



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 en Mineralurgia y Metalurgia

Extractiva

“Optimización en la recuperación de oro, mediante concentración gravimétrica, con el uso de concentradores tipo z, en el Área Minera “San Andrés”, Código: 501417, ubicada en el sector Namirez, parroquia Cumbaratza, cantón Zamora de la provincia de Zamora Chinchipe”.

Trabajo de Investigación previa a la obtención del título de Magister en Minas, mención en Mineralurgia y Metalurgia Extractiva.

AUTOR:

Ing. Maritza Lorena Domínguez Moreno

DIRECTOR:

Ing. Hernán Luis Castillo García. Ph.D

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 30 de agosto del 2023

Ing. Ing. Hernán Luis Castillo García. Ph.D
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“Optimización en la recuperación de oro, mediante concentración gravimétrica, con el uso de concentradores tipo z, en el Área Minera “San Andrés”, Código: 501417, ubicada en el sector Namirez, parroquia Cumbaratza, cantón Zamora de la provincia de Zamora Chinchipe”**, previo a la obtención del título de **Magíster en Minas, Mención Mineralurgia y Metalurgia Extractiva**, de la autoría de la estudiante **Maritza Lorena Domínguez Moreno**, con cédula de identidad **N 1104336142** 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. Hernán Luis Castillo García. Ph.D
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Maritza Lorena Domínguez Moreno**, declaro ser la autora 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 de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de identidad: 1104336142

Fecha: 30 de agosto del 2023

Correo electrónico: maritza.dominguez@unl.edu.ec

Teléfono: 0980969215

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

Yo, **Maritza Lorena Domínguez Moreno**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **“Optimización en la recuperación de oro, mediante concentración gravimétrica, con el uso de concentradores tipo z, en el Área Minera “San Andrés”, Código: 501417, ubicada en el sector Namirez, parroquia Cumbaratza, cantón Zamora de la provincia de Zamora Chinchipe”**, como requisito para optar por el título de **Magíster en Minas, Mención Mineralurgia y Metalurgia Extractiva**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido 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 treinta días del mes de agosto de 2023.

Firma:

Autor: Maritza Lorena Domínguez Moreno

Cédula: 1104336142

Dirección: Calle Bolívar y Juan de Salinas

Correo electrónico: maritza.dominguez@unl.edu.ec

Teléfono: 0980969215

DATOS COMPLEMENTARIOS:

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN: Ing. Hernán Luis Castillo García. Ph.D

Dedicatoria

A Dios.

A mis hijos Luis Alejandro y Sofia.

A mis padres.

A mi familia.

Maritza Lorena Domínguez Moreno

Agradecimiento

Primeramente, doy gracias a Dios.

A la Universidad Nacional de Loja, Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables, Carrera de Minas por haberme aceptado a participar en la Maestría en Minas, mención en Mineralurgia y Metalurgia Extractiva, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo.

Agradezco a mi director del Trabajo de Titulación el Ing. Hernán Castillo Ph.D, por brindarme su apoyo, conocimiento científico y profesionalismo.

A toda mi familia por el apoyo en cada proyecto, a mis bellos hijos, a mis padres, a mi tía Victoria y a todas las personas que de una y otra forma me apoyaron.

Maritza Lorena Domínguez Moreno

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización por parte de la autoran	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas:	ix
Índice de figuras:.....	x
Índice de anexos:	xii
1. Título	1
2. Resumen.....	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción	4
Objetivos de la investigación.....	5
Objetivo General:.....	5
Objetivos específicos:	5
4. Marco Teórico	6
4.1. Formación de yacimientos minerales	6
4.2. Tipos de yacimientos minerales	6
4.2.1. Depósitos estratiformes.....	6
4.2.2. Vetas	6
4.2.3. Cuerpos lenticulares.....	7
4.2.4. Depósitos tabulares.....	7
4.2.5. Depósitos de placer	7
4.3. Placeres aluviales	7
4.4. Propiedades físicas y químicas del mineral oro	8
4.4.1. Propiedades físicas	8
4.4.2. Propiedades químicas.....	9
4.5. Sistemas de explotación aplicables a placeres aluviales	9
4.6. Beneficio de placeres aluviales.....	10
4.7. Equipos.....	11
4.7.1. Concentración de mesas vibratorias	11
4.7.2. El Jigs - separación en corrientes verticales	11
4.7.3. Concentradores de espirales.....	12
4.7.4. Concentradores centrífugos.....	12
4.7.5. Concentrador gravimétrico	13
4.7.6. Centrifugador Knelson	14
4.7.7. Equipos de zarandeos.....	15
4.8. Métodos de separación gravimétrica	17

5. Metodología	18
5.1. Materiales	18
5.2. Área de estudio.....	18
5.2.1. Ubicación y acceso	18
5.2.2. Geología regional.....	21
5.3. Metodología para el primer objetivo: Caracterizar el material mineralizado para el proceso de separación gravimétrico.	22
5.4. Metodología para el segundo objetivo: Determinar las variables que intervienen en el proceso de recuperación del Oro.	26
5.5. Metodología para el tercer objetivo: Proponer alternativas para el proceso de recuperación mediante concentración gravimétrica tipo z	29
6. Resultados	31
6.1. Descripción del área de estudio	31
6.1.1. Topografía.....	32
6.1.2. Método y sistema de explotación en el área	32
6.1.3. Descripción de las operaciones mineras	33
6.2. Caracterización del material mineralizado	36
6.2.1. Caracterización geológica	36
6.2.2. Caracterización física-química de la grava aurífera.....	37
6.2.3. Peso específico de la grava:.....	39
6.3. Variables que intervienen en el proceso de recuperación gravimétrica	43
6.3.1. Características del oro aluvial: Forma y tamaño	43
6.3.2. Caudal (Q):	45
6.3.3. Coeficiente de esponjamiento de la grava	46
6.3.4. Criterio de concentración (Cc).....	46
6.4. Propuesta al proceso de recuperación.....	47
6.4.1. Criba vibratoria.....	47
6.4.2. Ángulo de inclinación.....	48
6.4.3. Materiales de retención.....	49
6.4.4. Tiempo de retención.....	52
6.5. Concentradores gravimétricos	53
7. Discusión	55
8. Conclusiones	57
9. Recomendaciones	58
10. Bibliografía	59
11. Anexos	61

Índice de tablas:

Tabla 1. Materiales empleados	18
Tabla 2. Descripción del área de estudio	31
Tabla 3. Resultados de granulometría de la Muestra C1M1501417	41
Tabla 4. Resultados de granulometría de la Muestra C2M2501417	42
Tabla 5. Plantas procesadoras In Situ para la recuperación de oro secundario	44
Tabla 6. Densidad y coeficiente de esponjamiento.....	49
Tabla 7. Comparación de porcentajes de recuperación y ángulo de inclinación.....	49

Índice de figuras:

Figura 1. Proceso de formación de placeres aluviales de Oro	8
Figura 3. Concentrador gravimétrico	14
Figura 4. Zaranda vibratoria horizontal	16
Figura 5. Zaranda vibratoria inclinada	17
Figura 6. Ubicación.....	18
Figura 7. Concesión minera “San Andrés”	19
Figura 8. Acceso desde la ciudad de Loja	19
Figura 9. Acceso desde la ciudad de Quito	20
Figura 10. Geología regional.....	22
Figura 11. Muestreo.....	23
Figura 12. Muestreo de horizontes.	24
Figura 13. a) Cuarteo; b) lavado; c) Tamizado; d) muestra tamizada	25
Figura 14. Secuencia para el primer objetivo	26
Figura 15. Proceso para identificación de oro.....	27
Figura 16. Topografía.....	32
Figura 17. Área minera	33
Figura 18. Preparación.....	33
Figura 19. Arranque y transporte	34
Figura 20. Escombreras de capa vegetal.....	35
Figura 21. Escombreras de material estéril.....	35
Figura 22. Piscinas de sedimentación.....	36
Figura 23. Geología local.....	37
Figura 24. Tamaños de la grava	38
Figura 25. Columna estratigráfica	38
Figura 26. Cálculo de la densidad	40
Figura 27. Curva granulométrica de la Muestra C1M1501417	42
Figura 28. Curva granulométrica de la Muestra C2M2501417	43
Figura 29. a) Porcentaje de oro en fracciones en el material alimentado a la zeta; b) Porcentaje de oro en fracciones en el material descargado del concentrador tipo zeta..	44
Figura 30. Forma y tamaño del oro.....	45
Figura 31. Criba vibratoria.....	47
Figura 32. a) Clasificador tipo Z; b) medidas de la clasificadora	48
Figura 33. Medidas de los canalones	48
Figura 34. Recuperación de Au con respecto al ángulo de inclinación.....	49

Figura 35. Rejilla metálica expandida	50
Figura 36. Yute	51
Figura 37. Alfombra sintética	51
Figura 38. Bancos de explotación.....	52
Figura 39. a) Concentrador Knelson; b) esquema de fluidización del concentrador.....	53

Índice de anexos:

Anexo 1. Ficha de campo caracterización actividades actuales	61
Anexo 2. Ficha de campo caracterización geológica.....	62
Anexo 3. Especificaciones técnicas concentrador Knelson.....	63
Anexo 4. Certificación de traducción del resumen.....	64

1. Título

“Optimización en la recuperación de oro, mediante concentración gravimétrica, con el uso de concentradores tipo z, en el Área Minera “San Andrés”, Código: 501417, ubicada en el sector Namirez, parroquia Cumbaratza, cantón Zamora de la provincia de Zamora Chinchipe”.

2. Resumen

El presente trabajo denominado “Optimización en la recuperación de oro, mediante concentración gravimétrica, con el uso de concentradores tipo z, en el área minera “San Andrés”, Código: 501417, ubicada en el sector Namirez, parroquia Cumbaratza, cantón Zamora de la provincia de Zamora Chinchipe”, tiene por objetivo mejorar el proceso de recuperación gravimétrica en minería aluvial, debido a que existe una recuperación del 28.57 %, siendo considerado como muy bajo y no lo suficientemente rentable para el proyecto.

Las actividades se iniciaron con la caracterización del material mineralizado, por lo se realizó muestreo y posterior se determinaron sus propiedades como densidad y granulometría, posterior se realizaron análisis en laboratorio a fin de conocer las leyes que posee la grava. Luego, se determinaron las características del oro aluvial a través de la observación directa y el método del platoneo. Se continuó la determinación del caudal, ángulo de inclinación del concentrador tipo Z, y el tipo de alfombras. Finalmente se elaboró la propuesta al método de recuperación.

El área minera San Andrés, tiene una superficie de 28 hectáreas con dos frentes de explotación, el arranque se lo realiza con una excavadora y este material extraído es llevado hacia la concentradora tipo Z para su beneficio. En esta parte, se coloca el material en la tolva en donde se separa arcilla y grava por medio de agua a presión; el material cae por gravedad a las rejillas que clasifica los tamaños, la arena pasante pasa por los canalones en donde, el oro libre se deposita en las trampillas compuestas por una malla y cobijas.

En la caracterización de la grava aurífera se determinó que existen rocas redondeadas y subangulosas que van desde los 2 cm hasta los 1.8 m de tamaño. Al analizar este material se determinó que existe una ley de cabeza 0.14 gr/ton y una ley de residuo de 0.10 gr/ton, existiendo una baja recuperación en la que se requiere procesar 16 m³ para llegar a 1 gr de Au. Por otra parte, el resultado de granulometría permitió clasificar los tamaños del material estableciendo que existe cantidades similares de arena y grava.

Asimismo, se identificó que existe un 36% de oro fino y un 64% de oro grueso, llegando a la conclusión que el problema en la baja recuperación de oro radica en el uso de cobijas que actualmente utiliza la compañía, es por ello que se propone cambiar este tipo de alfombra a un tipo de alfombra sintética o en su caso yute a fin de que se puede atrapar mayor porcentaje. De igual manera se propone el uso de un concentrador Knelson para la recuperación de finos, el cual permite recuperar hasta un 82.92 % equivalente a 0.04 gr/ton.

Palabra Clave: Yacimientos minerales, placeres aluviales, recuperación de oro, concentración gravimétrica.

2.1. Abstract

The present research called “ Optimization in the recovery of gold, through gravimetric concentration, with the use of type z concentrators, in the mining area “San Andrés”, Code : 501417, located in the Namirez sector, Cumbaratza parish, Zamora canton belonged to the Zamora Chinchipe province ”, aims to improve the gravimetric recovery process in alluvial mining, due to the fact that there is a recovery of 28.57% , being considered as very low and not profitable enough for the Project.

The activities began with the characterization of the mineralized material, for which sampling was carried out and later its properties such as density and granulometry were determined, later laboratory analyzes were carried out in order to know the grades that the gravel possesses. Then, the characteristics of alluvial gold were determined through direct observation and the plating method. The determination of the flow rate, angle of inclination the type Z concentrator, and the type of carpets continued. Finally, the proposal for the recovery method was elaborated.

In the same way, it was identified that there is 36% of fine gold and 64% of coarse gold, reaching the conclusion that the problema in the low recovery of gold lies in the use of blankets that the company currently uses, which is why it is proposed to change this type of carpet to a type of synthetic carpet or where appropriate, jute so that a higher percentage can be trapped. In the same way, the use of a Knelson concentrator for the recovery of fines is proposed, which allows recovering up to 90 % whose equivalent is 0.126 gr/ ton.

Key Word: Mineral deposits, alluvial placers, gold recovery, gravimetric concentration.

3. Introducción

El presente trabajo de investigación titulado: “Optimización en la recuperación de oro, mediante concentración gravimétrica, con el uso de concentradores tipo z, en el Área Minera “San Andrés”, Código: 501417, ubicada en el sector Namirez, parroquia Cumbaratza, cantón Zamora de la provincia de Zamora Chinchipe”; surge como el resultado de la evidente falta de tecnificación e implementación de un proceso formal que permita cuantificar como se relacionan los niveles de extracción del material minero obtenido (oro), respecto de las técnicas y las variantes o variables implementadas durante dichos procesos.

Esto, dados los altos índices de minería artesanal que se desarrollan en nuestro país, permitirá elaborar un modelo que sirva de orientación en áreas donde se llegue a manejar similitud de instrumentos, maquinaria, tipo de suelo, densidad del mineral, acceso al agua, entre otras, principalmente orientado hacia aquellos sectores donde se da prioridad a la extracción de oro mediante concentración gravimétrica a través del uso de concentradores tipo z de forma artesanal.

Tal situación así mismo se verá reflejada, además, en un incremento en los niveles de explotación y extracción de minerales, con un menor desperdicio de recursos, tiempo, y trabajo dedicado a estos procesos; lo que indirectamente implica de igual forma, un menor impacto ambiental, y de intervención en las áreas de explotación. Para el desarrollo de dichos procesos de tecnificación es necesario conocer tanto de la formación de los yacimientos, tipos, y todas las cuestiones relativas a éstos, como de los métodos de explotación en los placeres aluviales, de los cuales nos referimos brevemente dentro del Marco Teórico.

