO | 9,29 | 9,29 | 9,29 | 9,29 | 9,29 | 9,29 | 9,29 | 9,29 | 9,29 | ,29 | 9,29 | 9,29 |
| UTIL | 1980 | 1980 | 1980 | 1980 | 1980 | 1980 | 1980 | 1980 | 1980 | 19801 | 1980 | 1980 |
| IDA | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 1,78 | ,7899 | 1,78 | 1,78 |
| D | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | | 99 | 99 |
| RCB | 2,56 | 2,56 | 2,56 | 2,56 | 2,56 | 2,56 | 2,56 | 2,56 | 2,56 | 2,56 | 2,56 | 2,56 |
| Costo total por año | | | | | | | | | | 152130 | | |
| Beneficio total por año | | | | | | | | | | 389751,48 | | |
| Utilidad | | | | | | | | | | 237621,4788 | | |
| Rcb | | | | | | | | | | 2,561963313 | | |

6.2. Análisis granulométrico

Se estableció la distribución de tamaño de grano de la muestra, se determinó el tamaño nominal resultante, es decir la abertura de malla que permita pasar el 80% de las partículas (D80). En (Figura 25) se muestra la curva granulométrica resultante, en la que el eje horizontal representa la abertura de tamices y el eje vertical representa el porcentaje que pasa.

Figura 28.
Curva granulométrica.



Como se puede observar en la figura 28, se alcanzó un D80 en aproximadamente 23,00 mm.

En la tabla 19, se detalla los resultados de este análisis, peso retenido acumulado, %retenido, %que pasa.

Tabla 19.
Análisis granulométrico

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | |
|-------------------------|------------------------------|------------|------------|
| Tamiz | Peso retenido acumulado (gr) | % Retenido | % que pasa |
| 3" | 0 | 0 | 100 |
| 2 1/2" | 0 | 0 | 100 |
| 2" | 0 | 0 | 100 |
| 1 1/2" | 119 | 2 | 98 |
| 1 | 343 | 7 | 93 |
| 3/4" | 610 | 12 | 88 |
| 1/2" | 1148 | 22 | 78 |
| 3/8" | 1351 | 26 | 74 |
| Nº 4 | 2138 | 42 | 58 |
| Pasa Nº 4 | 3001 | 58 | 42 |
| Nº 8 | 54 | 10 | 49 |
| Nº. 10 | 63 | 11 | 47 |
| Nº. 16 | 114 | 21 | 38 |

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Tamiz | Peso retenido acumulado (gr) | % Retenido | % que pasa |
| N°. 20 | 156 | 28 | 30 |
| N°. 30 | 175 | 32 | 27 |
| N°. 40 | 213 | 39 | 20 |
| N°. 50 | 225 | 41 | 18 |
| N°. 100 | 259 | 47 | 11 |
| N°. 200 | 278 | 50 | 8,0 |
| Pasa N°. 200 | 44 | 8,0 | |
| TOTAL | 5139 | | |
| Peso total lavado | 322,00 | | |
| Peso total después de lavado | 278,00 | | |

6.3. Densidad

Con la finalidad de tener una densidad exacta, se realizó este ensayo por el método del picnómetro más el troncocónico. En la tabla 20 se indica la densidad relativa del agregado.

Tabla 20.

Densidad relativa o gravedad específica Bulk del agregado.

| | |
|--|--------------|
| Densidad relativa agregado retenido arena gruesa | 2.536 |
| Densidad relativa pasante arena gruesa | 2.454 |
| Densidad relativa agregado fino arena gruesa | 2.488 |
| Promedio | 2,493 |

6.4. Fracción Granulométrica.

El 93 % del material, pasa la criba de la clasificadora de concentración gravimétrica Tipo Z, el 6.75 % que no pasa por la criba, corresponde a material pétreo superior a 1". El 0.25 % del material que es igual a la separación de las varillas de la criba, queda incrustado en la separación de la misma. En términos generales, de los 1400 m³, que se procesan por corte; 1.302 m³, corresponde a un material inferior a 1", lo que quiere decir que este material pasa la criba de la clasificadora gravimétrica Tipo Z, a través de los canalones (DECK SUPERIOR, INTERMEDIO E INFERIOR). El material que retiene la clasificadora de concentración gravimétrica Tipo Z, 0,128 m³; 0,4618 m³; 0,4618 m³; lo que da un total de 1,05 m³ (en total concordancia con el análisis granulométrico de laboratorio).

6.5. Análisis químico

Para la caracterización de la muestra, se realizó por fluorescencia de Rayos X, utilizando el método Geochem (3-Beam), para un análisis preciso de oro (Au), se realizó el método de ensayo al fuego, se lo considera el más efectivo para la determinación de las concentraciones de este elemento.

6.5.1. Fluorescencia de Rayos X (FRX)

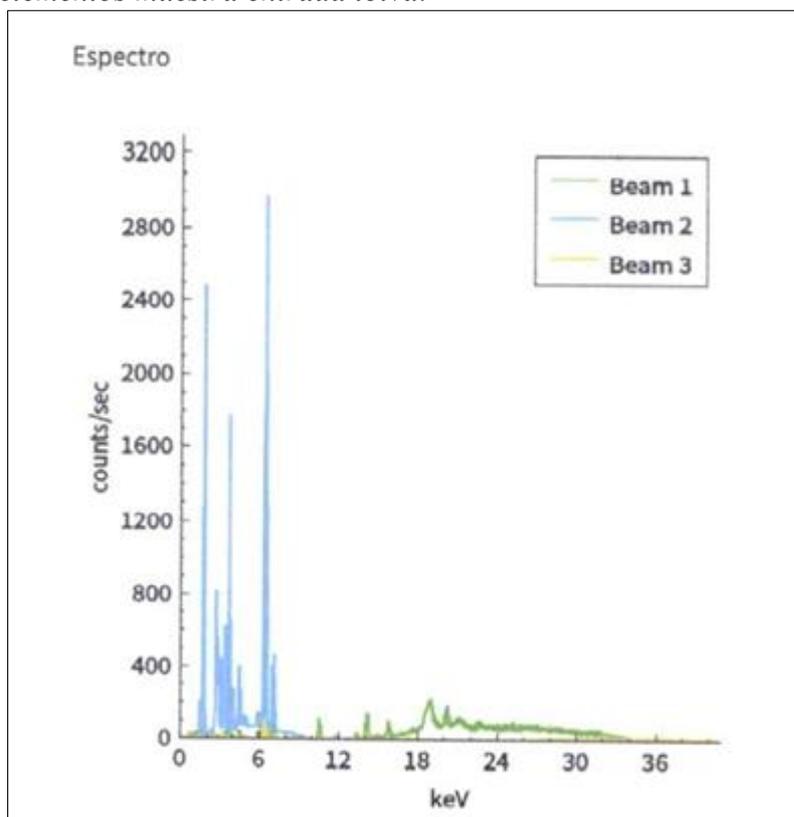
Los valores obtenidos de esta concentración se los observa en diferentes tablas (ver tablas 21 y 22- entrada Tolva y salida de clasificadora), las mismas que se presentan a continuación.

Tabla 21.

Composición química de la muestra 1 (Entrada Tolva).

| Método Geochem (3-Beam) (%) | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Mg | Al | Si | K | Ca | Ti | V | Cr | Mn | Fe |
| 0.91 | 4.94 | 17.41 | 0.56 | 1.435 | 0.372 | 0.013 | 0.015 | 0.087 | 4.33 |
| | | | | | | 9 | 7 | 3 | 3 |
| Co | Ni | Cu | Zn | As | Se | Rb | Sr | Y | Ag |
| 0.012 | 0.003 | 0.014 | 0.009 | 0.034 | 0.000 | 0.005 | 0.026 | 0.003 | 0.00 |
| 2 | 4 | 7 | 7 | 9 | 5 | 8 | 4 | | 1 |

Figura 29.
Distribución de elementos muestra entrada tolva.



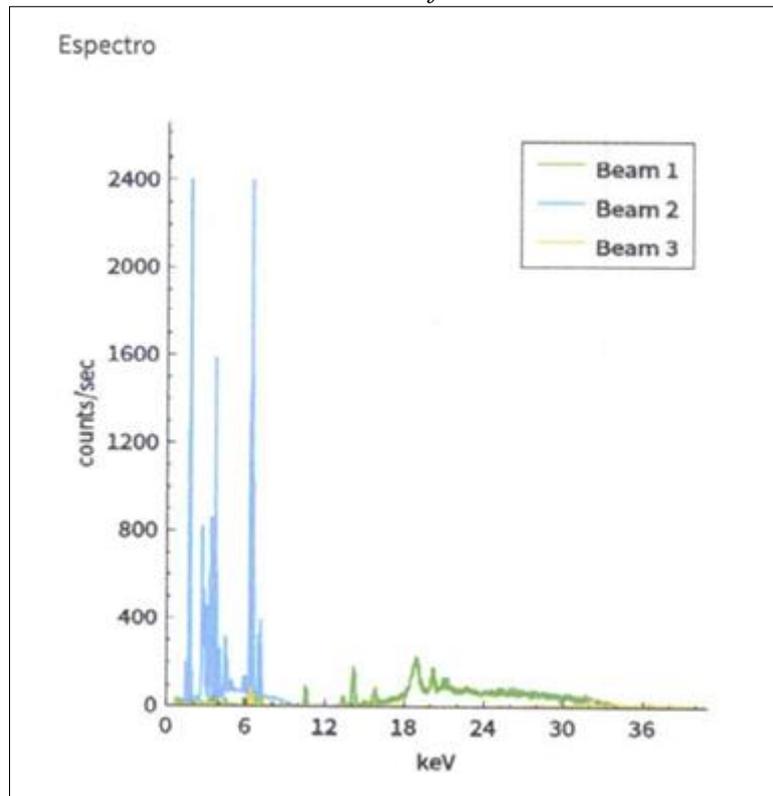
En la Figura 29, se observa la distribución de los elementos de la muestra 1 entrada a la Tolva, esta muestra un mayor porcentaje (17.41 %) correspondiente a Si.

Tabla 22.
Composición química de la muestra 1 (Salida Clasificadora).

| Método Geochem (3-Beam) (%) | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Mg | Al | Si | K | Ca | Ti | Sn | Cr | Mn | Fe |
| 0.80 | 5.07 | 18.26 | 0.937 | 1.483 | 0.416 | 0.010 | 0.019 | 0.080 | 3.64 |
| | | | 0 | | | 6 | 7 | 6 | 4 |
| Co | Ni | Cu | Zn | As | Se | Rb | Sr | Y | Ag |
| 0.027 | 0.002 | 0.012 | 0.008 | 0.035 | 0.000 | 0.000 | 0.032 | 0.002 | 0.00 |
| 0 | 0 | 4 | 2 | 5 | 1 | 8 | 4 | | 1 |

Figura 30.