Los placeres aluviales o fluviales, como su nombre lo indica, son aquellos que se han formado en virtud del trabajo de los ríos y por mecanismos muy característicos de los medios fluviales, aunque la mayoría de estos depósitos no sobrepasan contenidos de 0,5 gr de oro por m³, la gran variedad de volúmenes en que se presentan, los costos de explotación relativamente bajos y la facilidad de ésta a cualquier escala, colocan a los placeres aluviales de oro en un puesto preponderante dentro de los yacimientos minerales de rendimiento económico. (Aristizabal, V., 1988)

Este tipo de placeres son los más explotados dentro de este tipo de minería artesanal, por ello, en mayor medida nos ocuparemos en resaltarlos en el estudio del presente trabajo, considerando algunos elementos como cualidades físicas y químicas, los sistemas de

explotación más aplicables, y sus beneficios, con el fin de cumplir con lo planteado en los objetivos y lograr caracterizar el tipo de grava aurífera en el sector, de modo que nos permita establecer el mejor proceso de separación gravimétrica, las variables que intervienen en el proceso de recuperación del Oro, y poder proponer una alternativa mejorada para el proceso de recuperación mediante la concentración gravimétrica con empleo de un equipo tipo z.

A través del trabajo de campo se podrá visualizar de manera comprobada, como el manejo consciente de los ángulos de los planos inclinados por los cuales discurre el material a ser procesado, el caudal, la presión del agua para el respectivo lavado, las cribas, las canaletas y demás variables modificadas en el proceso de explotación, derivan en una mayor o menor cantidad del oro recolectado, permitiendo el uso de estos datos en una mejor y más eficiente extracción del mineral sobre la base de estudios prácticos.

➤ **Objetivos de la investigación**

Objetivo General:

Mejoramiento en el proceso de recuperación de Oro, mediante el uso de concentradores gravimétricos tipo z, en minería aluvial en el Área Minera San Andrés, código: 501417, ubicada en el sector Namirez, parroquia Cumbaratza, cantón Zamora de la provincia de Zamora Chinchipe.

Objetivos específicos:

- Caracterizar el material mineralizado para el proceso de separación gravimétrico.
- Determinar las variables que intervienen en el proceso de recuperación del Oro.
- Proponer alternativas para el proceso de recuperación mediante concentración gravimétrica tipo z.

4. Marco Teórico

4.1. Formación de yacimientos minerales

Para formarse, los yacimientos minerales necesitan una serie de ingredientes, la gran mayoría de los metales se encuentran en minerales que se formaron en procesos geológicos durante un periodo de tiempo muy largo; la gran parte de los yacimientos minerales se formaron a partir de fluidos calientes que circulaban por la corteza terrestre y transportaban los metales, una vez que estos fluidos se concentran a lo largo de ciertas vías, pueden alcanzar condiciones en las que ya no son estables y los metales pueden precipitar. (Bauer T., 2021).

Las condiciones que rodean la formación de estos yacimientos en la actualidad son muy difíciles de reproducir, ya que no solo se requiere de largos periodos de tiempo sino de determinadas circunstancias que a su vez dependen de procesos geológicos únicos, sin embargo, estos no son los únicos procesos a través de los cuales se pueden llegar a producir estos yacimientos, llegando incluso a formarse en menores periodos de tiempo por movimientos tectónicos como terremotos.

4.2. Tipos de yacimientos minerales

Previo a realizar una clasificación del tipo de yacimientos minerales, se debe señalar que, debido a la variedad de la forma, tamaño, contenido mineral, valor o hasta origen, dicha clasificación puede variar según lo interés de quienes se encuentran clasificando este tipo de información. Desde este punto de vista y de manera generalizada, se pueden encontrar los siguientes tipos de yacimientos:

4.2.1. Depósitos estratiformes

Depósitos alojados paralelamente a los planos de estratificación de la roca huésped, la cual invariablemente está formada por rocas sedimentarias (carbón, evaporitas –potasa- fosforitas). Servicio Geológico Mexicano (2017).

4.2.2. Vetas

Zonas de mineralización de gran longitud con un ángulo de buzamiento pronunciado, pueden ser *angostas* de poca potencia (menos de 3m) y anchas o de gran potencia (mayor de 3m). Servicio Geológico Mexicano (2017).

4.2.3. Cuerpos lenticulares

Cuerpo mineral en forma de lente que se presenta aisladamente en zonas mineralizadas alojado dentro de depósitos masivos, mantos o vetas (sulfuros simples). Servicio Geológico Mexicano (2017).

4.2.4. Depósitos tabulares

Cuerpos masivos de forma cilíndrica y de dimensiones variables, con un desarrollo vertical significativamente mayor que su extensión horizontal. Servicio Geológico Mexicano (2017).

4.2.5. Depósitos de placer

Depósitos sedimentarios superficiales o cercanos a la superficie, generalmente de forma tabular y de extensión considerable (oro, platino, estaño, detritos). (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

El término placer hace referencia a un tipo de yacimiento mineral caracterizado por la concentración natural de minerales pesados procedentes de la denudación de yacimientos primarios o residuos antrópicos debido a la actividad de agentes de transporte exógeno como el agua, el viento o el hielo. (De Barrio R., Rogelio A. & Santamaría L., 2016).

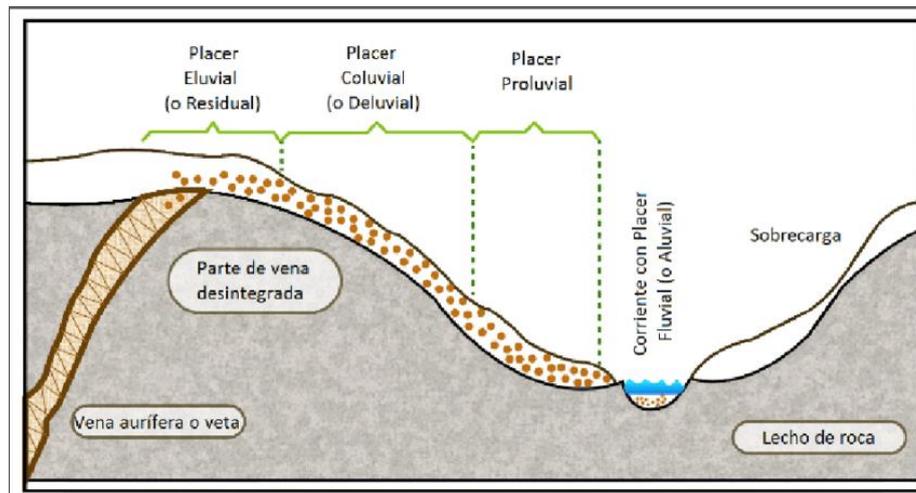
4.3. Placeres aluviales

Los placeres aluviales son aquellos que se han formado en virtud del trabajo de los ríos y por mecanismos de los medios fluviales, aunque la mayoría de estos depósitos no sobrepasan contenidos de 0,5 gr de oro por m³, la gran variedad de volúmenes en que se presentan, los costos de explotación relativamente bajos y la facilidad de ésta a cualquier escala, colocan a los placeres aluviales de oro en un puesto preponderante dentro de los yacimientos minerales de rendimiento económico. (Aristizabal Gil V. M., 1988).

La formación de los placeres aluviales es el resultado de la fracturación, meteorización y transporte de los minerales que han sido arrancados de los yacimientos primarios, que son concentrados a lo largo de ríos bajo características específicas para la formación de bancos muy variados; es por ello que, se establecieron criterios técnicos para la elección del sistema de explotación que se aplicará en la zona de estudio, considerando que el depósito es isométrico, consta de ángulos de buzamiento que van desde los cero hasta los 15 grados, por lo que es definido como horizontal, no es uniforme debido a que su formación presenta estratos de grava aurífera con baja ley, y otros que contienen valores con mayor ley, pero que no representa valores generales que den vialidad al proyecto, por ende, se procede a extraer el estrato con

mayor contenido aurífero, en donde, el volumen total a extraer para su procesamiento ubica a la explotación como pequeña minería (Zhunio, J., 2017). (Ver Figura 1).

Figura 1. Proceso de formación de placeres aluviales de Oro



Fuente: (Marsden y House, 2006)

4.4. Propiedades físicas y químicas del mineral oro

4.4.1. Propiedades físicas

La estructura cristalina del oro es cúbica de cara centrada con un parámetro de red de 28,8 nm y número de coordinación 12, funde a 1063° C y ebulle a 2600° C, formando un vapor rojizo; se ha observado que cuando el oro se calienta fuertemente salen humos que pueden dorar un pedazo de plata que se expone a ellos. La volatilidad casi no se observa a 1000° C, pero a 1250° C es cuatro veces mayor; el cobre y el zinc la aumentan más que el plomo, pero la mayor volatilidad la induce el telurio, se ha evidenciado que el oro se volatiliza cuando se destila su amalgama y también se disipa si se pasa una corriente eléctrica fuerte por una lámina o un alambre de oro puro. (Revista Colombiana de Materiales N.4. abril de 2013, pág. 8)

El elevado peso específico del oro (19,32 g/cc) hace que este metal, aunque esté en tamaños muy pequeños, pueda ser separado de su ganga, generalmente cuarzosa de peso específico mucho más bajo (2,65 g/cc), por medio de la concentración gravimétrica desde pulpas acuosas” (Hinojosa, O., 2016).

El estado usual en que frecuentemente se encuentra es sólido; y, aunque es un metal denso, también es blando, dúctil y muy maleable; sus puntos de fusión y ebullición son muy altos, además de ser un buen conductor de calor y electricidad. Debido a sus cualidades físicas, posee una gran cantidad de usos industriales, principalmente en la industria odontológica, y en la fabricación de productos electrónicos que necesitan contactos de alta calidad y que no se

corroan con facilidad. Sin embargo, gran parte del oro que ha sido extraído se utiliza en su mayoría en la fabricación de adornos personales como joyas y como un respaldo monetario.

4.4.2. Propiedades químicas

El oro es conocido como un metal noble porque no se oxida en condiciones normales, su símbolo químico es Au, que viene de la palabra latina aurum, de ahí los términos derivados como áureo, aúrico, auroso, aurífero, etc. El oro fue uno de los primeros metales que el hombre conoció, debido a que en la naturaleza se encuentra en estado nativo, es decir, libre, sin combinarse con otros elementos y porque es hermoso e imperecedero y de él se pueden hacer exquisitos objetos.

El oro es un elemento y, junto con la plata y el cobre, es un miembro del grupo IB de la tabla periódica, los denominados metales de acuñación; su número atómico es 79, su peso atómico es 197.2 y la configuración electrónica es [Xe]6s¹ 4f¹⁴5d¹⁰. El oro tiene una posición especial en la tabla periódica, solo tiene un isótopo estable (con masa 197) con spin nuclear de $s = 3/2$; debido a sus propiedades físicas este núcleo no es accesible a las técnicas convencionales de espectroscopia NMR, sin embargo, dada la disponibilidad de isótopos radioactivos de platino, el oro ¹⁹⁷Au es lo que se conoce como un núcleo de efecto Mössbauer, en donde, la espectroscopia γ de retroceso libre se ha usado ampliamente para elucidar los estados de oxidación, los números de coordinación y las geometrías del oro en sus compuestos. (Revista Colombiana de Materiales N.4. abril de 2013, pág. 8).

4.5. Sistemas de explotación aplicables a placeres aluviales

En la explotación industrializada de los placeres auríferos, en aquellos sitios donde no es accesible el uso de la presión natural del agua, se requerirá el uso de dragas, palas mecánicas, u cualquier otro tipo de maquinaria motorizada abastecida por combustible. En cambio, en aquellos lugares en donde puede aprovecharse los desniveles de corrientes de agua y la presión que gracias a ello se puede conseguir, permitirá la utilización de pistones de alta presión, elevadores hidráulicos y todo sistema donde se pueda aprovechar la fuerza del agua para desintegrar y lavar los terrenos por explotar.

Antes de proyectar una instalación mecanizada de un lavadero y determinar el sistema más adecuado de explotación, hay que efectuar un detenido reconocimiento del terreno y de muestreo definitivo del yacimiento, cuyos resultados, tanto de cubicación como de contenido de oro, indicaran al ingeniero la mayor o menor conveniencia de establecer faenas

industrializadas y el método que mejor se adapte a las características del terreno. (Cruz, L., 1939).

En lo que respecta a nuestro país, los sistemas más conocidos de explotación de placeres aluviales son el uso de dragas de oro, minería hidráulica, minería con excavadoras y minería subterránea (de pozo).

4.6. Beneficio de placeres aluviales

Los equipos de uso común incluyen pantallas planas, cilíndricas y depuradoras cilíndricas; el beneficio por gravedad se utiliza principalmente para la separación de oro de placer, esto se debe a que, por un lado, el oro de placer tiene un peso específico alto (promedio 17,50 ~ 18,0) y un tamaño de grano más grueso (normalmente 0,074 ~ 2 mm), por otro lado, el método de beneficio por gravedad es más económico y sencillo. El equipo de selección pesado generalmente usa varios tipos de tolvas, plantillas y agitadores. (DECENT, 2021).

Para obtener un mayor beneficio de los placeres aluviales, se debe realizar una preclasificación del material con el cual se va a trabajar, mediante un proceso de triturado y tamizado; esto en primer lugar permite dissociar el mineral del resto de lodo con el que se encuentra confundido, para posteriormente cernir (tamizar) el material que no posee oro. Los métodos de beneficio del oro se relacionan conforme las propiedades de este mineral, aquellos que generalmente se utilizan son la separación por gravedad, la flotación, la amalgamación, la cianuración y los últimos años del método de suspensión de resina, el método de adsorción de suspensión de carbón y el de lixiviación en pilas.

Actualmente para su beneficio se usa maquinaria pesada como son las excavadoras, pero con resultados muy pobres sobre todo en recuperación (menor a 50%), por lo que una parte del oro que ya ha sido trabajado, por deficiencias y desconocimiento de otros métodos se pierde en los residuos. (Revista del Instituto de Investigación de la facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas, Profesor Asociado Dpto. Acad. De Ing. Metalúrgica).

Es por ello que, el uso de maquinaria pesada no garantiza la obtención de los mayores beneficios de los placeres aluviales, lo cual, depende de varios elementos a considerar, los mismos que a su vez dependen en gran medida, del tipo de material con que se encuentra trabajando, de la ubicación del área que se explota o de la misma cantidad, tamaño y concentración del mineral que se desea extraer.

4.7. Equipos

Así como es importante contar con una excelente área de explotación, es igualmente necesario contar con instalaciones que permitan realizar un trabajo eficiente y apropiado, conforme los requerimientos del material con que se va a trabajar y de los minerales que se pretende extraer; motivo por el cual, es imprescindible conocer algunos de los principales equipos utilizados en los procesos de extracción mineral.