Distribución de elementos muestra salida clasificadora.



En la (Figura 30), se observa la distribución de los elementos de la muestra 1 salida clasificadora, esta muestra un mayor porcentaje (18.26 %) correspondiente a Si.

6.5.2. Ensayo al fuego

En la Tabla 9 se observa la concentración de oro de las seis muestras, tanto de la entrada tolva y salida de la clasificadora.

Tabla 23.

Resultados de concentración de oro

| Identificación de la muestra | Laboratorio | Cálculo Gabinete (tenor promedio) |
|---------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| | Au (g/ton) | Au (g/m ³) |
| Muestra 1. Entrada Tolva | 0.07 | 0,17 |
| Muestra 2. Salida Clasificadora | 0.03 | 0,07 |
| Muestra 3. Entrada Tolva | 0.08 | 0,43 |
| Muestra 4. Salida Clasificadora | 0.07 | 0,17 |
| Muestra 5. Entrada Tolva | 0.03 | 0,07 |
| Muestra 6. Salida Clasificadora | 0.04 | 0,10 |

Realizando un promedio de las muestras, la concentración de oro de la entrada tolva es de $0,15 \text{ g/m}^3$ ($0,06 \text{ g/ton}$) y la concentración de la salida clasificadora es de $0,12 \text{ g/m}^3$ ($0,047 \text{ g/ton}$).

6.6. Análisis Físico – Químico. –

Figura 31.

Muestras recogidas



6.6.1. Tamaño y Forma.

Presencia de rocas y detritos de tamaño variable, cuyas dimensiones varían desde $> 80 \text{ mm}$ hasta $0,08 \text{ mm}$, conforme la curva granulométrica, señalada anteriormente. La forma que presentan estos materiales varía desde redondeada hasta subangulosa (presencia rocas con bordes más romos, y otras más angulosas). Forma que adoptan los materiales que son transportados por el agua.

6.6.2. Colores y Brillo.

Predominan tonalidades grises, verdosas, marrones, rosadas negras y blanquecinas. Algunas muestras poseen apariencia vítrea o translúcida, por la presencia de cuarzo. Algunas muestras, también coloraciones oscuras por la presencia de rocas metamórficas como filitas y rocas ígneas como basaltos. Las rocas con coloraciones de tono verdoso, corresponden a minerales como epidota, serpentinas y rocas con contenido de clorita y olivino.

6.6.3. Texturas Superficiales.

Se puede evidenciar superficies relativamente lisas, lo que indica abrasión típica de materiales arrastrados por corrientes fluviales o marinas. También se evidencian materiales ligeramente rugosos o con fracturas, lo que indica transporte no tan prolongado o fracturación mecánica (deslaves y/o caída de rocas del macizo cercano).

El material corresponde a depósitos aluviales, la variedad de colores y composiciones mineralógicas de material producto de arrastre y transporte del Río Calvas, provenientes de diferentes afloramientos y de depósitos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.

6.6.4. Presencia de Cuarzo.

La presencia de rocas de cuarzo y cristales de cuarzo (SiO_2), incrustadas en rocas graníticas, que se muestran de manera traslúcidas y blanquecinas.

6.6.5. Presencia de Feldespatos.

Principalmente ortoclasas y plagioclasas, los cuales se encontraron en tonos blancos, rosados, gris claro, algunos con alteraciones, debido a la presencia de superficies opacas. Se derivan por la presencia de rocas graníticas y granodioríticas,

6.6.6. Presencia de minerales Oscuros.

Se pudo evidenciar la presencia de anfíboles, piroxenos, biotitas.

6.6.7. Presencia de Óxidos de Hierro.

En magnetitas, hematitas y en los cuarzos.

6.6.8. Presencia de minerales de tipo micas y Epidotas.

Se evidencias brillos laminares plateados y dorados (moscovita y biotita). También la presencia de epidotas y silicatos.

6.6.9. Presencia de Oro.

Es evidente la presencia de oro en hojuelas u oro aplanado, cuya forma es delgada y aplanada, producto del desgaste mecánico y la alta maleabilidad que el mismo posee

durante su transporte, que pare este caso sería el río Calvas, corrientes y quebradas aledañas, así como también movimientos en masa.

6.7. Caudal (Q).

El caudal es una de las variables más indispensables para la recuperación de oro aluvial. En el proyecto minero “GLORIA”; código 60000054, se utilizan dos motores de bombeo, con las siguientes características (Ver Tabla 24).:

6.7.1. Motor De Bombeo Nro. 1.

Tabla 24.

Características de la bomba

| Descripción | Detalle de equipos | | |
|--|---|-------|----------|
| | Especificaciones técnicas | | Unidades |
| Motor de bombeo Perkins (clasificadora) | Cilindrada | 2,2 | L |
| | Turbina | 6 | In |
| | Nro. De salidas | 4 | 3" |
| | Peso operativo | 300 | Kg |
| | Potencia del motor | 50 | Kw |
| | | 80 | Hp |
| | | 2000 | Rpm |
| | Capacidad del tanque de combustibles | 5 | Gal |
| | Consumo de combustible por hora | 3,79 | L/h |
| | Consumo de combustible por jornada (16 h) | 60,57 | L/h |
| | | 16,00 | Gal |

Conforme las operaciones técnicas señaladas en el cuadro anterior y que corresponden al motor utilizado en la clasificadora gravimétrica tipo Z, este motor ha sido acoplado a una turbina de 6" (con cuatro salidas de 3"; de las cuales se utilizan **2 salidas**), con una entrada de 4" (cheque y manguera corrugada de alta presión), considerando una altura desde la toma de agua, hasta la clasificadora (3 m), junto con la potencia del motor de 80 HP, y a 2000 rpm; una distancia de 30 m, el caudal por cada salida es de 126 m³/h (0,035 m³/s), considerando que son dos salidas, el proceso de lavado utilizará 252 m³/h (0,070 m³/s). Cada salida posee una función diferente, las mangueras son conectadas en las dos entradas de la clasificadora, las cuales distribuyen el agua de la siguiente manera:

- La primera entrada va hacia el surtidor principal que posee una reducción a 2", para aumentar la presión de lavado de material mineralizado en la tolva.

- La segunda entrada va conectado al sistema de lavado mecanizado y autónomo de la planta de concentración gravimétrica tipo Z, que consiste en un flautín de 3", con aberturas longitudinales a lo largo del mismo (chisperos), para complementar el proceso de lavado.

En un día de trabajo de 16 horas se utilizaría 4032 m³, y en 5 días que dura el lavado de material mineralizado se utilizan 20160 m³ de agua.

Existe un sistema de piscinas de sedimentación que reducen en un 80 % los sólidos en suspensión, antes de ser devuelta al cauce natural del río Calvas.

6.7.2. Motor de Bombeo Nro. 2.-

Tabla 25.
Detalle de equipos

| Descripción | Detalle de equipos | | |
|---|---|----------|-----|
| | Especificaciones técnicas | Unidades | |
| Motor de bombeo Jhon Deere (achique para el corte) | Cilindrada | 6,8 | L |
| | Turbina | 6 | In |
| | Nro. De salidas | 4 | 3" |
| | Peso operativo | 600 | Kg |
| | Potencia del motor | 185 | Kw |
| | | 225 | Hp |
| | | 1500 | Rpm |
| | Capacidad del tanque de combustibles | 10 | Gal |
| | Consumo de combustible por hora | 4,92 | L/h |
| | Consumo de combustible por jornada (16 h) | 78,74 | L/h |
| | | 20,80 | Gal |

Conforme las operaciones técnicas señaladas en el cuadro anterior y que corresponden al motor utilizado para el bombeo de agua dentro del frente de explotación (corte), este motor, también ha sido acoplado a una turbina de 6" (con cuatro salidas de 3", de las cuales se utilizan 2 salidas; con una entrada de 6" (cheque y manguera corrugada de alta presión), considerando una altura desde la toma de agua, hasta el desfogue (7 m), junto con la potencia del motor de 225 HP, y a 1500 rpm; una distancia de 40 m, el caudal

por cada salida es de 317 m³/h (0,088 m³/s), considerando que son dos salidas, el proceso de bombeo de agua será de 634 m³/h (0,176 m³/s). El agua que se bombea del corte hacia el caudal del río Calvas, posee bajas concentraciones de sedimentos en suspensión.

6.8. Coeficiente de esponjamiento de la grava

Según (Yepes, 2019), el coeficiente de esponjamiento de la grava es el cociente entre el volumen que ocupa el material en el banco y el volumen que ocupa el material suelto. En la (Tabla 11), donde se encuentran valores característicos de peso específico y factor volumétrico de conversión para distintos materiales; se determina el factor de esponjamiento, teniendo en cuenta que la densidad de la grava húmeda es de 2.536 t/m³ y de la arena es de 2.488 t/m³.

Tabla 26.
Densidad y coeficiente de esponjamiento.

| Material | gB (t/m ³) | FW |
|---------------------|----------------------------|-------------|
| Caliza | 2.61 | 0.59 |
| Arcilla | Estado Natural | 0.83 |
| | Seca | 0.81 |
| | Húmeda | 0.8 |
| Arcilla y grava | Seca | 0.86 |
| | Húmeda | 0.84 |
| Roca alterada | 75% Roca – 25% Tierra | 0.7 |
| | 50% Roca – 50% Tierra | 0.75 |
| | 25% Roca – 75% Tierra | 0.8 |
| | Seca | 0.8 |
| Tierra | Húmeda | 0.79 |
| | Barro | 0.81 |
| Granito fragmentado | 2.73 | 0.61 |
| Grava | Natural | 0.89 |
| | Seca de 6 a 50 mm | 0.89 |
| | Húmeda de 6 a 50 mm | 2.26 |
| Arena y arcilla | 2.02 | 0.79 |
| Yeso fragmentado | 3.17 | 0.57 |
| Arenisca | 2.52 | 0.6 |
| Arena | Seca | 0.89 |
| | Húmeda | 0.89 |
| | Empapada | 2.08 |
| Tierra y grava | 1.93 | 0.89 |

| Material | gB (t/m ³) | FW |
|----------------|------------------------|------|
| Húmeda | 2.23 | 0.91 |
| Tierra vegetal | 1.37 | 0.69 |

El coeficiente de esponjamiento tanto de la grava y de la arena es de 0.89. Con este dato se determinó el volumen de material suelto (ROM), se calcula despejando la relación:

$$\text{Coeficiente de esponjamiento} = \frac{\text{Vin situ}}{\text{VROM}}$$

Dado que,

$$0,89 = \frac{\text{Vin situ}}{\text{VROM}}, \text{ despejamos: } \text{VROM} = \frac{\text{Vin situ}}{0,89}, \text{ con } \text{Vin Situ} = 1400 \text{ m}^3$$

$$\text{VROM} = \frac{1400 \text{ m}^3}{0,89} = 1573 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el volumen de material mineralizado suelto (ROM), será el procesado por cada corte, es decir será el que pasará a la clasificadora de concentración gravimétrica Tipo Z, para ser lavado.