4.7.1. Concentración de mesas vibratorias

Son aparatos de concentración gravimétrica con flujo laminar sobre una superficie inclinada; se habla principalmente de los tipos con movimiento longitudinal vibratorio, donde las partículas de mineral se diferencian formando bandas en abanico (cejas), según su peso específico (y la granulometría), otros tipos de mesas son raramente usadas en la pequeña minería y por esto no se describen a mayor detalle. (Apaza Y., 2018).

Este tipo de mesas es muy utilizado en la minería de estaño, wolframio y oro, su función principal es la de concentrar minerales finos y ultrafinos, lo que le permite llegar a filtrar incluso un máximo de hasta 1,5 t/h por unidad. Permite una amplia maniobrabilidad en sus parámetros operativos, permitiéndoles adaptarse al tipo de material y alimentación, manipulando la inclinación longitudinal y transversal, la cantidad de agua, la presión con que ingresa la misma, entre otras; se puede visualizar además cuanto influyen en los procesos de extracción este tipo de cambios y llevar un registro de los mismos; de igual manera permite la toma de un muestreo in situ, que sirve de base de información respecto a las operaciones y los resultados obtenidos, lo cual posibilita optimizar los procesos de explotación.

Debido a la distribución del material en forma de un abanico sobre la tabla de la mesa, uno puede obtener bandas específicas de mineral de una manera selectiva, de esta forma, uno puede separar, al momento de realizar la regulación correspondiente, un concentrado de oro libre de alta riqueza, así como un concentrado de sulfuros. Esto implica, por otro lado, que es muy fácil robar el concentrado de alta ley cuando se utilizan las mesas para la fase de limpieza de los

4.7.2. El Jigs - separación en corrientes verticales

El jig es un equipo de concentración gravimétrica donde minerales de diferentes tamaños y densidades se estratifican en un medio fluido mediante las diferentes velocidades de sedimentación que alcanzan las partículas con base al movimiento de un lecho de las mismas, las cuales son fluidizadas intermitentemente por la pulsación del fluido en un plano vertical; la estratificación causa que dichas partículas se configuren en capas con densidad variable desde

el fondo hasta la parte superior de la columna del jig. Este arreglo de partículas se desarrolla por medio de la variación continua de las diferentes fuerzas hidrodinámicas que actúan sobre ellas. (Ospina, M., 2014)

Al interior del jig las partículas sólidas se encuentran suspendidas en una corriente de flujo de agua que oscila de forma ascendente y descendente generando movimientos diferenciales a las partículas, lo cual produce una estratificación que varía de acuerdo a tamaños, formas y densidad de las partículas, gobernada por cuatro principios: aceleración diferencial al inicio de la caída, sedimentación obstaculizada, alcanzar el mínimo nivel de energía potencial y escurrimiento intersticial. (Burt, R., 1984).

4.7.3. Concentradores de espirales

El lodo se bombea hacia la parte superior de la espiral, que habitualmente está entre 13' y 15' del suelo, desde allí, ingresa a un distribuidor de alimentación que distribuye equitativamente la alimentación a cada concentrador en espiral; la gravedad, junto con el diseño y la forma específicos de la espiral, son la clave para que funcione.

Los materiales se separan a través de la estratificación gracias a la fuerza centrífuga, el asentamiento diferencial y la migración de partículas pesadas a través del lecho y dentro de la parte interior del conducto, a medida que el lodo desciende por la espiral, las partículas minerales se asientan, las cuales se clasifican principalmente de acuerdo a su tamaño y su densidad, pero también parcialmente por su forma, las partículas de baja densidad son transportadas con el agua a granel fuera de la espiral, mientras que las partículas de mayor densidad se desplazan hacia el interior de la espiral. (Dufresne, A., 2023).

4.7.4. Concentradores centrífugos

Constituyen la principal innovación realizada a los implementos de concentración gravimétrica de oro; han ganado gran aceptación para la recuperación gravimétrica de oro en minas grandes; frecuentemente en los circuitos de molienda para separar oro libre y evitar sobremolienda y antes de plantas de cianuración o flotación para recuperar el oro grueso, también existen muchas aplicaciones en plantas industriales en la minería aurífera aluvial.

Otra aplicación especial para los concentradores centrífugos es la recuperación del oro como un producto secundario, por ejemplo, en canteras de grava, todos los concentradores centrífugos operan con el mismo principio: un recipiente que rota efectúa la separación gravitacional de la carga en un campo centrífugo. (Apaza, Y., 2018)

Las ventajas que se pueden señalar, es que ofrecen una mayor seguridad contra robos, además que pueden ahorrar significativamente la fuerza laboral, sin embargo, a menudo necesita del acompañamiento de otro tipo de equipos que complementan su trabajo; las desventajas que se pueden evidenciar, es que este tipo de equipos no pueden trabajar de manera continua y deben interrumpirse periódicamente para descargar el concentrado retenido en el lecho del cono concentrador, esta operación implica una paralización de actividades que hace necesario además, la utilización de otra máquina de apoyo.

4.7.5. *Concentrador gravimétrico*

Es un equipo que sirve para concentrar minerales pesados por su diferencia de peso específico; mediante la rotación a gran velocidad, se crea una fuerza centrífuga que incrementa el peso relativo de los diferentes minerales, además se emplea presión de agua para producir una competencia de fuerzas, el diseño de los equipos permite que solo los materiales más pesados sean retenidos en la canastilla de concentración, como el oro. (Futura Technologies S.A.C.).

Puede definirse como la separación de dos o más especies de diferente peso específico (diferente densidad), causada por el movimiento relativo bien sea en un medio acuoso o en aire debido a la respuesta de los sólidos a las fuerzas: gravitacionales, de arrastre y empuje. (Anon,1999).

Muchas compañías han reevaluado los sistemas gravimétricos debido al incremento en los costos de los reactivos de flotación, la simplicidad de los procesos gravimétricos y la poca contaminación ambiental que producen; por ello, las técnicas gravimétricas modernas son eficientes para la concentración de minerales que tienen tamaños de partícula de 50 μm . Una alta proporción del mineral en un cuerpo de mena puede ser preconcentrado por sistemas gravimétricos económicos y ecológicamente aceptables, así mismo, la cantidad de reactivos y combustibles que se usan, pueden reducirse cuando los métodos más costosos se restringen al procesamiento de concentrados que se obtienen en forma gravimétrica.

Parámetros técnicos del concentrador gravimétrico: Son aquellos aspectos que se relacionan con las condiciones de operación, del material y del equipo necesario para los procesos de extracción, que, mediante su configuración o establecimiento sobre la base de una planificación previa, permiten establecer condiciones fácilmente reproducibles en otros lugares siempre y cuando se respeten los mismos parámetros técnicos.

En la recuperación aluvial de oro a bajo costo y para procesar un alto volumen de mineral se utiliza concentradores gravimétricos tipo «z», los cuales poseen canalones colocados a un ángulo entre los 11 y 30 grados de inclinación, esta inclinación depende del tipo de material de alimentación; los materiales más arcillosos requieren de menos gradiente que los más gruesos, para la inclinación de los canalones se puede tomar de referencia la inclinación de las mesas de concentración gravimétrica, entre 0 y 10 grados. Finalmente, se puede mejorar la eficiencia del proceso adicionando en serie otros concentradores. (Ver figura 2).

Figura 2. Concentrador gravimétrico



Fuente: (Futura Technologies S.A.C.)

4.7.6. Centrifugador Knelson

La efectividad de separación se basa en la generación de una fuerza gravitacional, la cual es 60 veces superior a la fuerza normal de un equipo convencional que juntamente con el proceso de fluidización, permite la recuperación de partículas microscópicas, por lo tanto, se puede asegurar la recuperación de partículas finas que antes se pensaba que no eran recuperables por medios gravimétricos convencionales.

Todos los equipos concentradores Knelson ofrecen:

- Recuperación rápida y eficiente a bajo costo.
- Operación confiable y sin problemas.
- Bajo costo de inversión, operación y mantenimiento.

- Operación no contaminante y sin peligro para el medio ambiente.
- Seguridad total del concentrado.
- Automatización total disponible en todos los modelos.

El equipo Knelson encuentra su aplicación en el procesamiento de:

- Metales preciosos: oro, platino y plata.
- Metales básicos: cobre.
- Metales nocivos para el medio ambiente: plomo y mercurio.

(Huina, C., Medel, C., Retamal, M.).

4.7.7. Equipos de zarandeos

Es de los equipos más fundamentales a la hora de montar una planta de procesamiento, ya que de ellos depende la capacidad de la misma, así como la calidad de los productos que de ella se obtienen, es por ello que, el desarrollo de estos equipos permite encontrar aquellos de carácter estacionario, así como del tipo portátil, los cuales pueden configurarse y desmontarse de manera rápida a fin de transportarse de un lugar a otro.

Se utilizan comúnmente para calibrar y separar el material en todo el proceso de producción, las zarandas que se utilizan antes del chancador primario pueden eliminar materiales finos, como piedra abrasiva o arena, que pueden causar desgaste en los revestimientos del chancador, de igual forma también pueden evitar que el material ya calibrado entre en la alimentación del chancador.

Permiten la clasificación de materiales, lo cual se realiza con la ayuda de un excitador que le da movilidad para estratificar material de ingreso, en donde el material va cayendo en una malla separando las que pueden entrar de las que no, el movimiento solo debe afectar al material mas no a la estructura base, por ello se usan aisladores de vibración de tipo activo para evitar daños a la estructura o a otros equipos. (León, L., 2019).

- **Diseño estandarizado de la Z:** Es una planta sencilla, de fácil transporte, y tiene dispuestos los canalones en forma de una “Z”, dispone de una tolva de alimentación en su parte superior donde se deposita la grava transportada con la excavadora, la cual por gravedad y agua a presión baja hacia una criba de clasificación para eliminar las partículas más grandes, debajo de ella se encuentra el primer canalón donde se recoge el oro grueso en riffles debido a su alta densidad, la superficie bajo los mismos se encuentra cubierta por una capa gruesa de césped sintético, alfombras especiales o

capas de yute y sobre esa se coloca una malla metálica con el fin de aumentar la efectividad de captación.

El segundo canalón se encuentra debajo y en sentido contrario y con las mismas características del canalón anterior y su función es atrapar las partículas del tamaño medio y finalmente en el tercer canalón recoge el mineral fino y de los restos de mineral que se encuentran en el residuo que no lograron ser atrapados en los canalones anteriores. (Japa, J. y Zanango H., 2022).

- **Tipos de zarandas tipo Z:** Existen muchos tipos de zarandas, aproximadamente el 60% usado a nivel mundial son de inclinación simple y de zarandeo por estratificación, también existen otros tipos como de doble, triple o inclinación múltiple, donde se zarandea por estratificación y por caída libre o combinándolas para diferentes aplicaciones. (León, L., 2019).

Además, se conocen las siguientes:

- **Vibratorias Horizontales:** Son utilizadas en aplicaciones fijas o portátiles donde existen limitaciones críticas de espacio o donde se manejan materiales que tiende a obstruir las mallas debido a diferentes características, son ideales para procesos que requieren un cribado de alta eficiencia y rangos cortos de estratificación, ya que este tipo de zarandas aplica mayores fuerzas al material. (Ver Figura 3).

Figura 3. Zaranda vibratoria horizontal



Fuente: (DISMET, 2016)

- **Vibratorias inclinadas:** Se ajusta con facilidad para mejorar el rendimiento y la eficiencia general, los cambios de inclinación, velocidad, recorrido y dirección de rotación permiten adaptar la zaranda a la aplicación en cuestión, la cual está montada sobre resortes y generalmente tiene un motor eléctrico, la inclinación de este tipo de zaranda varía de 15 a 30 grados. (Ver Figura 4).

Figura 4. Zaranda vibratoria inclinada



Fuente: (DISMET, 2018)

- **Con movimiento Oscilante:** Sirven principalmente para los trabajos de mediana escala, a diferencia de la zaranda vibratoria, que es empleada generalmente en la separación de materiales de minería a gran escala; es un mecanismo que funciona horizontalmente o con una ligera pendiente del 2 al 8%; cuenta con un bastidor soportado por unos balancines inclinados accionados por un mecanismo de biela y manivela. (Blanco, E., 2014).

4.8. Métodos de separación gravimétrica

Los métodos de separación gravimétrica se dividen en concentración por impulsos (Pulzadoras Jigs), concentración por sacudimiento (mesa Wilfley), concentración por flujo de gravedad (Concentradores de artesa o de canaleta) y concentradores centrífugos.

La concentración gravimétrica es el método de procesamiento más importante en la pequeña minería, en donde, la diferencia en peso específico entre el mineral valioso y los minerales ganga es utilizada para alcanzar su separación, la cual se lleva a cabo en los diversos movimientos de las partículas de ambos minerales, bajo la influencia de la fuerza de gravedad y otras fuerzas en un medio fluido, agua o aire. Una característica de estos métodos es que las partículas tienen que ser separadas por la dinámica del flujo, para lograr la formación de capas o cejas de minerales livianos y pesados. (Apaza, Y., 2018).

Significó un avance en la pequeña minería, sobre todo en los artefactos que se utilizan para ello; los mismos que, se basan generalmente en los procesos de experimentación permitiendo una mejora considerable en las técnicas que se utilizan. El aspecto que más resalta de estos métodos es su sencillez y alta capacidad de procesamiento, sumado a que, debido a la casi inexistente utilización de reactivos peligrosos, no repercute en la salud del personal que se encarga de la extracción.

5. Metodología

5.1. Materiales

Los materiales utilizados para la verificación de cada uno de los objetivos planteados son los siguientes:

Tabla 1. Materiales empleados

Materiales de campo	Laboratorio	Geoprocesamiento	Oficina
Mapa del área de estudio	Laboratorio de Mecánica de Rocas de la Carrera de Geología Ambiental,	Programa ArcGis	Laptop
Brújula	para el ensayo de normalizado de granulometría		Libreta de campo
GPS GARMIN Oregon 750t			
Libreta de campo			
Escalímetro		AutoCAD	Cámara fotográfica
Cámara fotográfica			
Muestras del material mineralizado			

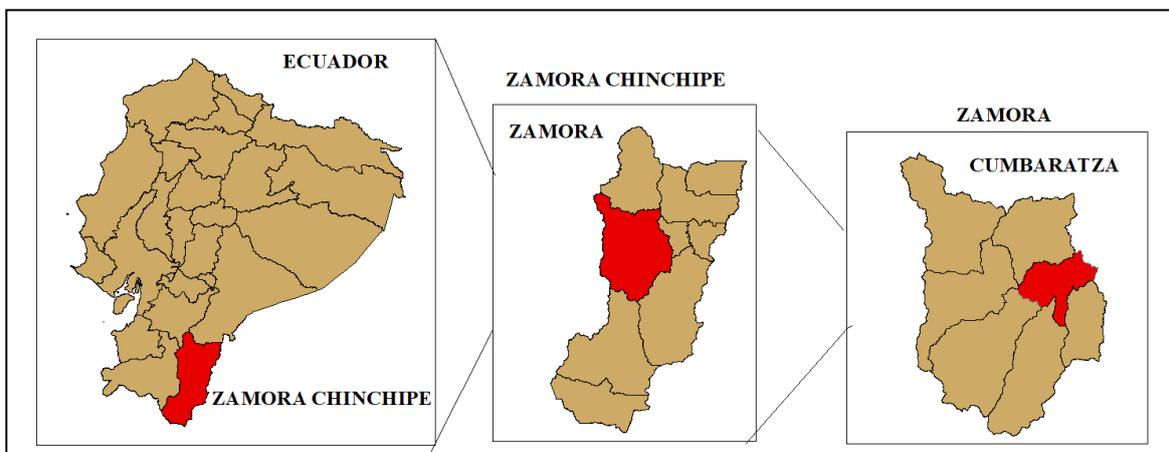
Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

5.2. Área de estudio

5.2.1. Ubicación y acceso

La zona de estudio seleccionada para la realización del presente trabajo fue el Área Minera “San Andrés”, Código: 501417, localizado en la provincia de Zamora Chinchipe, en el cantón Zamora, en la parroquia Cumbaratza (Ver Figura 5).

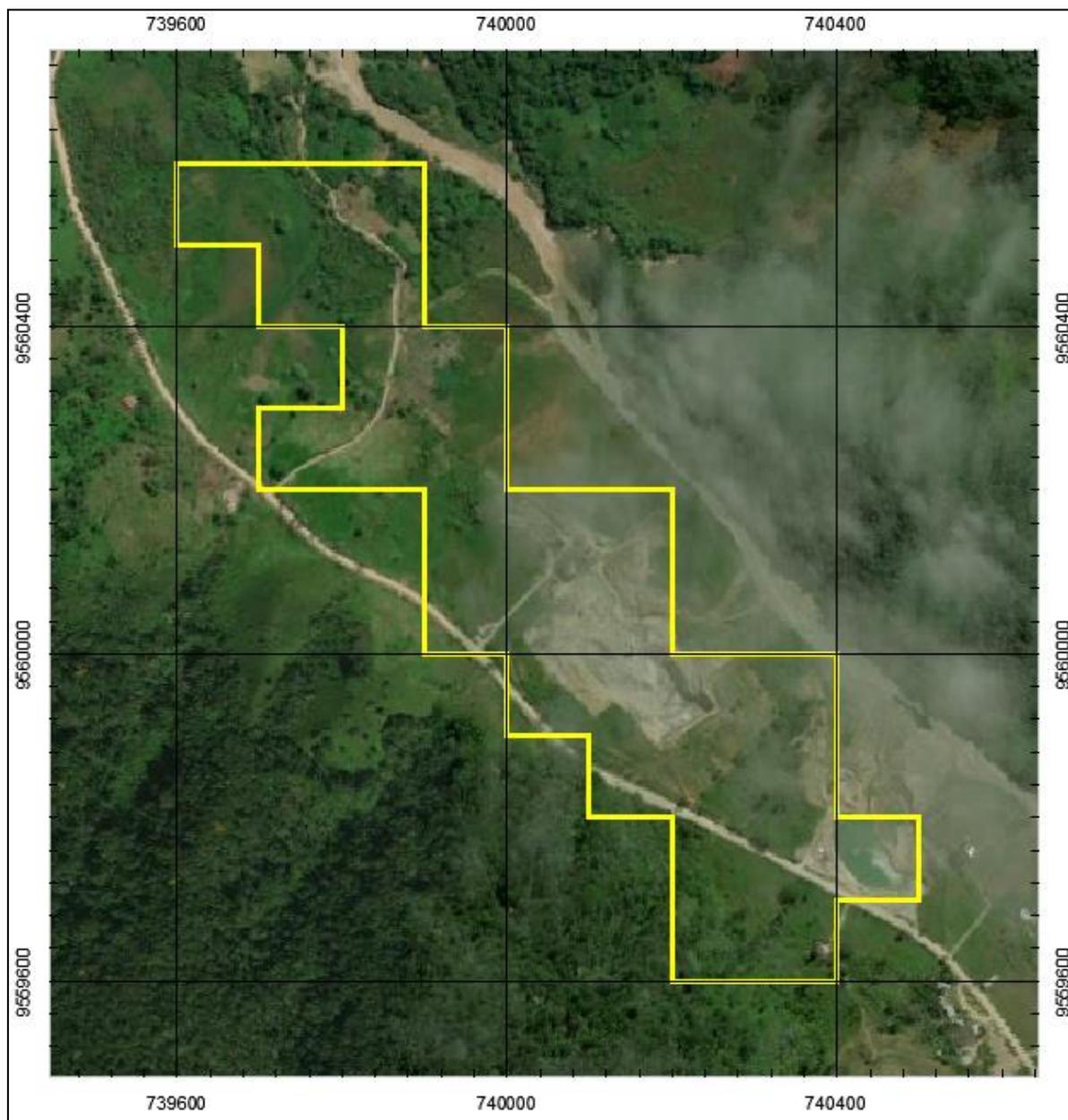
Figura 5. Ubicación



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

La concesión minera San Andrés Código 501417, es como se muestra en la Figura 6.

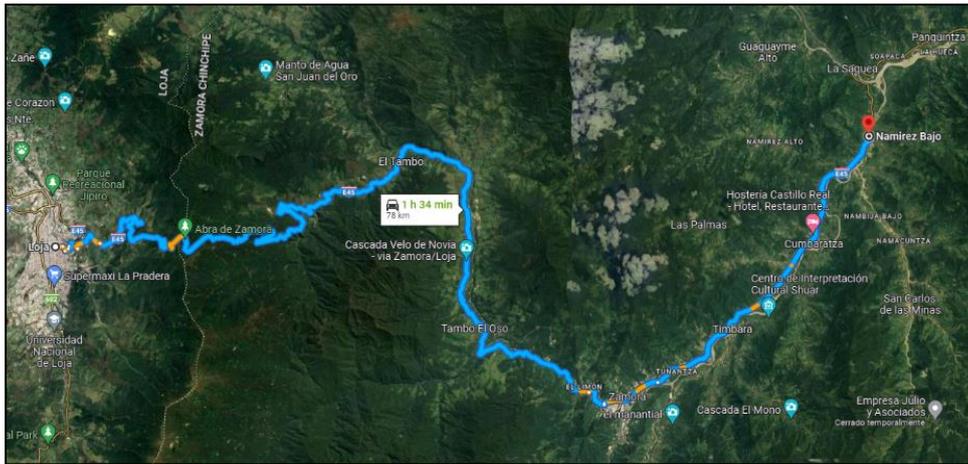
Figura 6. Concesión minera “San Andrés”



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

Saliendo desde la ciudad de Loja, tomando como punto de partida el terminal terrestre, se debe tomar la calle Illiniza y C. Sta. Marianita de Jesús hacia calle Teniente Hugo Ortiz/Transversal Sur/E50, para luego tomar la vía Ecuador 45/Ruta Panamericana/Troncal Amazónica/E45 hacia Zamora Chinchipe, continuar por dicha vía hasta llegar al destino previsto (Ver Figura 7).

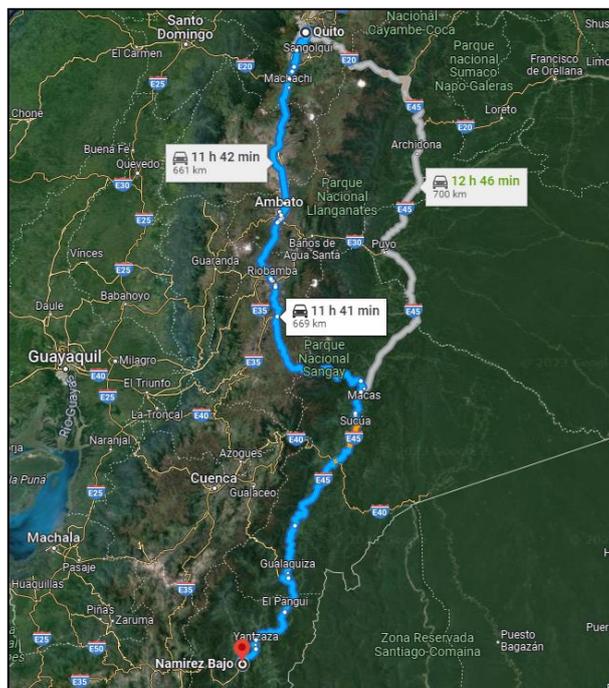
Figura 7. Acceso desde la ciudad de Loja



Fuente: (Google Maps, 2023)

Saliendo desde la ciudad de Quito, se debe tomar la avenida Simón Bolívar y Colectora Quito-Tambillo/Avenida Pedro Vicente Maldonado/E28A hacia carretera panamericana/Troncal de la Sierra/E20/E35, se debe continuar por dicha carretera hasta Riobamba, después se toma la vía Macas-Riobamba hacia calle Teniente Hugo Ortiz/Vía Cuenca-Macas/Ecuador 45/Ruta Panamericana/Troncal Amazónica/E45 en Morona-Santiago, se sigue esa vía hasta llegar a Zamora Chinchipe y posteriormente al destino deseado. (Ver Figura 8).

Figura 8. Acceso desde la ciudad de Quito



Fuente: (Google Maps, 2023)

5.2.2. Geología regional

Según la hoja geológica de la provincia de Zamora (IIGE, 2017), la geología regional del sector está definido principalmente por el Batolito de Zamora, comprendidos en la cordillera Real, el cual está emplazado en una serie de fallas de dirección N-S, divididos en tres segmentos tectónicos: Gualaquiza, Cumbaratza y Zumba.

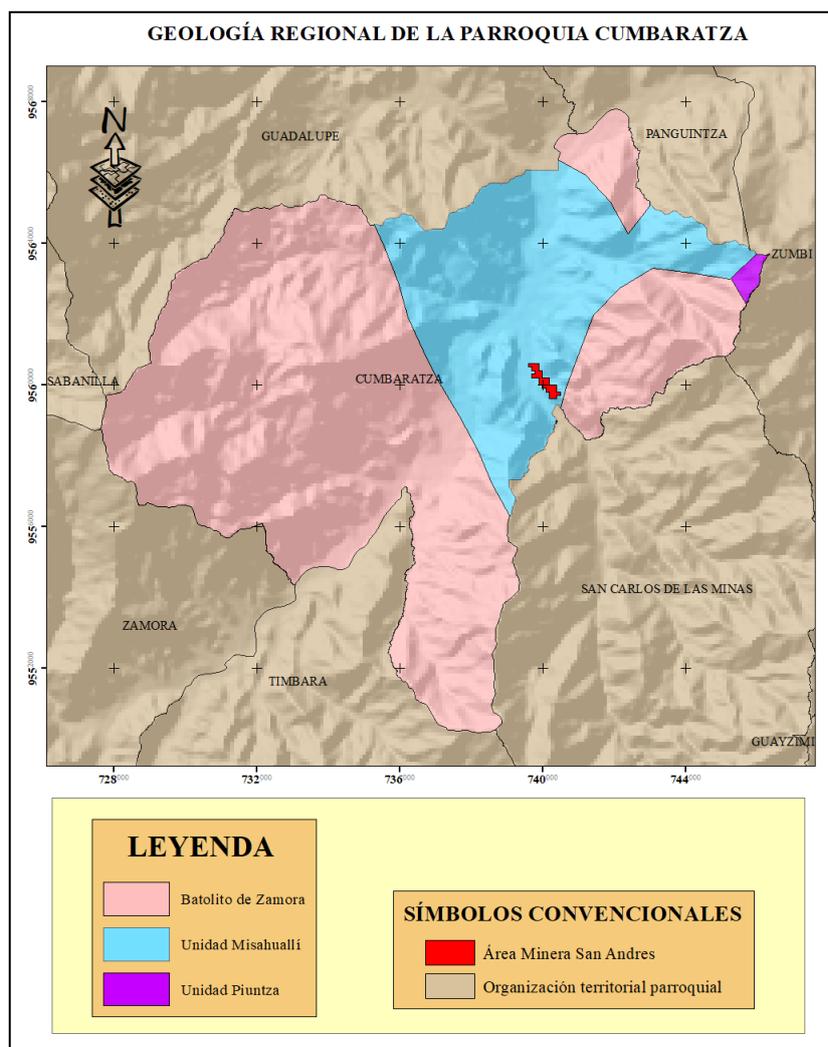
El Batolito de Zamora es una intrusión granitoidea de edad Jurásica, asociado sobre las rocas volcánicas de la unidad Misahualli (Litherland et. Al., 1994), en donde la Unidad Piuntza forma un techo erosionado y moderadamente plano, localizados en los terrenos topográficamente elevados, en donde se puede notar sedimentos marinos superficiales y epicontinentales del Cretácico sobre yaciendo discordantemente al arco magmático.

En el sector se identifican las siguientes formaciones geológicas:

- **Depósitos aluviales:** De edad temprana del Cuaternario, son deposiciones de fragmentos de diversos tipos de roca ígnea, sedimentaria y metamórfica, las cuales producto del intemperismo han logrado acumular depósitos de considerable valor económico los cuales son una *Fuente* de riqueza para el sector minero, haciendo a estos placeres de un alto interés económico.
- **Depósitos coluviales:** Igual de edad Cuaternaria, geomorfológicamente datan de fragmentos de roca en colinas con pendientes no muy elevadas, que fueron evolucionando a raíz del desprendimiento de fragmentos de roca del macizo rocoso, originando coluvios-eluvios ricos en minerales producto del arrastre constante por procesos exógenos de los diferentes tipos de rocas que componen la génesis de Zamora.
- **Formación Hollín:** Está constituida por areniscas cuarzosas sílice de grano fino a grueso en estratos compactos de color claro que forman potentes escarpas, en sitios puntuales, intercalaciones de lutitas, que superficialmente están alteradas a arcillas blanquecinas.

La siguiente Figura muestra las formaciones antes mencionadas.

Figura 9. Geología regional



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

5.3. Metodología para el primer objetivo: Caracterizar el material mineralizado para el proceso de separación gravimétrico.

El método de estudio que se aplicó es un método práctico- experimental, en el área de estudio y tratamiento de la presente investigación.

➤ **Recopilación de información:** En el levantamiento de la información de la línea base se obtuvo del estado actual del Área Minera, a través de la observación in situ de todas las actividades mineras que realizan, tales son:

- Delimitación del área a explotarse
- Desbroce y almacenamiento de la cobertura vegetal en la zona de escombrera
- Arranque, extracción y transporte de la grava aurífera para la posterior lavado
- Recuperación del oro aluvial.

La información fue recopilada con le ficha de campo ubicada en el Anexo 1.