6.9. Criterio de concentración

El criterio de concentración tendrá que ser mayor a 2.5, esto hace que haya separación por diferencia de densidades. En la siguiente formula se obtiene el Cc.

$$Cc = \frac{Pp - Pf}{Pl - Pf}$$

$$Cc = \frac{19.32 - 1.03}{2.488 - 1.03}$$

$$Cc = 12.54$$

Se determinó un Cc de 12.54 mayor a 2.5, lo cual es efectiva la recuperación gravimétrica.

6.10. Tiempo de procesamiento y carga de material.

Conforme el presente cuadro que a continuación se detalla, se ha terminado los tiempos de transporte, carga y lavado de material aurífero.

Tabla 27.

Parámetros considerados en el proceso de lavado en clasificadora gravimétrica tipo z

| Sistema de explotación | | Cielo abierto | | |
|--|-----------------------|---|--------|----------------------|
| Génesis | | Placeres aluviales provenientes de yacimientos primarios | | |
| Descripción | | Especificaciones técnicas | | Unidades |
| Parámetros considerados en el proceso de lavado en clasificadora gravimétrica tipo z | Vin situ | Volumen inicial | 1400 | M ³ |
| | | Tenor promedio | 0,16 | G au/ m ³ |
| | | Promedio aurífero por corte | 224 | G au/corte |
| | Vrom | Volumen de material de arranque | 1573 | M ³ |
| | | Volumen ptda | 162,00 | M ³ |
| | | Nro de mochiladas | 9,71 | # |
| | Tolva | Capacidad de almacenamiento | 4,05 | M |
| | Parámetros excavadora | Long. Pluma | 5,5 | M |
| | | Capacidad cucharón | 1,2 | M |
| | | Ciclo de carga y descarga | 30 | S |
| | Ciclo de lavado | Tiempo de lavado | 90 | S/ m ³ |
| | | Tiempo de lavado por mochilada | 14580 | S |
| | | | 4,05 | H |
| | Canalones | Vlm ret tmp princpl | 0,128 | M ³ |
| | | Vlm ret cnln superior | 0,46 | M ³ |
| | | Vlm ret cnln inferior | 0,46 | M ³ |
| | | Vlm total retenido en la clasificadora | 1,05 | M ³ |
| | Inclinación | Deck superior | 18 | ° |
| | | Deck intermedio | 15 | ° |
| | | Deck inferior | 13 | ° |
| | Proceso hidráulico | Caudal de lavado | 0,7 | m ³ /s |
| | | | 252 | M ³ /h |
| | | Velocidad del agua Deck superior | 0,022 | M/s |
| Velocidad del agua Deck intermedio | | 0,018 | M/s | |
| Velocidad del agua Deck inferior | | 0,016 | M/s | |

6.11. Propuesta al proceso de recuperación

Identificados y caracterizados los procesos en el área minera “GLORIA”; CÓDIGO 60000054, donde se utiliza una clasificadora gravimétrica Tipo Z; para la

recuperación de placeres aluviales de tipo aurífero, se han determinado pérdidas de mineral aurífero, ante ello, surge la necesidad de realizar una propuesta para mejorar la recuperación de mineral, ello tomando en consideración y como punto de partida la Relación Costo Beneficio (RCB), la misma que se ha calculado en el presente proyecto de investigación.

Así mismo se toma en consideración el tamaño de las partículas de oro, los minerales de mena y los minerales de ganga, los estratos mineralizados, la clasificación granulométrica, las características de la maquinaria y equipos; y lo principal, el caudal para el ciclo de lavado y los ángulos de inclinación de los Decks de la clasificadora gravimétrica Tipo Z.

6.11.1. Pruebas para mejorar la recuperación de oro.

A continuación, se presenta una hoja de cálculo, que se ha creado para realizar las interpretaciones en base a las pruebas realizadas dentro del área minera “GLORIA”; código 60000054, con el fin de mejorar la recuperación de oro.

La tabla 28 describe los ángulos de inclinación de los Decks de la clasificadora y el caudal que se le aplica al proceso de lavado de la grava aurífera, relacionado en las condiciones iniciales, donde se obtiene un porcentaje de recuperación del 66,84 %, conforme el siguiente detalle:

Tabla 28.

Parámetros considerados en el proceso de lavado en clasificadora gravimétrica tipo z (condiciones iniciales)

| Área minera "GLORIA" código 6000054 | | | | |
|--|----------------------------------|--|-----------------|---------------------------------|
| Sistema de explotación | | Cielo abierto | | |
| Génesis | | Placeres aluviales provenientes de yacimientos primarios | | |
| Ensayo en condiciones iniciales de trabajo | | | | |
| Descripción | Especificaciones técnicas | | Unidades | Promedio de recuperación |
| Parámetros considerados en el proceso de lavado en clasificadora gravimétrica tipo z | Vin situ | Volumen inicial | 1400 | m3 |
| | | Tenor promedio | 0,16 | g au/m3 |
| | | Promedio aurífero por corte | 224 | g au/corte |
| | Vrom | Volumen de material de arranque | 1573 | m3 |
| | | | | 149,72 |

| | | | |
|----------------------------|--|---------------|--|
| | Volumen ptda | 162,00 | m ³ |
| | Nro. de mochiladas | 9,71 | # |
| Tolva | Capacidad de almacenamiento | 4,05 | m |
| Parámetros excavadora | Long. Pluma | 5,5 | m |
| | Capacidad cucharón | 1,2 | m |
| | Ciclo de carga y descarga | 30 | s |
| Ciclo de lavado | Tiempo de lavado | 90 | s/m ³ |
| | Tiempo de lavado por mochilada | 14580 4,05 | s h |
| Canalones | Vlm ret tmp princpl | 0,128 | m ³ |
| | Vlm ret cnln superior | 0,46 | m ³ |
| | Vlm ret cnln inferior | 0,46 | m ³ |
| | Vlm total retenido en la clasificadora | 1,05 | m ³ |
| Inclinación | Deck superior | 18 | ° |
| | Deck intermedio | 15 | ° |
| | Deck inferior | 13 | ° |
| Proceso hidráulico | Caudal de lavado | 0,07 252 | m ³ /s m ³ /h |
| | Velocidad del agua Deck superior | 0,022 | m/s |
| | Velocidad del agua Deck intermedio | 0,018 | m/s |
| | Velocidad del agua Deck inferior | 0,016 | m/s |
| Eficiencia de recuperación | | 66,84 % | |

En la tabla 29, se detalla los ángulos de inclinación de los Decks de la clasificadora y el caudal que se le aplica al proceso de lavado de la grava aurífera, relacionado en la

prueba Nro.1, donde se obtiene un porcentaje de recuperación del 63,24 %, conforme el siguiente detalle:

Tabla 29.

Parámetros considerados en el proceso de lavado en clasificadora gravimétrica tipo z (condiciones iniciales)

| Área minera "GLORIA" código 6000054 | | | | | |
|---|--|--|--------------------------|------------|--------|
| Sistema de explotación | Cielo abierto | | | | |
| Génesis | Placeres aluviales provenientes de yacimientos primarios | | | | |
| Prueba Nro 1.- Se toma en consideración aumento de caudal y disminución de ángulos (Deck intermedio e inferior) | | | | | |
| Descripción | Especificaciones técnicas | Unidades | Promedio de recuperación | | |
| Parámetros considerados en el proceso de lavado en clasificadora gravimétrica tipo z | Vin situ | Volumen inicial | 1400 | m3 | 141,65 |
| | | Tenor promedio | 0,16 | g au/m3 | |
| | | Promedio aurífero por corte | 224 | g au/corte | |
| | Vrom | Volumen de material de arranque | 1573 | m3 | |
| | | Volumen ptda | 162,00 | m3 | |
| | | Nro. de mochiladas | 9,71 | # | |
| | Tolva | Capacidad de almacenamiento | 4,05 | m | |
| | Parámetros excavadora | Long. Pluma | 5,5 | m | |
| | | Capacidad cucharón | 1,2 | m | |
| | | Ciclo de carga y descarga | 30 | s | |
| | Ciclo de lavado | Tiempo de lavado | 75 | s/m3 | |
| | | Tiempo de lavado por mochilada | 12150 | s | |
| | | | 3,375 | h | |
| | Canalones | Vlm ret tmp princpl | 0,128 | m3 | |
| | | Vlm ret cnln superior | 0,46 | m3 | |
| | | Vlm ret cnln inferior | 0,46 | m3 | |
| | | Vlm total retenido en la clasificadora | 1,05 | m3 | |
| | Inclinación | Deck superior | 18 | ° | |

| | | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|-------|-------------------|
| | Deck intermedio | 12 | ° |
| | Deck inferior | 8 | ° |
| Proceso hidráulico | Caudal de lavado | 0,09 | m ³ /s |
| | | 324 | m ³ /h |
| | Velocidad del agua Deck superior | 0,022 | m/s |
| | Velocidad del agua Deck intermedio | 0,017 | m/s |
| | Velocidad del agua Deck inferior | 0,015 | m/s |
| Eficiencia de recuperación | | | 63,24 % |

En la tabla 30, se describe los ángulos de inclinación de los Decks de la clasificadora y el caudal que se le aplica al proceso de lavado de la grava aurífera, relacionado en la prueba Nro.2, donde se obtiene un porcentaje de recuperación del 68,35 %, conforme el siguiente detalle:

Tabla 30.