- **Levantamiento topográfico:** El método para obtener la topografía fue realizado por Estación Total, mismo que fue proporcionado por el titular minero.
- **Caracterización geológica:** Se realizó mediante observación directa con la que se determinó las condiciones geológicas y a su vez relacionarlas con la hoja geológica del lugar, adicionalmente se obtuvo por parte del titular minero la columna estratigráfica, con la finalidad de determinar en qué horizonte se encuentra mayor concentración de mineral.

La información fue recopilada con le ficha de campo ubicada en el Anexo 2.

- **Las características de la grava:** Se determinó de dónde proviene la grava, tipo, forma y tamaño, asimismo de que tipo de roca está compuesta la grava para posterior determinar sus propiedades:
- **Caracterización física-química y mineralógica de la grava aurífera:** Se siguió el siguiente procedimiento

- 1. Muestreo:** Las muestras de grava aurífera fueron seleccionadas del material que ingresaba a la tolva, se tomó un cucharón que equivale a 1 m³ (Ver Figura 10) y las muestras de residuo fueron extraídas del montículo de material que ingresaba al concentrador, posterior se realizó una homogenización y un cuarteo manual, se escogieron muestras representativas para su caracterización respectiva.

Figura 10. Muestreo



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

2. Determinación de las propiedades físicas: Comprende la determinación de densidad y granulometría:

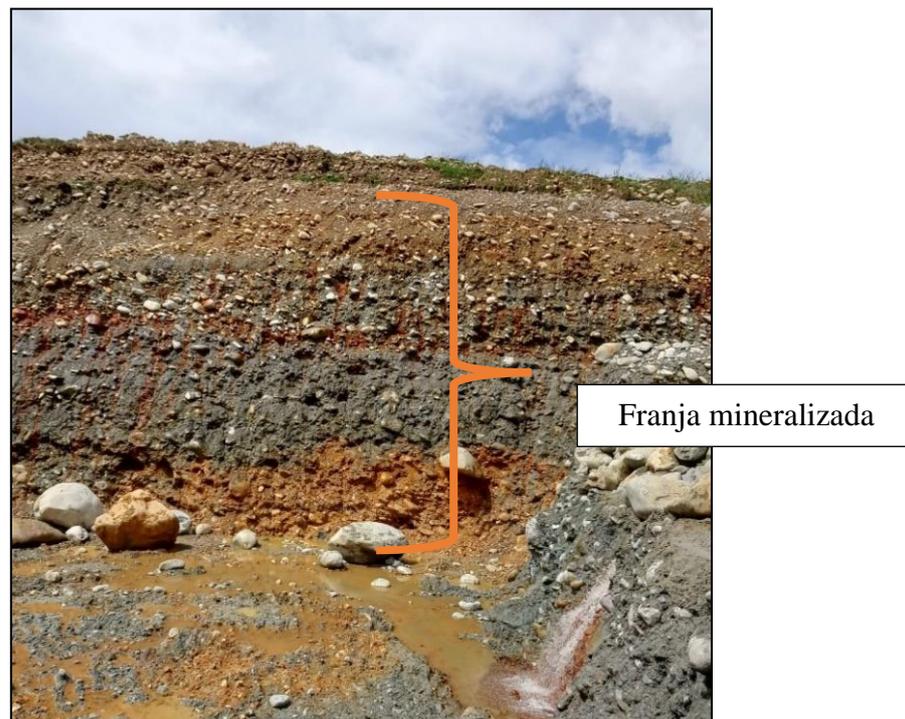
➤ **Densidad:** Para determinar el peso se utilizó una botella de dos litros para recolectar la pulpa al final del canalón, se marca el envase en 10 partes iguales, posterior se llena hasta su capacidad del 100% y se deja reposar con la finalidad de que los sólidos se sedimenten, finalmente se transforma el valor en porcentaje de masa, para ello se aplicó la siguiente expresión:

$$\%S = \frac{\text{Masa de solidos}}{\text{Masa de sólidos} + \text{masa de agua}}$$

➤ **Granulometría:** Se refiere a la distribución de tamaños de partículas presentes en una muestra de material. En el caso del oro aluvial, que se encuentra en forma de partículas finas mezcladas con sedimentos y otros minerales, es fundamental conocer la granulometría del material para determinar la mejor forma de extraer y recuperar el oro de manera eficiente. Es por ello que se realiza este ensayo adicionalmente sirve para determinar el tipo de suelo al ser comparado con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

En este contexto se extrajo las muestras de los horizontes A y B, como se observa en la Figura 11.

Figura 11. Muestreo de horizontes.



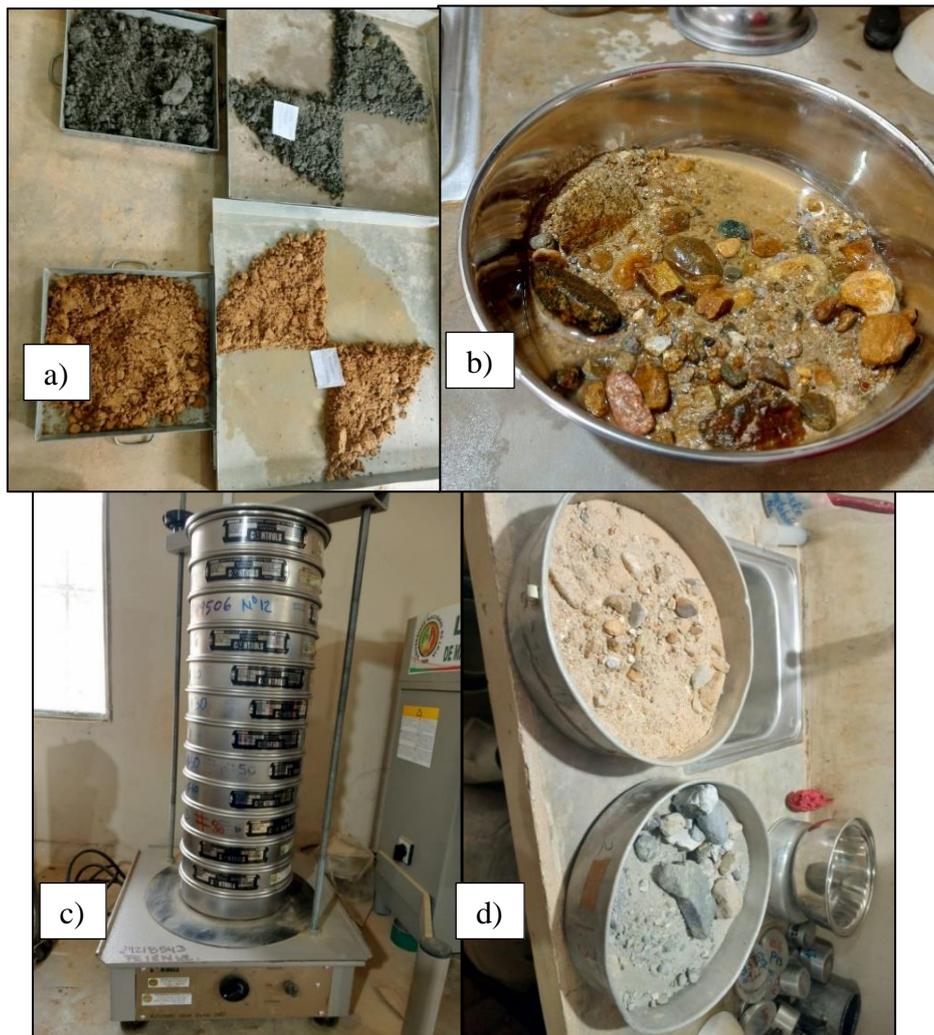
Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

Para el análisis granulométrico de las muestras recolectadas en campo, se utilizó 5400gr, se procedió a lavar y secar las muestras en una estufa a una temperatura de 50 °C y después se realizó un tamizado mecánico en húmedo con la utilización de tamices de este modo se determinó el diámetro de partícula (d80), los tamices utilizados fueron los siguientes:

- Para finos: 4 – 3/8 – 1/2 - 3/4 - 1° - 1/4° - 1 1/2° - 2°.
- Para gruesos: 4 – 3/8 – 1/2 - 3/4 - 1° - 1/4° - 1 1/2° - 2°.

La Figura 12, muestra el procedimiento para el ensayo de granulometría

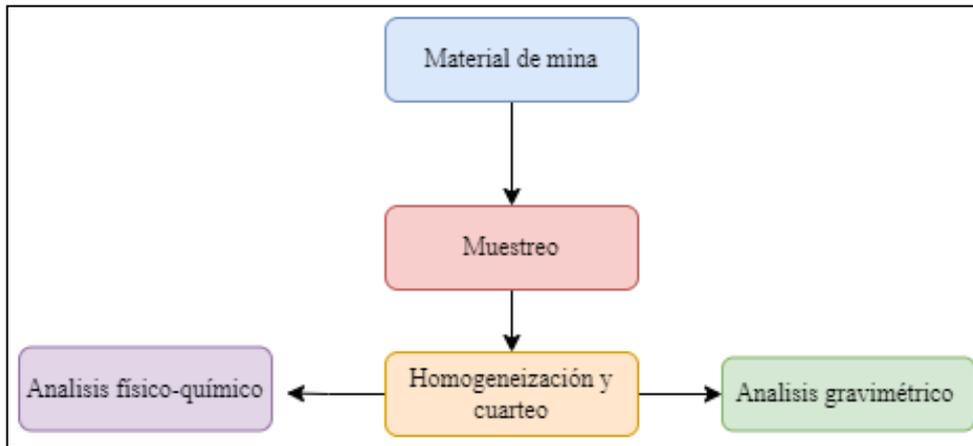
Figura 12. a) Cuarteo; b) lavado; c) Tamizado; d) muestra tamizada



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

3. Caracterización físico-química: Luego se realizó el ensayo al fuego con la finalidad de obtener la ley de cabeza la mena, estos ensayos fueron ejecutados en el Laboratorio Albexus. Adicionalmente se realizó un ensayo de absorción atómica para determinar los minerales presentes en la mena.

Figura 13. Secuencia para el primer objetivo



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

5.4. Metodología para el segundo objetivo: Determinar las variables que intervienen en el proceso de recuperación del Oro.

Las variables principales que intervienen en la recuperación del oro, son las que se detallan a continuación:

- Características del oro aluvial.
- Caudal (Q).
- Coeficiente de esponjamiento del material a explotar.
- Criterio de concentración (Cc).
- Angulo de los planos de inclinación.
- Tiempo de retención en la caja de acumulación del mineral.
- Materiales de retención.

A continuación, se realiza la descripción de cada una de las variables:

➤ **Características del oro aluvial:** El oro es un metal noble, que se encuentra en este depósito en estado natural, su símbolo es Au y ocupa el No. 79 en la tabla, periódica de los elementos junto al platino y al mercurio. Se determinará su forma y tamaño, para ello se utilizó el método de platáneo como se muestra en la siguiente Figura.

Figura 14. Proceso para identificación de oro.



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

Este ensayo permitió determinar la cantidad de oro fino y grueso, así como la forma y tamaño.

➤ **Caudal (Q):** Maistri, (1993), menciona que el agua debe cubrir homogéneamente toda la bandeja con una película de espesor variable, en función al tamaño de las partículas de alimentación. Es por ello que se determinó el caudal de agua necesaria para que se produzca la sedimentación de las partículas, para ello se tomó un recipiente con un volumen conocido y con cronómetro se registró el tiempo que se llena cierta cantidad de agua, se realizó un total de tres repeticiones y se obtiene un promedio.

➤ **Coefficiente de esponjamiento del material a explotar:** El incremento de volumen, que ocurre cuando un material es fragmentado, extraído de su estado natural y depositado en un sitio no confinado, es el coeficiente de esponjamiento y se determinó a través de la siguiente expresión:

$$K_e = \frac{V_e}{V}$$

Donde:

Ke = Coeficiente de esponjamiento

Ve = Volumen de roca que tiene después de arrancar del macizo, cm³

V = Volumen que la roca tenía en el macizo rocoso, cm³

➤ **Criterio de concentración (Cc):** En esta práctica el Cc debe ser mayor a 2.5, para que se produzca la separación por diferencia de densidades, el mismo se lo obtiene a través de la siguiente ecuación:

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

Donde:

Pp= Densidad del mineral pesado.

Pf= Densidad del mineral ligero.

Pf= Densidad del fluido o pulpa.

➤ **Angulo de los planos de inclinación.**

De acuerdo a la observación de campo, actualmente en la criba tipo z, los ángulos de los planos de inclinación están dispuestos en 15 grados.

➤ **Tiempo de retención en la caja de acumulación del mineral.**

Una vez que han realizado el lavado del material mineralizado, y pasar por los planos el mineral que fue capturado en la caja de acumulación permanece dos días almacenado, posteriormente es retirado a las tinajas.

➤ **Materiales de retención.**

Como materiales de retención utilizan, lonas y yute, mismos que son ubicadas en los canalones para captar el mineral.

5.5. Metodología para el tercer objetivo: Proponer alternativas para el proceso de recuperación mediante concentración gravimétrica tipo z

Previamente obtenido el caudal de agua, se propone un método de recuperación, para ello se efectuó un ensayo en el concentrador tipo Z, en el que se determinó el ángulo de inclinación del canalón, con el que se obtenga la mayor recuperación de oro, las muestras fueron obtenidas a una comparación cuantitativa en el proceso de recuperación gravimétrico de oro.

(Fiallos & Loayza, 2020), mencionan que los concentradores Z deberían utilizar el principio de funcionamiento de los canalones teniendo en cuenta el ancho con relación a la cantidad de agua que se cuenta; el material de retención debería ser de alfombras de rizos y contar con ángulos de inclinación entre 5° y 18°.

Una vez identificadas las variables que intervienen en el proceso de recuperación del Oro, se realiza un análisis cualitativo para formular la propuesta en el proceso de recuperación mediante concentración gravimétrica tipo z.

Entre las principales variables que optimizarán la recuperación del oro, están:

➤ **Ángulo de los planos de inclinación:**

Se experimentó en la segunda plataforma con 3,6,9, y 12 grados, debido a que existe poca recuperación de finos que está ligado a este nivel, sin embargo, en la primera plataforma si se logra atrapar el oro grueso por lo que no es necesario ajustar este ángulo.

➤ **Tiempo de retención en la caja de acumulación del mineral:**

Este tiempo se determina en función al porcentaje de oro que contenga en el corte, en este contexto, el tiempo de retención en la caja de acumulación será de 24 horas, permitiendo así que no se acumulen el oro en las alfombras y colapse, impidiendo escape del mineral.

➤ **Materiales de retención:**

Se analizaron algunos materiales de retención como son:

- 1. Rejillas:** Cumplen dos funciones, la primera sujetar la alfombra, la segunda realizar un efecto cascada para que la arena no sedimente y el oro escape por la superficie de la alfombra.

2. **Sacos de yute:** Es una opción que se ha venido implementando debido a su entramado de fibras naturales que permite la sedimentación del oro, por su bajo costo, además de ser amigable con el ambiente.
3. **Alfombras sintéticas:** Es una tecnología nueva cuya textura permita atrapar mayor porcentaje de finos además de ser más resistente que el yute permite ser reutilizado.

6. Resultados

6.1. Descripción del área de estudio

El área minera San Andrés, cuenta con las siguientes características (Ver Tabla 4)

Tabla 2. Descripción del área de estudio

Ubicación Geográfica del área			
Provincia:	Cantón:	Parroquia:	Sector:
Zamora Chinchipe	Zamora	Cumbaratza	Nambija Bajo
Información demográfica	Habitantes:	Zona clima	Rural
	350 habitantes		Tropical / Húmedo-Semi húmedo
	Densidad demográfica:	Temperatura media anual	23 °C
	72 habitantes por km ²	Precipitación media anual	1910 mm
Área Territorial	4,86 km ²	Humedad relativa media	90%
Coordenadas de ubicación del Área Minera			
SUPERFICIE 28 hectáreas			
DATUM: PSAD 56 Zona 17 Sur		DATUM: WGS 84 Zona 17 Sur	
Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada X	Coordenada Y
739600	9560600	739235	9560398
739900	9560600	739535	9560398
739900	9560400	739535	9560198
740000	9560400	739635	9560198
740000	9560200	739635	9559998
740200	9560200	739835	9559998
740200	9560000	739835	9559798
740400	9560000	740035	9559798
740400	9559800	740035	9559598
740500	9559800	740135	9559598
740500	9559700	740135	9559498
740400	9559700	740035	9559498
740400	9559600	740035	9559398
740200	9559600	739835	9559398
740200	9559800	739835	9559598
740100	9559800	739735	9559598
740100	9559900	739735	9559698
740000	9559900	739635	9559698
740000	9560000	739635	9559798
739900	9560000	739535	9559798
739900	9560200	739535	9559998
739700	9560200	739335	9559998
739700	9560300	739335	9560098
739800	9560300	739435	9560098
739800	9560400	739435	9560198
739700	9560400	739335	9560198
739700	9560500	739335	9560298
739600	9560500	739235	9560298

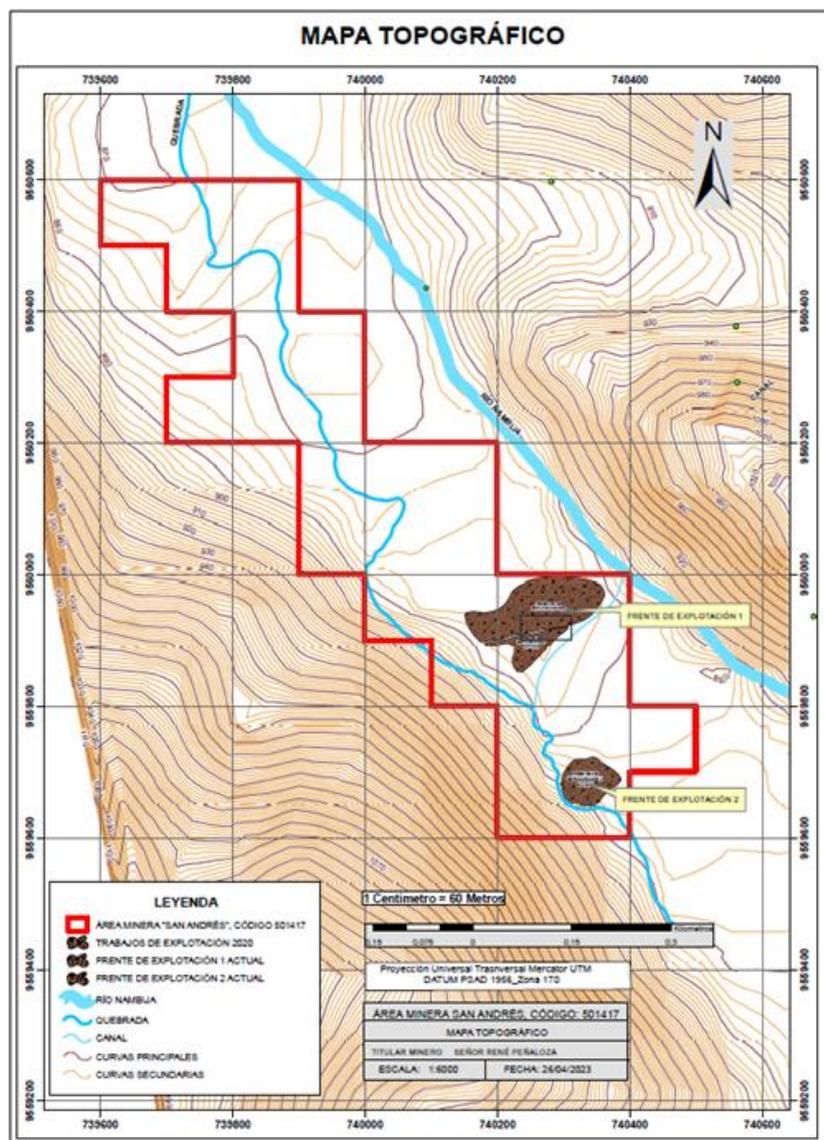
Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

6.1.1. Topografía

Esta información fue proporcionada por el titular minero. La topografía del sector de explotación es plana, las cotas predominantes se encuentran entre 845 msnm. ~ 890 msnm., y sus alrededores con montañas de pendientes medias, que constituyen elevaciones con desniveles relativos que alcanzan hasta los 100 m de altura.

La Figura 15, representa la topografía del sector.

Figura 15. Topografía



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

6.1.2. Método y sistema de explotación en el área

En el área minera “San Andrés”, Código: 501417, las actividades mineras se las realiza a través de frentes de explotación en las terrazas aluviales del Río Nambija, el método de

explotación es a Cielo Abierto, a través del sistema de explotación con Trincheras en Bancos Descendentes. Para observar el área minera se colocó la siguiente figura:

Figura 16. Área minera



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

6.1.3. Descripción de las operaciones mineras

Las operaciones mineras deben seguir el siguiente proceso:

- **Preparación:** La operación minera inicia con la construcción del acceso a la terraza aluvial aurífera, se procede con el retiro de la cobertura vegetal depositada en la escombrera de capa vegetal, junto al banco de explotación. (Ver Figura 17).

Figura 17. Preparación



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

- **Extracción de Mineral:** Se apertura una trinchera de corte de aproximadamente 50x 30 metros dentro de ella se va formando bancos de corte descendentes hasta llegar a la roca, los bancos aproximadamente mantienen dimensiones de 30 metros de largo, 25 metros de ancho y una profundidad de 6 metros.

- **Arranque y transporte:** El arranque del aluvial aurífero se lo realiza a través de una excavadora ubicada en la parte más profunda de las trincheras de explotación, dependiendo de la profundidad se ubican en forma sucesiva, excavadoras en cada una de las plataformas de los bancos hasta la parte superior donde se encuentra la zeta para beneficiar la grava aurífera, esto se convierte al final en una forma de arranque y transporte de la grava aurífera. (Ver Figura 18).

Figura 18. Arranque y transporte



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

- **Clasificación:** La clasificación constituye la separación de la arcilla y grava de la piedra a través de agua a presión y barrotes de hierro por donde pasa gravas de $\frac{3}{4}$ de pulgada, todo el resto constituye piedra estéril.

Luego del proceso de arranque y transporte, la grava aurífera es puesta en la tolva de la criba fija con la excavadora, en este lugar se produce el lavado de la grava con chorros de agua a presión por gravedad cae a una rejilla que hace las veces de un clasificador granulométrico de tres cuartos, esta arena pasa por los canalones donde se deposita el oro en las trampillas conformada por malla y cobijas todo esto por gravimetría; al final se recoge la arena concentrada con oro y se deposita en saquillos.

- **Refinación:** El producto del proceso son almacenados en saquillos y transportados a la Planta de Beneficio cercana, en el Distrito Minero Chinapintza o al Distrito Minero Zaruma, para el proceso de refinación.
- **Cierre del bloque explotado:** Una vez concluidas con las labores de explotación, los frentes o cavidades son rellenadas primeramente con la roca y en la parte superficial se deposita el suelo que fue retirado, así como la vegetación que fue cortada.

Finalmente, cuando se ha restituido los niveles de grava estéril se procede a restituir la capa de suelo orgánico que estará listo para realizar posteriores actividades de reforestación.

Actividades complementarias:

Producto de las actividades mineras se generan escombreras, como se detalla a continuación.

- **Escombreras de capa vegetal:** En las escombreras de capa vegetal se ubica cerca al borde del banco para su facilidad y bajo costo en la recuperación de la parte explotada al final. (Ver Figura 19).

Figura 19. Escombreras de capa vegetal



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

- **Escombreras de material estéril:** Las escombreras de material estéril, que son producto del lavado y aglomeración de rocas se ubican cerca al banco para paulatinamente se explota un banco hasta la roca base y se rellena con este material facilitando el ingreso al frente de arranque. (Ver Figura 20).

Figura 20. Escombreras de material estéril



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

- **Piscinas de sedimentación:** En el área minera “San Andrés”, código: 501417, cuenta con piscinas de sedimentación, permitiendo el lavado continuo y el desalajo para la entrada de más sedimentos disminuyendo así el peligro por efectos de desmoronamiento por consecuencia de la presión sobre las paredes de la piscina. (Ver Figura 21).

Figura 21. Piscinas de sedimentación



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

6.2. Caracterización del material mineralizado

6.2.1. Caracterización geológica

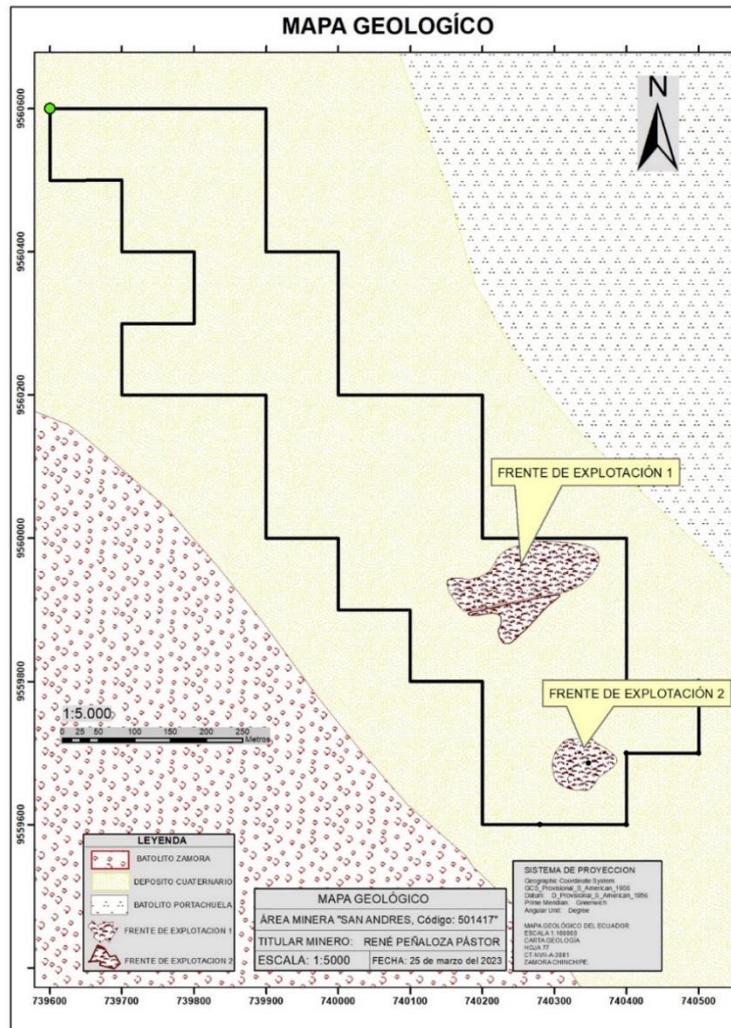
La caracterización geológica comprende la representación de las litologías presentes en el área de estudio, así como la realización de la columna estratigráfica.

- **Geología local:** Comprende un depósito aluvial, de edad temprana del Cuaternario, son deposiciones de fragmentos de diversos tipos de roca ígnea, sedimentaria y metamórfica, las cuales producto del intemperismo han logrado acumular depósitos de considerable valor económico los cuales son una *Fuente* de riqueza para el sector minero, haciendo a estos placeres de un alto interés económico.

Por otra parte, también se encuentran depósitos coluviales de edad Cuaternaria, geomorfológicamente datan de fragmentos de roca en colinas con pendientes no muy elevadas, que fueron evolucionando a raíz del desprendimiento de fragmentos de roca del macizo rocoso, originando coluvios-eluvios ricos en minerales producto del arrastre constante por procesos exógenos de los diferentes tipos de rocas que componen la génesis de Zamora.

La Figura 22 muestra la geología local del área minera San Andrés.

Figura 22. Geología local



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

6.2.2. Caracterización física-química de la grava aurífera

La grava aurífera presenta rocas redondeadas y subangulosas que van desde los 2 cm hasta los 1.8 m, como se observa en la siguiente Figura 23.