Parámetros considerados en el proceso de lavado en clasificadora gravimétrica tipo z (condiciones iniciales)

| Área minera "GLORIA" código 6000054 | | | |
|--|--|-----------------|---------------------------------|
| Sistema de explotación | Cielo abierto | | |
| Génesis | Placeres aluviales provenientes de yacimientos primarios | | |
| Prueba Nro. 2.- Se mantiene caudal y ángulos para Deck intermedio e inferior de la prueba Nro.1. Se considera disminución del ángulo en el Deck superior. | | | |
| Descripción | Especificaciones técnicas | Unidades | Promedio de recuperación |
| Vin situ | Volumen inicial | 1400 | M3 |
| | Tenor promedio | 0,16 | G au/m ³ |
| | Promedio aurífero por corte | 224 | G au/corte |
| Vrom | Volumen de material de arranque | 1573 | M3 |
| | Volumen ptda | 162,00 | M3 |

153,10

| | | | | |
|--|-----------------------|--|---------|------|
| Parámetros considerados en el proceso de lavado en clasificadora gravimétrica tipo z | | Nro. de mochiladas | 9,71 | # |
| | Tolva | Capacidad de almacenamiento | 4,05 | M |
| | Parámetros excavadora | Long. Pluma | 5,5 | M |
| | | Capacidad cucharón | 1,2 | M |
| | | Ciclo de carga y descarga | 30 | S |
| | Ciclo de lavado | Tiempo de lavado | 75 | S/m3 |
| | | Tiempo de lavado por mochilada | 12150 | S |
| | | | 3,375 | H |
| | Canalones | Vlm ret tmp principal | 0,128 | M3 |
| | | Vlm ret cnln superior | 0,46 | M3 |
| | | Vlm ret cnln inferior | 0,46 | M3 |
| | | Vlm total retenido en la clasificadora | 1,05 | M3 |
| | Inclinación | Deck superior | 16 | ° |
| | | Deck intermedio | 12 | ° |
| | | Deck inferior | 8 | ° |
| | Proceso hidráulico | Caudal de lavado | 0,09 | M3/s |
| | | | 324 | M3/h |
| | | Velocidad del agua Deck superior | 0,022 | M/s |
| | | Velocidad del agua Deck intermedio | 0,017 | M/s |
| | | Velocidad del agua Deck inferior | 0,015 | M/s |
| Eficiencia de recuperación | | | 68,35 % | |

6.11.2. Análisis de las pruebas

De acuerdo a las pruebas realizadas en campo, se ha determinado que un leve incremento en el aumento de caudal, y la disminución en dos grados a los ángulos de

Figura 33. Mesa vibratoria



Una vez realizado el análisis en la mesa vibratoria con la variación de ángulos, se obtuvo un porcentaje de recuperación mayor al 50%, en la (Tabla 22) se observa los resultados de cada uno de los ángulos.

Tabla 32.

Porcentaje de recuperación oro a diferentes ángulos de inclinación

| Ángulo de inclinación (°) | Recuperación (%) |
|---------------------------|------------------|
| 4 | 10.15 |
| 7 | 25.04 |
| 12 | 35.25 |

En la Figura 34 se puede evidenciar que la mayor recuperación de oro se da con el ángulo de inclinación de 12°

Figura 34.

Recuperación de oro variando ángulo de inclinación



7. Discusión

El presente estudio se focaliza en los análisis y optimización de los procesos de recuperación de oro, mediante concentración gravimétrica Tipo Z, en el área minera “GLORIA”; código 60000054, ubicada en el cantón Calvas, provincia de Loja – Ecuador. La discusión de los hallazgos se focaliza a los siguientes ejes temáticos, que corresponden a los objetivos de la presente investigación

La identificación y descripción de los procesos de concentración gravimétrica descripción, representan la base del estudio, lo que permite entender las etapas y mecanismos fundamentales que intervienen de manera directa en la recuperación de oro. El apoyo bibliográfico y los ensayos In Situ, demuestran que los concentradores gravimétricos Tipo Z, debido a su diseño, funcionalidad, portabilidad y precio; son equipos apropiados para el tratamiento y recuperación de oro, proveniente de placeres aluviales, del río Calvas. El mecanismo de la clasificadora gravimétrica Tipo Z, permite separar las partículas de oro mediante diferencias en densidad y tamaño.

Se evidenció que la eficiencia del proceso, está directamente relacionada por la correcta alimentación en la tolva, y por la optimización de los parámetros operativos como es el caudal y los ángulos de inclinación de los Decks, esto nos permitió identificar que, el proceso no solo aporta conocimiento técnico del método actual aplicado, sino que también permite evaluar las variables que inciden en la recuperación de oro, lo que es indispensable para el diseño de estrategias de mejora.

La capacidad del concentrador gravimétrico Tipo Z, para procesar altas cantidades de materiales mineralizados de tipo aluvial, aún; cuando el mismo sea altamente heterogéneo, se destaca como un punto clave, para la sostenibilidad operativa del área minera “GLORIA”; código 60000054.

El análisis físico, químico y mineralógico de las gravas auríferas que ingresan a la tolva del concentrador gravimétrico tipo Z, es indispensable para entender el comportamiento del material durante el proceso de lavado y separación de las partículas por densidad. Los análisis realizados, permitieron identificar la composición mineralógica predominante, así como también permitió determinar la granulometría y las propiedades fisicoquímicas relevantes, tales como la densidad, peso específico, volumen In Situ, Volumen Rom. Estas propiedades inciden de manera directa en la concentración

gravimétrica, puesto que determinan el grado, con las que las partículas de oro se pueden separar del material estéril. Las variaciones en la granulometría y en la distribución de los minerales portadores de oro, pueden hacer deficiente la recuperación del mismo, conllevando la necesidad de calibrar y ajustar el proceso a las condiciones específicas, en las que se encuentran los placeres aluviales dentro del área minera “GLORIA”; código 60000054.

La identificación y análisis de las variables operativas, que influyen de manera negativa en la eficiencia de la recuperación de oro en la clasificadora de concentración gravimétrica Tipo Z; tales como el flujo de alimentación en tolva, velocidad y distribución del agua, y, ángulos de inclinación de los Decks, definen la interacción directa y compleja al mismo tiempo, que puede aumentar o disminuir, la eficiencia del proceso. Esto quiere decir que, un caudal inadecuado, puede impedir la formación de la corriente crítica necesaria para un adecuado lavado de material mineralizado, por ende, la separación de adecuada de las partículas. Así mismo, el ángulo de inclinación incorrecto en cada uno de los decks, afecta negativamente la trayectoria del material dentro de los mismos, produciéndose embanques de material o flujos rápidos por arrastre de material.

Los ensayos practicados In Situ, permitieron establecer los rangos operativos óptimos, los cuales fueron considerados para aumentar en al menos un 3% la recuperación del mineral aurífero, dentro del área minera “GLORIA”; Código 60000054. Los análisis ejecutados, se complementaron con modelos predictivos y empíricos, que relacionaron las variables operativas, donde se identificó los puntos de mejora en la cadena de procesamiento mineral.

8. Conclusiones

- La identificación detallada del proceso de recuperación de oro mediante concentración gravimétrica con la utilización de concentradores tipo Z, para el área minera “GLORIA”; código 60000054, ubicada en el cantón Calvas, provincia de Loja – Ecuador, permitió comprender las fases críticas y los mecanismos físicos que intervienen en la separación del oro y el material estéril, estableciendo la base para la optimización del proceso de recuperación minera.
- La caracterización físico – química y mineralógica de las gravas auríferas, que ingresan a la tolva del concentrador gravimétrico tipo Z para el área minera “GLORIA”; código 60000054, ubicada en el cantón Calvas, provincia de Loja – Ecuador, es fundamental para determinar las propiedades inherentes del material; tales como granulometría, densidad y composición mineralógica, los cuales influyen de manera directa en la eficiencia de la separación gravimétrica.
- El análisis granulométrico del material dio como resultado un D80 de 23 mm, también se determinó que existe un porcentaje pasante de grava del 42% correspondiente al tamiz #4.
- Los resultados obtenidos en la Fluorescencia de Rayos X (FRX), nos permitió determinar la composición del material; el material más representativo con elevados porcentajes es el Cuarzo.
- La concentración de oro inicial del material estudiado dio como resultado 0.16 g Au/m³, esto respecto a la entrada de la Tolva y salida de la Clasificadora.
- Establecidas las variables que intervienen en el proceso de recuperación de oro; tales como caudal de agua, inclinación de los Decks, tasa de alimentación, nos permitió analizar la definición de rangos operativos óptimos, siendo clave para ajustar y controlar el proceso de recuperación de oro.
- Con base en la caracterización de las gravas auríferas y el análisis de las variables operativas, se establecieron parámetros que permitieron mejorar la eficiencia del proceso de recuperación de oro, dichos parámetros son a nivel de aumento de caudal de agua, reducción de los ángulos de inclinación en los Decks de la clasificadora gravimétrica Tipo Z.

9. Recomendaciones

- Es necesaria la integración de fases complementarias dentro del proceso de extracción las gravas auríferas mineralizadas, de tal manera que estas no se mezclen y/o contaminen con los estratos estériles; mucho menos con las capas de suelos orgánicos, mismas que poseen altos contenidos de limos y arcillas.
- Se requiere la aplicación de técnicas de análisis multivariantes y modelos estadísticos, que permitan identificar las interacciones críticas entre las variables del proceso, dando apertura a la posibilidad de implementar mejoras continuas, basadas en un monitoreo constante y en la retroalimentación de datos operacionales.
- Deberá existir un monitoreo integral constante, de todas las operaciones mineras en cada una de sus fases (exploración – explotación), de tal manera que solo se procesen materiales con contenido mineral aurífero.

10. Bibliografía

- Apaza, Y. (2018). *Evaluación del circuito de comunicación y flotación de la planta concentradora de la empresa minera MINSUR S. A.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa – Perú
- Arndt, N., Fontboté, L., Hedenquist, J. W., Kesler, S. E., Thompson, J. F., & Wood, D. G. (2017). Section 2. Formation of Mineral Deposits. *Geochemical Perspectives*, 6(1), 18–51. <https://pubs.geoscienceworld.org/perspectives/article-abstract/6/1/18/521381/Section-2-Formation-of-Mineral-Deposits>
- Baird, C., & Cann, M. (2008). *Environmental Chemistry* (5th ed.). W.H. Freeman.
- Banco Central del Ecuador. (2018). Cartilla informativa sobre hidrocarburos . Banco Central del Ecuador. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cartilla00.pdf>
- Barsky, G., Swainson, S., Hedley, N. (1934). *Disolución de oro y plata en soluciones cianuradas*. *Trans. AIME* 112, 677
- Bridge, G. (2004). Contested Terrain: Mining and the Environment. *Annual Review of Environment and Resources*.
- Bustamante, O., Gaviria, A., Restrepo, O. (2008). *Concentración de Minerales*. Medellín
- Castillo, J. (2014). *Programa Integral Concentración de Minerales*. Lima, Perú: Tecsup
- Cruz, L. (1939). *La industrialización de placeres auríferos como un importante factor del fomento de la producción*. *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, (12). <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/bcentralfcfm,+Journal+manager,+121808-1-CE.pdf+35453>
- Darling, P. (2011). *SME Mining Engineering Handbook*. Society for Mining, Metallurgy & Exploration.
- DECENT, (2021). *Cuáles son los métodos de beneficio de mineral oro*

- Dufresne, A. (2023). *¿Cómo trabajan los concentradores en espiral?* Multotec. <https://www.multotec.com/en/news-articles/como-trabajan-los-concentradores-en-espiral>
- Eral Chile. (s.f.). Mesas de sacudidas. Obtenido de <https://www.eralchile.com/equipo/mesas-de-sacudidas#:~:text=Descripci%C3%B3n,e%20tratamiento%20de%20part%C3%ADculas%20finas>
- Evans, A. M. (1993). *Ore Geology and Industrial Minerals: An Introduction*. Blackwell Science.
- GAD Calvas. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Calvas 2014/2019*. https://www.gobiernocalvas.gob.ec/phocadownloadpap/Planes/PDYOT_2015_2019.pdf
- Gupta, A., & Yan, D. S. (2006). *Mineral Processing Design and Operation: An Introduction*. Elsevier.
- Habashi, F. (1997). *Handbook of Extractive Metallurgy*. Wiley-VCH.
- Hartman, H. L., & Mutmansky, J. M. (2002). *Introductory Mining Engineering*. Wiley.
- Hernández, J. (2018). Yacimientos de minerales metálicos. https://www.academia.edu/4398584/Yacimientos_de_Minerales
- Higueras, P. (sf). Yacimientos minerales . Blog personal de Pablo Higueras. Universidad de Castilla-La Mancha. <https://blog.uclm.es/pablohigueras/yacimientos-minerales/>
- Hilson, G. (2002). *The Environmental Impact of Small-Scale Gold Mining in Ghana: Identifying Problems and Possible Solutions*. Land Degradation & Development.
- Hilson, G., & Potter, C. (2005). *Structural Adjustment and Subsistence Industry: Artisanal Gold Mining in Ghana*. Development and Change.

- HLC Ingeniería y Construcción. (2024, 30 de mayo). Concentración gravimétrica. LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/concentraci%C3%B3n-gravim%C3%A9trica-hlc-ingenieria-y-construccion-sac-wmnxe>
- Ingeoexpert. (2018). Yacimientos minerales. Ingeoexpert. <https://ingeoexpert.com/2018/02/19/yacimientos-minerales/>
- INIGEMM. (2017). *Mapa Geológico de la República del Ecuador*.
- Japa, S., Zañango, H. (2022). *Recuperación de minerales mediante la utilización de un concentrador gravimétrico tipo Z*. Universidad del Azuay. Cuenca – Ecuador.
- López, V. (2004). *Principios básicos en los procesos para la concentración de minerales*. México, UNAM, Facultad de Ingeniería, 2004, 346 p.
- MacDonald, E. H. (1983). *Alluvial Mining: The Geology, Technology, and Economics of Placers*. Springer.
- Marsden, J. O., & House, C. I. (2006). *The Chemistry of Gold Extraction*. Society for Mining, Metallurgy & Exploration.
- Marsden, J., House, I. (2006). *The Chemistry of Gold Extraction*. Colorado: Littleton
- Mathioudakis, S., Xiroudakis, G., Petrakis, E. y Manoutsoglou, E. (2023). Evolución de las tecnologías de minería de oro aluvial. *Materiales Proceedings*, 15 (1), 70. <https://doi.org/10.3390/materproc2023015070>
- Ministerio del Ambiente. (2017). Manual de buenas prácticas en minería aurífera aluvial para facilitar una adecuada recuperación de áreas. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2017/02/2017-01-30-Manual-de-buenas-pr%C3%A1cticas-en-miner%C3%ADa-aur%C3%ADfera-aluvial-para-facilitar-una-adecuada-recuperacion-de-%C3%A1reas-FINAL-3.pdf>
- Ospina, M. (2014). *Modelamiento de la hidrodinámica de la separación gravimétrica de minerales en Jigs*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín – Colombia
- Quevedo Haro, E. C. (2013). Granulometría de agregados (grueso y fino) [Laboratorio N° 7]. Universidad Nacional del Santa.

http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/laboratorio_n%BA_7_eq.pdf

- Rao, V. V., & Nara, D. (2021). Structure and Geological Processes of the Earth: Seismic Evidences from the Indian Shield. 49–73. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4122-0_5
- Ripley, E. A., Redmann, R. E., & Crowder, A. A. (1996). Environmental Effects of Mining. CRC Press.
- Servicio Geológico Mexicano. (2017). Yacimientos minerales . Gobierno de México. https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Yacimientos-minerales.html
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2014). Fundamentals of Analytical Chemistry (9th ed.). Cengage Learning.
- Trumbull, R. B., & Codeço, M. S. (2023). How Do Ore Deposits Form? *Frontiers for Young Minds*, 11. <https://doi.org/10.3389/frym.2023.1237650>
- Tupiza, J. (2019). *Tecnologías limpias para el aprovechamiento de depósitos detríticos (oro aluvial) ubicados en la Provincia del Napo* [Tesis de Ingeniería, Universidad Central del Ecuador]. (págs. 32-33). Quito: UCE
- Valletta, A., Mariucci, L., Rapisarda, M., & Fortunato, G. (2013). Principle of operation and modeling of source-gated transistors. *Journal of Applied Physics*, 114(6), 064501. <https://doi.org/10.1063/1.4817502>
- Viladevall Solé, M. (s . f .). *Prospección aluvionar de minerales pesados*. Universidad de Barcelona. http://www.publicacions.ub.es/refs/pub_dig/pros_aluv.pdf
- Villas, R., Sánchez, M. (2006). *Tecnologías Limpias en las industrias extractivas minero – metalúrgicas y petrolera*. Bolivia: 2nd ed. Santa Cruz de la Sierra
- Wills, B. A., & Finch, J. (2015). *Wills' Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery*. Elsevier.
- Yepes, V. (2019). *Coeficiente de esponjamiento en movimiento de tierras*. Apuntes de la Universitat Politècnica de Valencia.

<https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/03/01/coeficiente-de-esponjamiento-en-movimiento-de-tierras/>

Zhunio, J. (2017). *Evaluación de reservas, estudio de pre factibilidad económica y diseño de explotación de un depósito aluvial*. Universidad del Azuay. Cuenca – Ecuador.
<https://prezi.com/flgzdyea-kuh/metodos-de-concentracion-gravimeticas/>

11. Anexos

Anexo 1. Fichas de campo.

| DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES ACTUALES | | | |
|---|---|----------------------|--------------------|
| Coordenadas | X: 650713 | Y: 9509614 | Z: |
| Datum | UTM WGS 84 | Estado | Activo |
| Código | 60000054 | Titular Minero | |
| Propietario del terreno | | Contrato operacional | |
| Realizado por | Angel Vladimir Ortiz Torres | | |
| Método de explotación | Cielo Abierto | Forma de yacimiento | Terrazas Aluviales |
| Observaciones | Su apertura lo realizan con trincheras | | |
| EXTRACCIÓN DEL MATERIAL | | | |
| Sistema de explotación | manual o con maquinaria; bancos de forma descendente. | | |
| ARRANQUE Y TRANSPORTE | | | |
| Maquinaria | Excavadora | capacidad | 1m ³ |
| Personal requerido | 2 | Tiempo | |
| Observaciones | | | |
| CLASIFICACIÓN | | | |
| Maquinaria | Clasificadora 2 toluca | Tamaño de grava | 42% |
| Dimensiones de la Z | | Caudal de agua | |
| ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS | | | |
| Escombreras | | | |
| Piscinas de sedimentación | | | |
| Observaciones | | | |

| DESCRPCIÓN DE LITOLOGÍAS | | | | | |
|------------------------------|--|----------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 1. INFORMACIÓN GENERAL | | | | | |
| Realizado por | Ángel Wladimir Ortiz Torres | | N° |) | |
| Fecha | 17 Octubre 2024 | | Ubicación | Canton Caluas | |
| 2. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA | | | | | |
| Tipo de roca | Aluviales | | | | |
| Color | Gris-blancos | | Textura | - | |
| Mineralogía | Gran cantidad de cuarzo-silíce | | | | |
| Grado de meteorización | Sana (x) | Algo meteorizada () | Moderadamente meteorizada () | Muy meteorizada () | Completamente meteorizada () |
| Hidrogeología | Sin presencia de agua () | Seco () | Húmedo () | Goteo () | Flujo (x) |
| Descripción | Presencia de volcánicas correspondientes a Sacapalca, pocos cubijos. | | | | |
| Fotografía | | | | | |



| ESPECIFICACIONES DE LA EXPLOTACION: | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|---------------------|-------------------|----------------|----------|-----------------|--------------------|--|--|
| METODO: | fincheros bancos descendientes | | | | | | | | |
| SISTEMA DE EXPLOTACION: | Cielo Abierto | | | | | | | | |
| DIMENSIONES: | MAQUINA DE ARRANQUE: | Excavadora | | | | | | | |
| | MAQUINA DE CARGA: | Excavadora | | | | | | | |
| | MAQUINA DE TRANSPORTE: | Volquete | | | | | | | |
| | OTRAS: | - | | | | | | | |
| COBERTURA Y USO DEL SUELO: (MARQUE CON X) | | | | | | | | | |
| TIPO DE SUELO: | RESIDUAL: | SEDIMENTARIO: | COLUVIAL: | VOLCANICO: | | | | | |
| FACTORES DE EROSION: | LLUVIA: | SOL: | VIENTO: | HELADAS: | | | | | |
| PENDIENTE (°) | HORIZONTAL < 10°: | INCLINADO 10 - 35°: | TUMBADO 36 - 60°: | ABRUPTO > 60°: | | | | | |
| VEGETACION: | ARBOREA: | ARBUSTIVA: | HERBACEA: | | | | | | |
| USOS: (MARQUE X) | SEMBRADOS: | RECREACION | VIVIENDAS: | VIAS: | MINERIA: | AREA PROTEGIDA: | ZONA ARQUEOLOGICA: | | |
| | GANADERIA: | INDUSTRIAL | | | X | | | | |



Arquitectura +
Ingeniería

"DELTA CIA. LTDA."