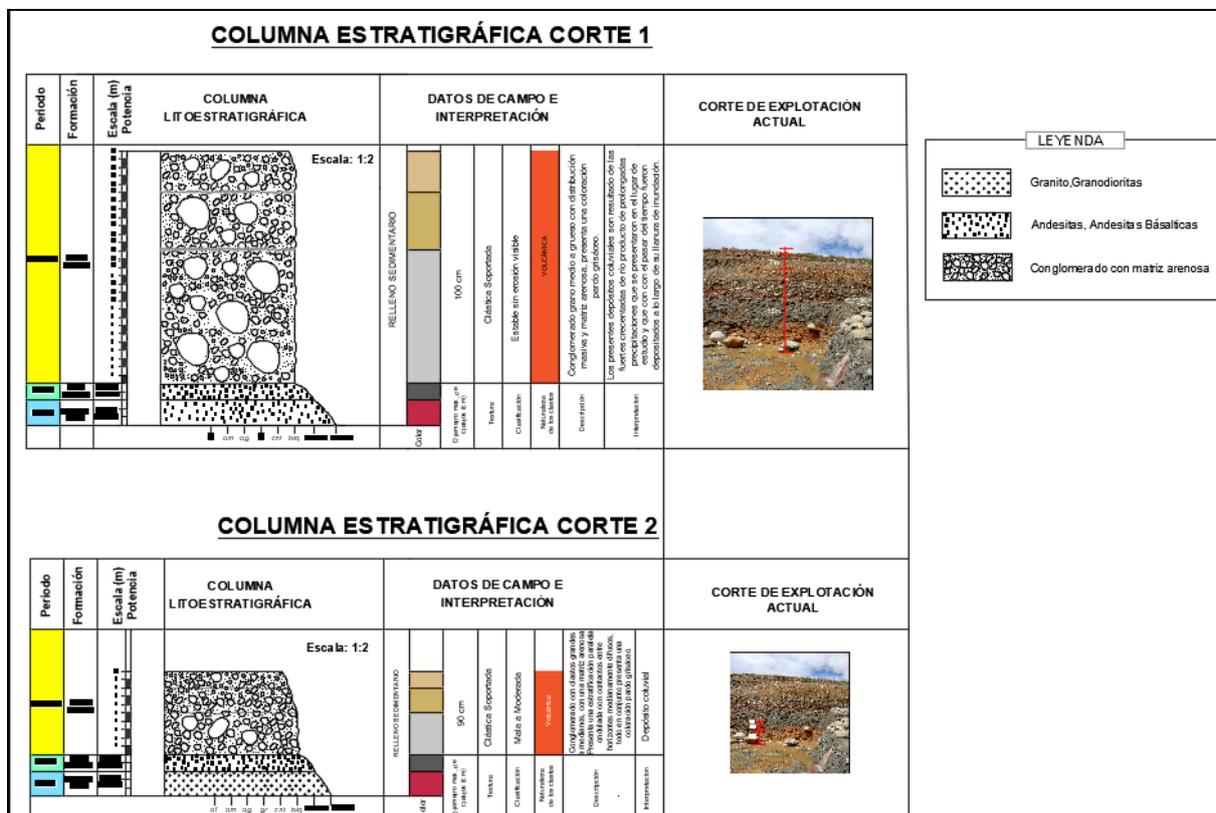
Figura 23. Tamaños de la grava



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

Columna estratigráfica:

Figura 24. Columna estratigráfica



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

Para la determinación de oro se enviaron las muestras al Laboratorio Albexus, codificados como: Muestra de entrada y Muestra de salida-desecho. Los resultados son los que se presentan a continuación:

Tabla 3. Resultados de la caracterización de la grava aurífera

Caracterización de la grava aurífera			
Identificación De La Muestra	COMP. N°	Cod. Alb.	Au (N)* g/m³ Nw
Muestra De Salida-Cola	1	34392	0.10
Muestra De Entrada	1	34393	0.14

Nota: Albexxus. Informe de ensayo N° 14322

De acuerdo a los resultados de laboratorio, han aplicado los siguientes métodos:

- Determinación de Au y Ag por ensayo al fuego. Au, Ag: ALB-MET-01.
- Determinación de Metales por Digestión con HNO₃ (cc) por Absorción Atómica.
- Determinación de Au y Ag por copelación en barras doré: Au, Ag: ALB-MET-04.

Con los resultados de la ley de cabeza y la ley del residuo se demuestra que existe una recuperación del 0.04 gr/m³, que equivale a una recuperación del 28.57% con lo que se concluye que el proceso de recuperación actual no es el correcto.

6.2.3. Peso específico de la grava:

Se expresa de la siguiente manera:

$$\%S = \frac{ds*Vs}{(ds*Vs)+(da*VL)}$$

Donde:

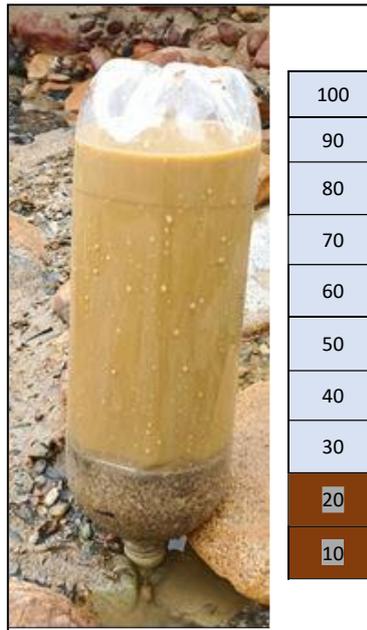
Vs: Volumen de sólidos

ds: Densidad sólidos

da: Densidad de agua

VL: Volumen de agua

Figura 25. Cálculo de la densidad



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

$$\%S = \frac{2.7 * 20}{(2.7 * 20) + (1 * 90)} = 0.38 * 100 = 38\%$$

El empleo de la fórmula de porcentajes de sólidos nos muestra que la pulpa que está en el canalón tiene 62 % de agua y 38 % de grava aurífera, siendo importante mencionar que es un porcentaje muy alto de sólidos para un canalón, lo recomendable es entre 10 % y 20 %.

Granulometría: La granulometría del material influye en la eficiencia de los procesos ya que, al existir diferentes métodos de extracción y recuperación de oro aluvial, como el lavado con agua o la separación gravimétrica, que se basan en la diferencia de densidad entre el oro y los otros materiales presentes. Para evaluar el material se lo comparo con SUCS, con la finalidad de determinar en qué cantidades existen finos y gruesos y como estos influyen en el proceso de lavado del material.

En este contexto se tiene los siguientes resultados:

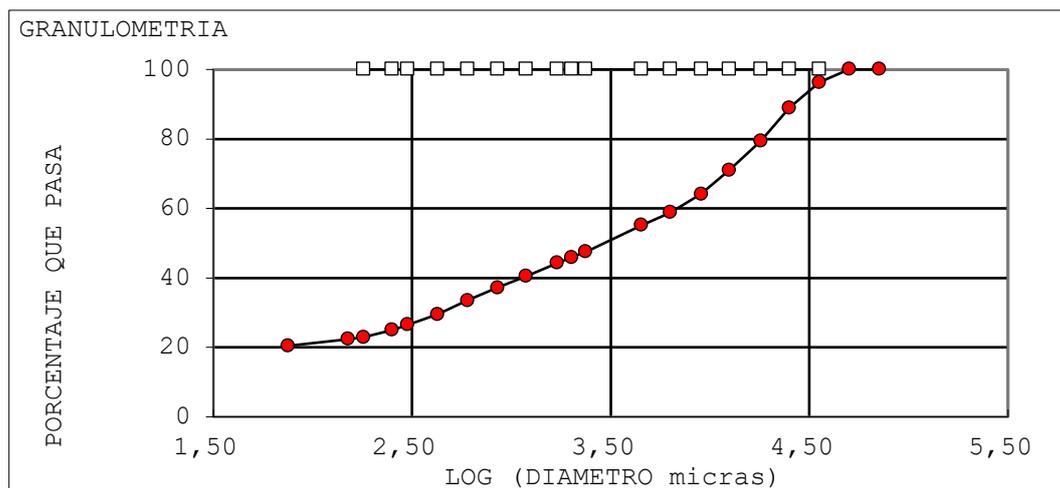
- **Muestra C1M1501417:** Al presentar $\geq 50\%$ de fracción gruesa que pasa el tamiz n.º 4 el material corresponde a una arena y más del 12% pasa por el tamiz n.º200, lo que significa mayor cantidad de finos (Ver Tabla 3).

Tabla 4. Resultados de granulometría de la Muestra C1M1501417

MALLA No.	MASA RET. PARCIAL (gr)	MASA RET. ACUMULADA (gr)	% RET.	% PASA	% PASA CORREG.	% RET.AC
3"	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00
1 ½"	199.80	199.80	3.70	96.30	96.30	3.70
1"	397.60	597.40	11.06	88.94	88.94	11.06
¾"	511.70	1,109.10	20.54	79.46	79.46	20.54
½"	456.20	1,565.30	28.99	71.01	71.01	28.99
3/8"	374.30	1,939.60	35.92	64.08	64.08	35.92
¼"	285.20	2,224.80	41.20	58.80	58.80	41.20
<u>#4</u>	<u>196.40</u>	<u>2,421.20</u>	<u>44.84</u>	<u>55.16</u>	<u>55.16</u>	<u>44.84</u>
PASA # 4	2,978.80	2,978.80	55.16			
SUMAN	5,400	5,400	100			
PESO	2978.80	w% =	0.00	P.	2978.80	
HUM=				SECO=		
#8	415.50	415.50	13.95	86.05	47.47	52.53
#10	99.80	99.80	3.35	96.65	45.88	54.12
#12	102.80	102.80	3.45	96.55	44.29	55.71
#16	258.10	258.10	8.66	91.34	40.46	59.54
#20	245.30	245.30	8.23	91.77	37.13	62.87
#30	290.90	290.90	9.77	90.23	33.50	66.50
#40	355.80	355.80	11.94	88.06	29.50	70.50
#50	306.40	306.40	10.29	89.71	26.46	73.54
#60	169.10	169.10	5.68	94.32	24.96	75.04
#80	249.20	249.20	8.37	91.63	22.87	77.13
#100	67.50	67.50	2.27	97.73	22.36	77.64
#200	257.00	257.00	8.63	91.37	20.43	79.57
pasante del 200	101.00	101.00	3.39	96.61	19.73	80.27
SUMAN	2918.40	350.20	11.76			

La curva granulométrica se representa en la siguiente Figura 26.

Figura 26. Curva granulométrica de la Muestra C1M1501417



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

- **Muestra C2M2501417:** Al pasar < 50% de la fracción gruesa que pasa el tamiz n.º 4 (4.75 mm), el material corresponde a una grava con más de 12% de finos pasantes del tamiz n.º 200 (Ver Tabla 4).

Tabla 5. Resultados de granulometría de la Muestra C2M2501417

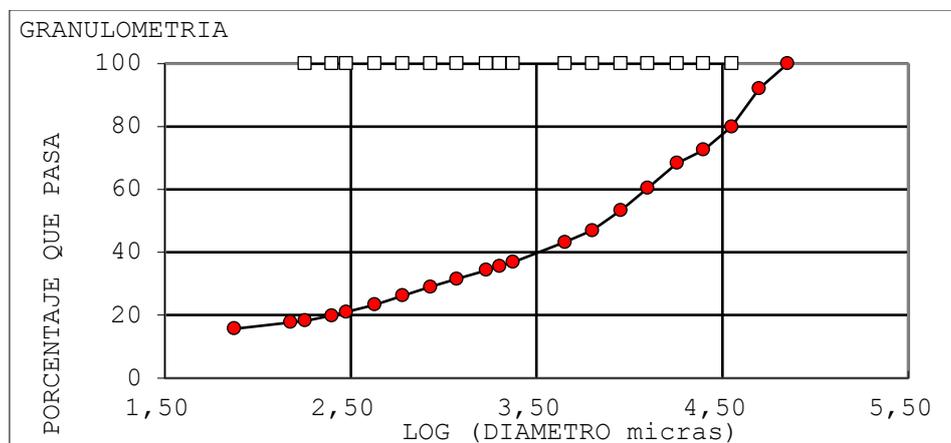
MALLA No.	MASA RET. PARCIAL (gr)	MASA RET. ACUMULADA (gr)	% RET.	% PASA	% PASA CORREG.	% RET.AC
3"	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00
2"	425.70	425.70	7.88	92.12	92.12	7.88
1 ½"	656.60	1,082.30	20.04	79.96	79.96	20.04
1"	400.50	1,482.80	27.46	72.54	72.54	27.46
¾"	227.80	1,710.60	31.68	68.32	68.32	31.68
½"	429.40	2,140.00	39.63	60.37	60.37	39.63
3/8"	378.20	2,518.20	46.63	53.37	53.37	46.63
¼"	347.00	2,865.20	53.06	46.94	46.94	53.06
#4	202.30	3,067.50	56.81	43.19	43.19	56.81
PASA # 4	2,758.20	2,758.20	51.08			
SUMAN	5,400	5,826	108			
PESO HUM=	2758.20	w% =	0.00	P.SECO=	2758.20	
#8	405.80	405.80	14.71	85.29	36.84	63.16
#10	90.40	90.40	3.28	96.72	35.63	64.37
#12	97.30	97.30	3.53	96.47	34.38	65.62
#16	228.80	228.80	8.30	91.70	31.52	68.48
#20	219.50	219.50	7.96	92.04	29.01	70.99

#30	264.00	264.00	9.57	90.43	26.24	73.76
#40	308.00	308.00	11.17	88.83	23.31	76.69
#50	265.70	265.70	9.63	90.37	21.06	78.94
#60	151.80	151.80	5.50	94.50	19.90	80.10
#80	230.40	230.40	8.35	91.65	18.24	81.76
#100	78.80	78.80	2.86	97.14	17.72	82.28
#200	313.80	313.80	11.38	88.62	15.70	84.30
pasante del 200	158.40	158.40	5.74	94.26	14.80	85.20
SUMAN	2812.70	388.80	14.10			

Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

La curva granulométrica se representa en la siguiente Figura 27.

Figura 27. Curva granulométrica de la Muestra C2M2501417



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

6.3. Variables que intervienen en el proceso de recuperación gravimétrica

6.3.1. Características del oro aluvial: Forma y tamaño

Según (Acosta & Feijoo, 2020), de las nueve plantas existentes en la provincia de Zamora Chinchipe (Ver Tabla 5) cinco de éstas presentan un porcentaje mayor al 60% oro fino en el material alimentado a la zeta mientras que dos presentan resultados con mayor fracción de oro grueso y una presenta alrededor de la mitad de fino y grueso.

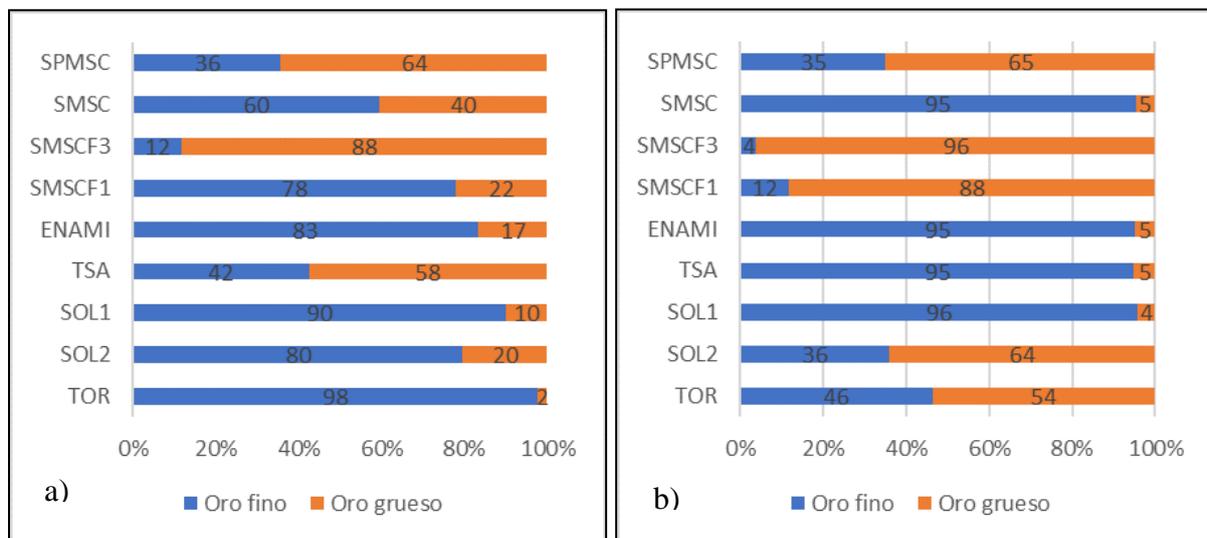
Tabla 6. Plantas procesadoras In Situ para la recuperación de oro secundario

Planta	Código
Sociedad pequeños mineros de San Carlos	SPMSC
Sociedad minera de San Carlos	SMSC
Sociedad minera de San Carlos Frente 3	SMSCF3
ENAMI EP	ENAMI
Tsamaraint	TSA
Solórzano 1	SOL 1
Solórzano 2	SOL 2
Torres	TOR

Fuente: Adaptado de (Acosta & Feijoo, 2020)

El área de estudio se encuentra contigua a la Sociedad pequeños mineros de San Carlos; como se puede observar en la siguiente Figura 28, está compuesta por un 36% de oro fino y 64% oro grueso.