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986335585

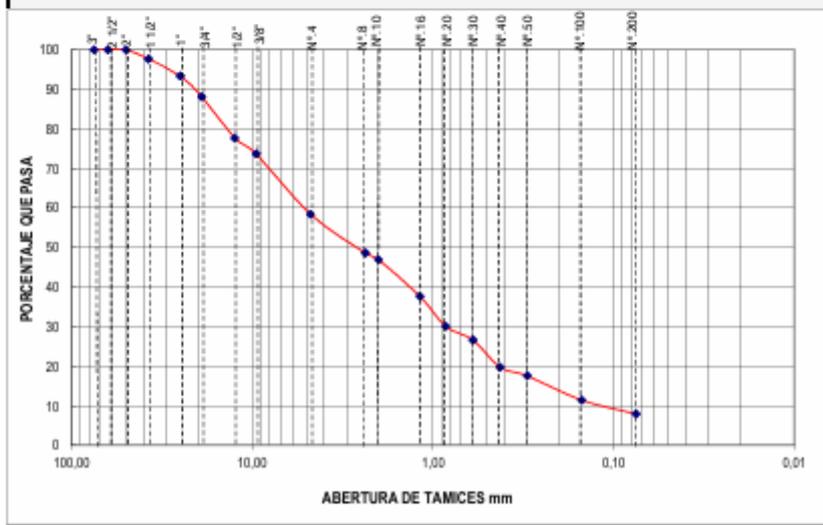
Cel: 0980080384

| | |
|-----------|---|
| PROYECTO | ENSAYOS DE MATERIAL PETREO CONGLOMERADO |
| MUESTRA | MUESTRA 1; CONGLOMERADO; COLOR GRIS |
| SOLICITA | ÁNGEL WLADIMIR ORTIZ TORRES |
| UBICACIÓN | HACIENDA SAMANAMACA, PARROQUIA UTUANA, CANTON CALVAS, PROV. DE LOJA |
| FECHA | 21 de noviembre de 2024 |

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

| MICR. | TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA | FAJA DE DISEÑO |
|-------------------------------|--------------|-------------------------------|------------|------------|----------------|
| 75 | 3" | 0 | 0 | 100 | |
| 63 | 2 1/2" | 0 | 0 | 100 | |
| 50 | 2" | 0 | 0 | 100 | |
| 37.5 | 1 1/2" | 119 | 2 | 98 | |
| 25 | 1" | 343 | 7 | 93 | |
| 19 | 3/4" | 610 | 12 | 88 | |
| 12.5 | 1/2" | 1148 | 22 | 78 | |
| 9.5 | 3/8" | 1351 | 26 | 74 | |
| 4.750 | Nº.4 | 2136 | 42 | 58 | |
| | Pasa Nº.4 | 3001 | 58 | 42 | |
| 2.360 | Nº.8 | 54 | 10 | 49 | |
| 2.000 | Nº.10 | 63 | 11 | 47 | |
| 1.180 | Nº.16 | 114 | 21 | 38 | |
| 0.850 | Nº.20 | 156 | 28 | 30 | |
| 0.600 | Nº.30 | 175 | 32 | 27 | |
| 0.425 | Nº.40 | 213 | 39 | 20 | |
| 0.300 | Nº.50 | 225 | 41 | 18 | |
| 0.150 | Nº.100 | 259 | 47 | 11 | |
| 0.075 | Nº.200 | 278 | 50 | 8,0 | |
| | Pasa Nº.200 | 44 | 8,0 | | |
| | TOTAL | 5139 | | | |
| Peso Total de Lavado: | | | 322,00 | | |
| Peso Total después de Lavado: | | | 278,00 | | |

CURVA GRANULOMÉTRICA





Arquitectura +
Ingeniería

"DELTA CIA. LTDA."

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986335585

Cel: 0980080384

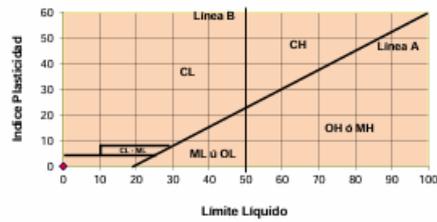
| | |
|------------------|---|
| PROYECTO | ENSAYOS DE MATERIAL PETREO CONGLOMERADO |
| MUESTRA | MUESTRA 1; CONGLOMERADO; COLOR GRIS |
| SOLICITA | ÁNGEL WLADIMIR ORTIZ TORRES |
| UBICACIÓN | HACIENDA SAMANAMACA, PARROQUIA UTUANA, CANTON CALVAS, PROV. DE LOJA |
| FECHA | 21 de noviembre de 2024 |

| CONTENIDO DE HUMEDAD | | | | |
|----------------------|-----------|-----------------|--------------|-----------|
| PESO HUMEDO | PESO SECO | PESO DE CAPSULA | % DE HUMEDAD | RESULTADO |
| 77,49 | 75,99 | 17,63 | 2,57 | 2,57 |

| | |
|-----------|---|
| PROYECTO | ENSAYOS DE MATERIAL PETREO CONGLOMERADO |
| MUESTRA | MUESTRA 1; CONGLOMERADO; COLOR GRIS |
| SOLICITA | ÁNGEL WLADIMIR ORTIZ TORRES |
| UBICACIÓN | HACIENDA SAMANAMACA, PARROQUIA UTUANA, CANTON CALVAS, PROV. DE LOJA |
| FECHA | 21 de noviembre de 2024 |

CLASIFICACIÓN MÉTODO S.U.C.S. Y AASHTO

ÁBACO DE CASAGRANDE

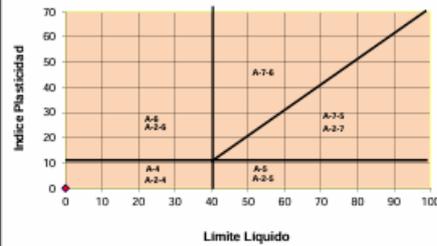


| | |
|----------------------------|-----|
| LÍMITE LÍQUIDO L.L. | 0 % |
| LÍMITE PLÁSTICO L.P. | 0 % |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD I.P. | NP |

CLASIFICACIÓN

| | |
|------------------------------------|---------|
| Pasa tamiz N°4 : | 58 % |
| Pasa tamiz N°200 : | 8 % |
| D60 : | 5,52 mm |
| D30 : | 0,87 mm |
| D15 (diámetro efectivo) : | 0,13 mm |
| Coefficiente de Uniformidad (Cu) : | 41,54 |
| Grado de Curvatura (Cc) : | 1,03 |
| Valor del índice de grupo (IG) | 0 |

CLASIFICACIÓN AASHTO



Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

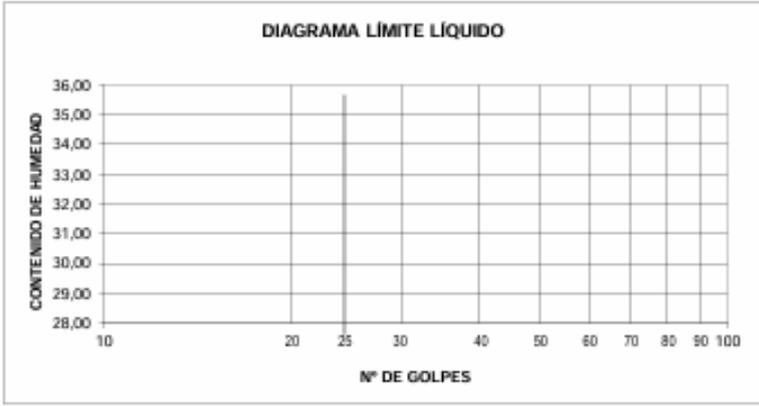
Arena bien graduada con limo con grava SW SM

Sistema de Clasificación de Suelos (AASHTO)

A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena

| | | | |
|------------------|---|--------------|--------------------|
| PROYECTO | ENSAYOS DE MATERIAL PETREO CONGLOMERADO | | |
| MUESTRA | MUESTRA 1; CONGLOMERADO; COLOR GRIS | | |
| SOLICITA | ANGEL WLADIMIR ORTIZ TORRES | | |
| UBICACIÓN | HACIENDA SAMANAMACA, PARROQUIA UTUANA, CANTON CALVAS, PROV. DE LOJA | | |
| FECHA | 21 de noviembre de 2024 | NORMA | A.A.S.H.O. T 90-56 |

| LIMITES DE CONSISTENCIA | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| LÍMITE LÍQUIDO | | | | | |
| NUMERO DE CÁPSULA | | | | | |
| Peso de la Cápsula (gr.) | | | | | |
| Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (gr.) | | | | | |
| Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.) | | | | | |
| Peso del suelo Seco (gr.) | | | | | |
| Peso del Agua (gr.) | | | | | |
| Contenido de Humedad (%) | | | | | |
| NUMERO DE GOLPES | | | | | |

DIAGRAMA LÍMITE LÍQUIDO


| LÍMITE PLÁSTICO | | | | | |
|---|--|--|--|--|---------------|
| NUMERO DE CÁPSULA | | | | | |
| Peso de la Cápsula (gr.) | | | | | |
| Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo (gr.) | | | | | |
| Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.) | | | | | |
| Peso del suelo Seco (gr.) | | | | | |
| Peso del Agua (gr.) | | | | | |
| Contenido de Humedad (%) | | | | | |
| Contenido Medio de Humedad (%) | | | | | L.P. = 0,00 % |

| RESULTADOS | |
|----------------|-----------------------------|
| VALORES ENSAYO | VALORES ENTEROS SEGUN NORMA |
| L.L. = 0,0% | L.L. = 0% |
| L.P. = 0,0 % | L.P. = 0 % |
| N.P. | N.P. |

Anexo 3. Determinación de la densidad y absorción.



"DELTA CIA. LTDA."
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986335585
Cel: 0980080384

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA EN EL ÁRIDO FINO

MUESTRA: ARENA PASANTE DEL TAMIZ N°.4
YACIMIENTO: RIO CALVAS
SECTOR: HACIENDA SAMANAMACA

SOLICITADO: ÁNGEL WLADIMIR ORTIZ TORRES
FECHA: 21/11/2024

| ENSAYO NÚMERO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-------------------------------|-----------------------|-------|------------|--------|
| Masa de la Muestra de ensayo (SSS) | 500,00 | | | | |
| Masa del matraz más agua | 1318,40 | | | | |
| Masa del matraz más agua más muestra | 1623,10 | | | | |
| Masa de la muestra seca al horno | 479,20 | | | | |
| Densidad real (estado SSS): D _{sss} (gr/cc) | 2,560 | | | | |
| Densidad Seca (estado seco): D _s (gr/cc) | 2,454 | | | | |
| Porcentaje de Absorción: Pa (%) | 4,34 | | | | |
| Valor promedio: | D_{sss}: 2,560 | D_s: | 2,454 | Pa: | 4,34 % |

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA EN EL ÁRIDO GRUESO

MUESTRA: ARENA RETENIDO DEL TAMIZ N°.4
YACIMIENTO: RIO CALVAS
SECTOR: HACIENDA SAMANAMACA

SOLICITADO: ÁNGEL WLADIMIR ORTIZ TORRES
FECHA: 21/11/2024

| ENSAYO NÚMERO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|-------------------------------|-----------------------|-------|------------|------|
| Masa de la Muestra en el aire estado SSS: (B) | 1018,9 | | | | |
| Masa de la muestra sumergida en agua: (C) | 621,3 | | | | |
| Masa de la muestra seca al horno: (A) | 1008,5 | | | | |
| Densidad Real(estado SSS) D _{sss} (gr/cc) | 2,563 | | | | |
| Densidad Seca (estado seco): D _s (gr/cc) | 2,536 | | | | |
| Porcentaje de Absorción: Pa (%) | 1,03 | | | | |
| Densidad Aparente: D _a (gr/cc) | 2,605 | | | | |
| Valor promedio: | D_{sss}: 2,563 | D_s: | 2,536 | Pa: | 1,03 |

GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK DEL AGREGADO

MUESTRA: CONGLOMERADO EN PROPORCIÓN 42-58
YACIMIENTO: RIO CALVAS
SECTOR: HACIENDA SAMANAMACA

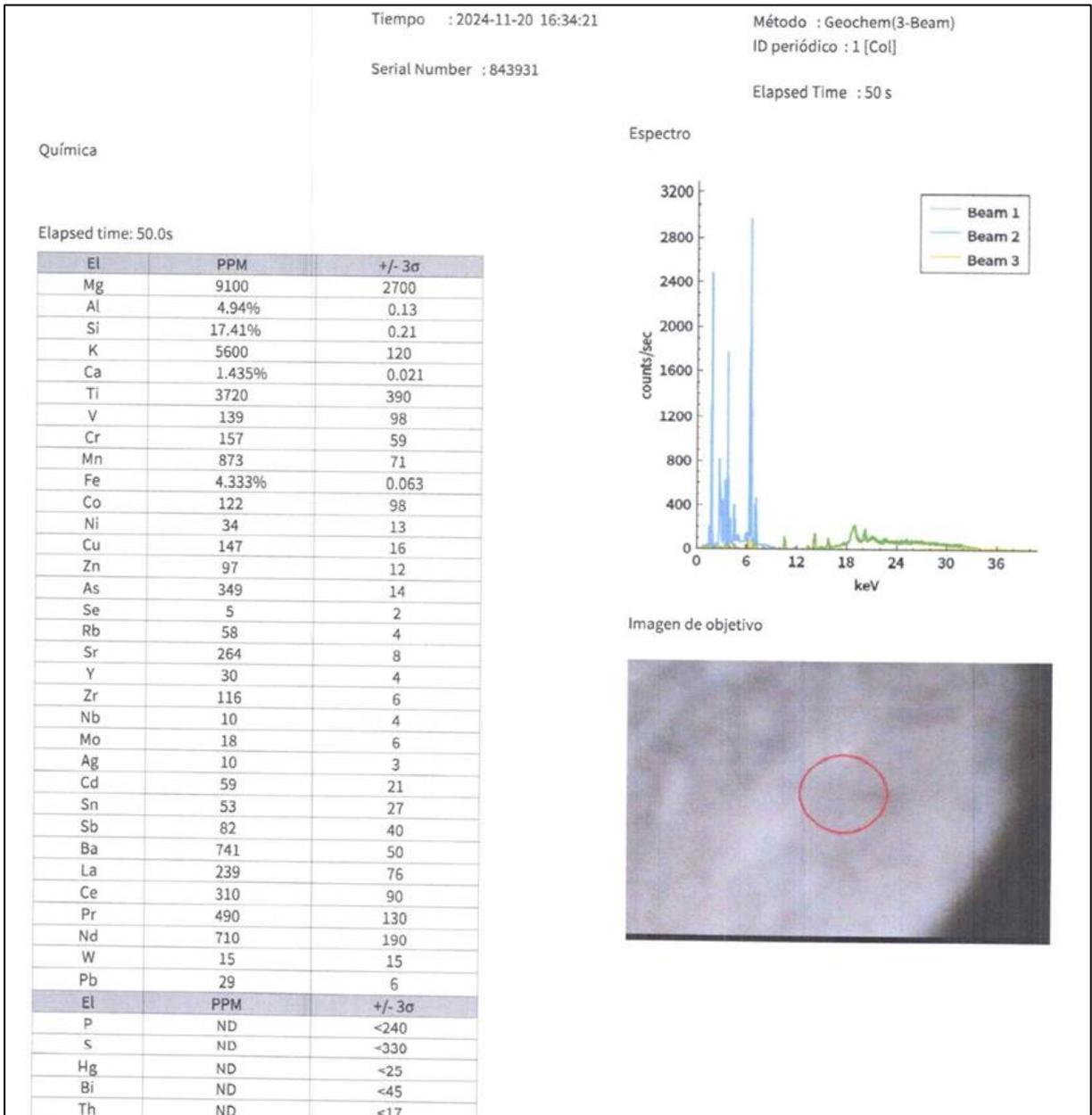
SOLICITADO: ÁNGEL WLADIMIR ORTIZ TORRES
FECHA: 21/11/2024

| | | |
|--|---|-------|
| GRAVEDAD BULK AGREGADO RETENIDO ARENA GRUESA | = | 2,536 |
|--|---|-------|

| | | |
|---|---|-------|
| GRAVEDAD BULK AGREGADO PASANTE ARENA GRUESA | = | 2,454 |
|---|---|-------|

| | | | | |
|--|---------------------------------------|--|---|-------|
| GRAVEDAD BULK AGREGADO FINO ARENA GRUESA | 100 | | = | |
| | $\frac{42}{2,536} + \frac{58}{2,454}$ | | | 2,488 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Densidad relativa (gravedad específica)</div> | | | | |

Anexo 4. Fluorescencia de Rayos X (FRX).



Tiempo : 2024-11-20 16:36:32

Método : Geochem(3-Beam)

ID periódico : 2 [Col]

Serial Number : 843931

Elapsed Time : 50 s

Química

Elapsed time: 50.0s

| El | PPM | +/- 3σ |
|----|--------|--------|
| Mg | 8000 | 2800 |
| Al | 5.07% | 0.13 |
| Si | 18.26% | 0.22 |
| K | 9370 | 170 |
| Ca | 1.483% | 0.023 |
| Ti | 4160 | 430 |
| Cr | 197 | 65 |
| Mn | 806 | 73 |
| Fe | 3.644% | 0.057 |
| Co | 270 | 97 |
| Ni | 20 | 13 |
| Cu | 124 | 15 |
| Zn | 82 | 10 |
| As | 355 | 14 |
| Se | 10 | 3 |
| Rb | 80 | 5 |
| Sr | 324 | 9 |
| Y | 22 | 4 |
| Zr | 84 | 6 |
| Nb | 13 | 4 |
| Ag | 11 | 4 |
| Cd | 63 | 23 |
| Sn | 106 | 29 |
| Sb | 93 | 42 |
| Ba | 1087 | 54 |
| La | 234 | 75 |
| Ce | 352 | 88 |
| Pr | 260 | 120 |
| Nd | 540 | 180 |
| Pb | 6 | 5 |
| Bi | 32 | 31 |
| U | 10 | 6 |
| El | PPM | +/- 3σ |
| P | ND | <220 |
| S | ND | <330 |
| V | ND | <170 |
| Mo | ND | <10 |
| W | ND | <22 |
| Hg | ND | <23 |

Espectro

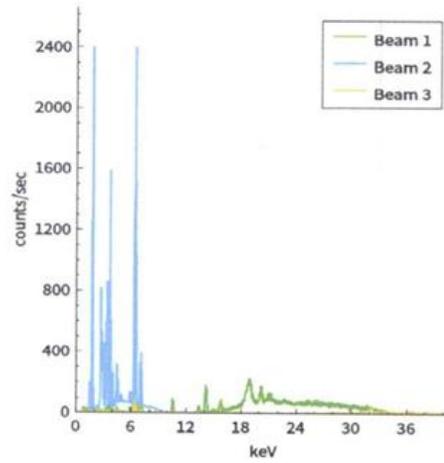
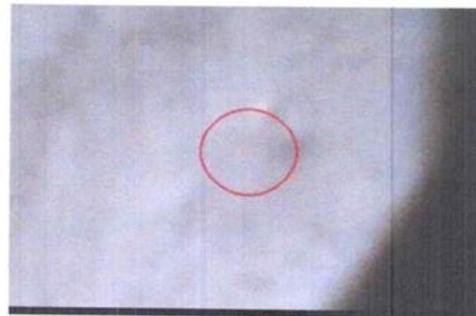


Imagen de objetivo



INFORME DE ENSAYO

Nº. 33116

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Cliente | : <u>Wladimir Ortiz Torres</u> |
| Dirección | : <u>Loja</u> |
| Tipo de Muestra | : <u>Mineral</u> |
| Envase | : Funda Plástica |
| Condición de la Muestra | : En buenas condiciones para analizar |
| Recepción de Muestra Nº | : 22965 |
| Fecha de Recepción de Muestras | : 2024-11-20 09:50:02.0 |
| Fecha Inició Análisis | : 2024-11-20 |
| Fecha Terminó Análisis | : 2024-11-20 |
| Fecha de Emisión del Informe | : 2024-11-20 |

INFORME DE ENSAYO

Nº. 33116

RESULTADOS

| IDENTIFICACION DE LA MUESTRA | Comp. | Cod. | Au |
|-----------------------------------|-------|--------|------|
| | Nº | Alb. | g/t |
| Muestra Nº 1 Entrada Tolva | 1 | 124674 | 0.07 |
| Muestra Nº 2 Salida Clasificadora | 1 | 124675 | 0.03 |
| Muestra Nº 3 Entrada Tolva | 1 | 124676 | 0.08 |
| Muestra Nº 4 Salida Clasificadora | 1 | 124677 | 0.07 |
| Muestra Nº 5 Entrada Tolva | 1 | 124678 | 0.03 |
| Muestra Nº 6 Salida Clasificadora | 1 | 124679 | 0.04 |

Comp. N°: Número de muestras que conforman el compósito // Cod. Alb.: Código Albexxus
 Los resultados solo están relacionados con los ítems de ensayo.
 Las muestras fueron proporcionadas por el cliente.

METODOS:

1. Au, Ag: ALB-MET-01. Determinación de Au y Ag por ensayo al fuego.
2. Cu, Pb, Zn, AS, Fe: ALB-MET02. Determinación de Metales por Digestión con HNO₃ (α) por Absorción Atómica.
3. Au, Ag(Pureza): ALB-MET-04. Determinación de Au y Ag por copelación en barras doré.
4. Humedad: NTP 122.015 1974 (Revisado el 2017). Contenido de Humedad.
5. Au (EF/AAS): ALB-MET-05. Determinación de Au por ensayos al fuego – AAS.
6. Cu (Volumetría): ALB-MET-06. Determinación de cobre por volumetría.

Anexo 6. Datos generales de la concesión minera.

| PERSONAL DIRECTO | NÚMERO | DETALLE | PERMANENCIA | AFILIADO AL IESS |
|----------------------------|--------|----------------|-------------|------------------|
| DIRECTIVO | 1 | TITULAR MINERO | PERMANENTE | SI |
| ADMINISTRATIVO | 0 | | | |
| PROFESIONALES | 1 | ASESOR TÉCNICO | PERMANENTE | SI |
| TECNICOS (MANO CALIFICADA) | 0 | | | |
| OBREROS | 8 | OBREROS | OCASIONAL | SI |
| SEGURIDAD | 0 | | | |
| COCINA | 1 | COCINERA | OCASIONAL | SI |
| MANTENIMIENTO | 0 | | | |
| TOTAL | | | | 11 |

| PERSONAL INDIRECTO | NÚMERO | DETALLE | PERMANENCIA | AFILIADO AL IESS |
|---|--------|---|-------------|------------------|
| PROVEEDORES DE VÍVERES | 0 | | | |
| PROVEEDORES DE INSUMOS INDUSTRIALES | 0 | | | |
| SERVICIOS PROFESIONALES OCASIONALES | 2 | ASESOR TÉCNICO / AUDITOR MINERO / ABOGADO | OCASIONAL | SI |
| SERVICIOS OCASIONALES | 0 | | | |
| SERVICIOS DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA | 0 | | | |
| SERVICIOS DE MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA | 0 | | | |
| SERVICIOS DE ALIMENTACIÓN | 0 | | | |
| SERVICIOS VARIOS | 1 | CUIDADOR | OCASIONAL | NO |

| | | | | |
|--------------|---|--|--|--|
| TOTAL | 3 | | | |
|--------------|---|--|--|--|

| ASPECTOS LEGALES | DESCRIPCIÓN | DETALLE | OBSERVACIONES |
|------------------|------------------------|--|---------------|
| | CONTRATOS DE OPERACIÓN | NO SE HAN EJECUTADO PARA EL PERIODO 2020 | |
| | PROHIBICIONES | NO SE HAN EJECUTADO PARA EL PERIODO 2020 | |
| | SUSPENSIONES | NO SE HAN EJECUTADO PARA EL PERIODO 2020 | |
| | GRAVÁMENES | NO SE HAN EJECUTADO PARA EL PERIODO 2020 | |

| | |
|----------------------------|--|
| OBSERVACIÓN GENERAL | |
|----------------------------|--|

| ACTOS ADMINISTRATIVOS (ART. 26 DE LA LEY DE MINERÍA) | DESCRIPCIÓN | DETALLE | OBSERVACIONES |
|--|-------------------------|--|-----------------------|
| | LICENCIA AMBIENTAL | NO SE HAN EJECUTADO PARA EL PERIODO 2024 | CUENTA CON EL PERMISO |
| | PERMISO DEL SENAGUA | NO SE HAN EJECUTADO PARA EL PERIODO 2024 | CUENTA CON EL PERMISO |
| | DECLARACIÓN JURAMENTADA | NO SE HAN EJECUTADO PARA EL PERIODO 2024 | CUENTA CON EL PERMISO |
| | OTROS | NO SE HAN EJECUTADO PARA EL PERIODO 2024 | |

| | |
|----------------------------|--|
| OBSERVACIÓN GENERAL | |
|----------------------------|--|

Anexo 7. Cronograma de actividades.

| CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| NRO. | DESCRIPCIÓN | PERIODO 2020 | | | | | | | | | | | |
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| 1 | TOPOGRAFÍA | | | | | | | | | | | | |
| 2 | GEOLOGÍA LOCAL | | | | | | | | | | | | |
| 3 | GEOLOGÍA A DETALLE | | | | | | | | | | | | |
| 4 | GEOFÍSICA | | | | | | | | | | | | |
| 5 | GEOQUÍMICA | | | | | | | | | | | | |
| 6 | SONDEOS DE PRUEBA DE RECONOCIMIENTO | | | | | | | | | | | | |
| 7 | OTRAS ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN | | | | | | | | | | | | |
| 8 | INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA, GEOQUÍMICA Y/O MODELAMIENTO DEL YACIMIENTO. | | | | | | | | | | | | |
| 9 | ESTIMACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y/O RESERVAS MINERAS. | | | | | | | | | | | | |
| 10 | LOGUEO | | | | | | | | | | | | |

Anexo 8. Inversiones realizadas por exploración.

| INVERSIONES REALIZADAS POR EXPLORACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----------------------|
| NRO. | DESCRIPCIÓN | PERIODO 2025 | | | | | | | | | | | | VALOR ANUAL POR RUBRO |
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | |
| 1 | TOPOGRAFÍA | 100 | 0 | 100 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 400 |
| 2 | GEOLOGÍA LOCAL | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 500 | 800 |
| 3 | GEOLOGÍA A DETALLE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 0 | 100 | 0 | 0 | 300 | |
| 4 | GEOFÍSICA | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 800 | |
| 5 | GEOQUÍMICA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 500 | 0 | 0 | 1100 | |
| 6 | SONDEOS DE PRUEBA DE RECONOCIMIENTO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 7 | OTRAS ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN | 0 | 0 | 0 | 150 | 0 | 0 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1150 | |
| 8 | INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA, GEOQUÍMICA Y/O MODELAMIENTO DEL YACIMIENTO. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 9 | ESTIMACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y/O RESERVAS MINERAS. | 0 | 0 | 0 | 0 | 500 | 0 | 0 | 0 | 500 | 0 | 0 | 1000 | |
| 10 | LOGUEO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|------|-----|---|------|
| VALOR MENSUAL INVERTIDO | 100 | 100 | 100 | 250 | 500 | 500 | 600 | 0 | 1200 | 200 | 0 | 2000 |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|------|-----|---|------|

| | |
|---------------------------------|------|
| VALOR TOTAL PERIODO 2020 | 5550 |
|---------------------------------|------|

Anexo 9. Ritmo de explotación anual.

| RITMO DE EXPLOTACIÓN ANUAL | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|------|-------|-------|------|------|--------|----------|
| NRO. | DESCRIPCIÓN | PERIODO DE REPORTE 2020 | | | | | | | | | | | | | TOTAL m³ |
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | | |
| 1 | VOLUMEN REMOVIDO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1500 | 250 | 1400 | 1500 | 1500 | 1800 | 10 | 7960 | |
| 2 | VOLUMEN PROCESADO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1050 | 175 | 980 | 1050 | 1050 | 1260 | 7 | 5572 | |
| 3 | PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN POR OTROS MÉTODOS GRAVIMÉTRICOS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 630 | 105 | 588 | 630 | 630 | 756 | 4,2 | 3343,2 | |
| 4 | PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN POR MÉTODOS QUÍMICO-METALÚRGICOS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 157,5 | 26,25 | 147 | 157,5 | 157,5 | 189 | 1,05 | 835,8 | |
| 5 | MATERIAL EN STOCK | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 | 12,5 | 70 | 75 | 75 | 90 | 0,5 | 398 | |
| 6 | RECUPERACIÓN DE COLAS (RELAVADO) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 157,5 | 26,25 | 147 | 157,5 | 157,5 | 189 | 1,05 | 835,8 | |
| 7 | PÉRDIDA DE MINERAL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 420 | 70 | 392 | 420 | 420 | 504 | 2,8 | 2228,8 | |
| 8 | MATERIAL RESTITUIDO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1275 | 212,5 | 1190 | 1275 | 1275 | 1530 | 8,5 | 6766 | |
| 9 | PERDIDA DE MATERIAL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 150 | 25 | 140 | 150 | 150 | 180 | 1 | 796 | |
| 10 | RESTITUCIÓN DE SUELO ORGÁNICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 | 12,5 | 70 | 75 | 75 | 90 | 0,5 | 398 | |

| LEY MINERAL | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|--|-----|-----|-----|-----|--------|-------|--------|--------|--------|-----|-----|-----|
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 350 | 400 | 350 | 500 | 340 | 350 | 0 | 412 |
| REPORTE DE MINERAL OBTENIDO (GRS) | | | | | | | | | | | | |
| ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 252000 | 36750 | 294000 | 214200 | 220500 | 0 | 412 | |

| DESCRIPCIÓN | REPORTE DE MINERAL COMERCIALIZADO (\$) | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|------|---------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| VALOR ONZA TROY PRECIO INTERNACIONAL | 1561 | 1597 | 1592 | 1683 | 1716 | 1732,2 | 1846,5 | 1968,6 | 1921,9 | 1900,3 | 1866 | 1858,42 |
| PENALIZACIÓN ECUADOR 15% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 412 |
| VALOR RECAUDADO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20212 |

| DESCRIPCIÓN | CONSUMO DE COMBUSTIBLE | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|---|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | |
| PRECIO EN DOLARES | 0 | 0 | 0 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 0 | 0 |
| DIESEL (GLS) | 0 | 0 | 0 | 850 | 650 | 800 | 150 | 650 | 800 | 550 | 0 | 0 | |
| VALOR ECONÓMICO | 0 | 0 | 0 | 2763 | 2113 | 2600 | 488 | 2113 | 2600 | 1788 | 0 | 0 | |