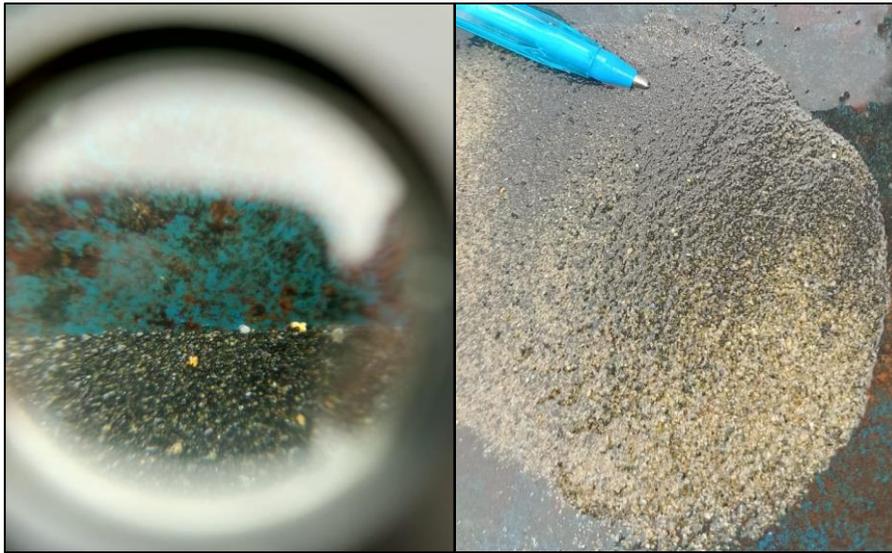
Figura 28. a) Porcentaje de oro en fracciones en el material alimentado a la zeta; b) Porcentaje de oro en fracciones en el material descargado del concentrador tipo zeta.



Fuente: Adaptado de (Acosta & Feijoo, 2020)

➤ **Forma y tamaño:** Esta característica va influir directamente en el tiempo de lavado requiriendo de mayor tiempo para los finos, en este caso el oro presenta una forma laminar lo que se deduce su poco arrastre y transporte como se muestra en la Figura 29.

Figura 29. Forma y tamaño del oro



Fuente: Elaborado por La Autora, (2023)

6.3.2. Caudal (Q):

El caudal de agua es un parámetro indispensable en la recuperación de oro aluvial, es por ello que actualmente se utiliza una bomba con las siguientes características:

- Potencia 10 HP
- Diámetro entrada / salida: 4 Pulg.
- Elevación de la bomba: 31 mts.
- Max. Cabeza de succión: 7 mts.
- Max. Capacidad: 96 m³/h

La presión de la bomba se dividirá en 2: La primera será empleada por medio de un trabajo manual de un hombre con una manguera de 3 pulgadas la cual tendrá una fluidez de 294 m³/h, una velocidad de 1800 RPM, con un caudal del 50% de la presión. En un segundo momento se utilizará seis chisperos del flautín que tienen, dos en forma horizontal y cuatro verticales que recibe el 50% restante de la presión, lo que permitirá una mejor disgregación y lavado de la grava para la recuperación del oro, estos corresponden a un agujero de máximos dos milímetros para que el agua salga con una alta presión.

Tienen implementado a la sección de lavado dos mangueras de 3" cada una, por lo tanto, el agua que fluye para el lavado del material es de 6" en total.

6.3.3. Coeficiente de esponjamiento de la grava

Según Yepes, (2019), el coeficiente es el cociente entre el volumen que ocupa el material en el banco y el volumen que ocupa el material suelto, para determinar este coeficiente se utilizó la siguiente tabla, en la que la densidad de la grava húmeda es de 2.26 t/m³.

Tabla 7. Densidad y coeficiente de esponjamiento

MATERIAL		gB(t/m ³)	FW
CALIZA		2.61	0.59
ARCILLA	Estado Natural	2.02	0.83
	Seca	1.84	0.81
	Húmeda	2.08	0.8
ARCILLA Y GRAVA	Seca	1.66	0.86
	Húmeda	1.84	0.84
ROCA ALTERADA	75% Roca-25% Tierra	2.79	0.7
	50% Roca-50% Tierra	2.28	0.75
	25% Roca-75% Tierra	1.06	0.8
TIERRA	Seca	1.9	0.8
	Húmeda	2.02	0.79
	Barro	1.54	0.81
GRANITO		2.73	0.61
FRAGMENTADO			
<u>GRAVA</u>	<u>Natural</u>	<u>2.17</u>	<u>0.89</u>
	<u>Seca De 6 A 50 Mm.</u>	<u>1.9</u>	<u>0.89</u>
	<u>Húmeda De 6 A 50 Mm.</u>	<u>2.26</u>	<u>0.89</u>
ARENA Y ARCILLA		2.02	0.79
YESO FRAGMENTADO		3.17	0.57
ARENISCA		2.52	0.6
ARENA	Seca	1.6	0.89
	Húmeda	1.9	0.89
	Empapada	2.08	0.89
TIERRA Y GRAVA	Seca	1.93	0.89
	Húmeda	2.23	0.91
TIERRA VEGETAL		1.37	0.69

Fuente: Yepes, (2019)

6.3.4. Criterio de concentración (Cc)

En esta práctica el Cc debe ser mayor a 2.5, para que se produzca la separación por diferencia de densidades, el mismo se lo obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$CC = \frac{Pp - Pf}{Pl - Pf} = \frac{19.32 - 2.26}{2.26 - 1.03} = 13.87$$

Donde:

Pp= Densidad del mineral pesado

Pl= Densidad del mineral ligero

Pf= Densidad del fluido o pulpa

En este contexto se determinó el criterio de concentración es de 13.87 superando a 2.5, por lo que la recuperación gravimétrica es efectiva.

6.4. Propuesta al proceso de recuperación

Luego de la identificación y caracterización de los procesos para la obtención del mineral Oro, sobre el escenario actual en la zona de estudio, es que utilizan la criba fija tipo Z, en las que implementan canalones con cobijas para capturar el oro; ante esta situación surge la necesidad de realizar la propuesta para la optimización en la recuperación del Oro mediante el uso de concentradores gravimétrico tipo Z, para ello se han analizado algunos parámetros técnicos de la clasificadora; tales como: ángulos de inclinación, distancias de los planos en canalones, caudal del agua, tipo de rejillas, tipo de material para capturar el oro libre.

6.4.1. Criba vibratoria

Con la finalidad de clasificar el material (finos y gruesos) se propone la implementación de una criba vibratoria antes de la tolva, que permite clasificar de mejor manera el material, mejorar el lavado, aumentar la producción, y optimizar el tiempo en la caja de retención del mineral.

Figura 30. Criba vibratoria

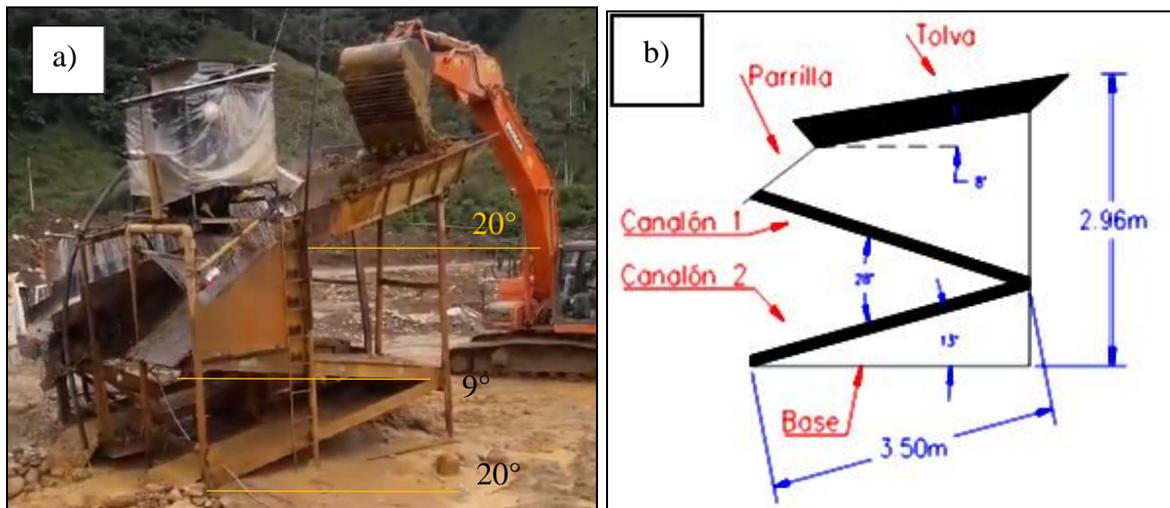


Fuente: Vibra Screener, (2014)

6.4.2. Ángulo de inclinación

La clasificadora Z, con las dimensiones de 2.96 m de alto y 3.50 m de ancho, en la que se ha determinado que actualmente el ángulo de inclinación de la primera plataforma es de 20° , la segunda es de 9° y la tercera es de 20° como se observa en la Figura 31. Es por ello que se experimentó con tres ángulos 3, 6, 9 y 12 grados en la segunda plataforma, debido a que se observó saturación de arena lo que provoca que el oro se deslice sobre de la superficie de las mismas.

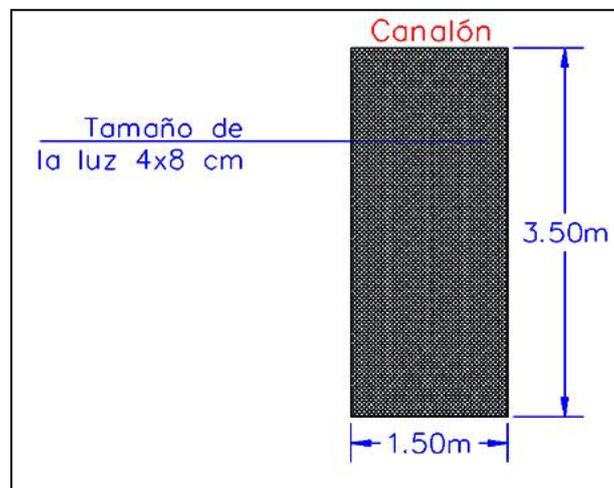
Figura 31. a) Clasificador tipo Z; b) medidas de la clasificadora



Fuente. Elaborado por La Autora, (2023) & Acosta & Feijoo, (2020)

Las medidas de los canalones son las siguientes:

Figura 32. Medidas de los canalones



Fuente. Recuperado de Acosta & Feijoo, (2020)

En la tabla 7, se resume los resultados de los en ensayos experimentales con la variación del ángulo, en el que 12° de la segunda plataforma de la clasificadora Z, a esta medida existe un mayor porcentaje de concentración.

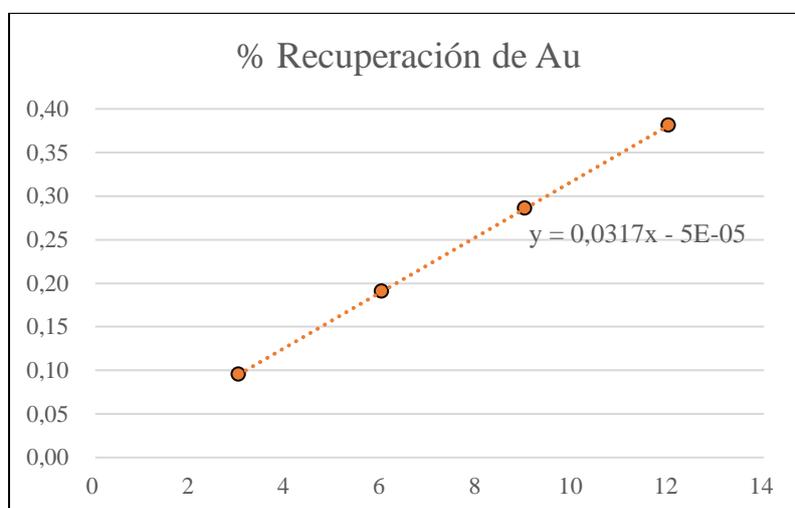
Tabla 8. Comparación de porcentajes de recuperación y ángulo de inclinación

% de recuperación	Ángulo de inclinación
38.09 %	12°
28.57 %	9°
19.04%	6°
9.52%	3°

Fuente. Elaborado por La Autora, (2023)

De manera gráfica se mencionan los resultados en la siguiente Figura 33.

Figura 33. Recuperación de Au con respecto al ángulo de inclinación



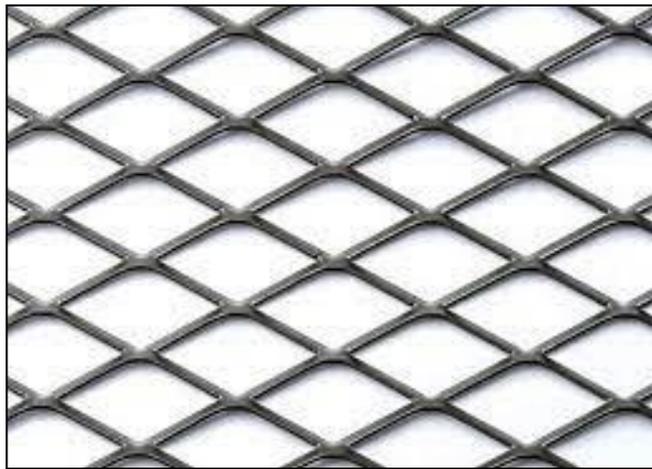
Fuente. Elaborado por La Autora, (2023)

6.4.3. Materiales de retención

Con materiales de retención se hace referencia a aquellos que permiten capturar el oro, como lo son las rejillas y las alfombras, en este apartado se analizaron las mejores opciones.

6.4.3.1. Rejillas: Se propone la implementación de rejillas metálica expandida en forma de rombos, estas se cruzan unas a otras en forma transversal y longitudinal de manera que forman una cuadrícula de acero flexible, las varillas están soldadas en los puntos de intersección, su soldadura evita que se rompa al ser cortada o manipulada. Estas se colocan sobre los niveles de la clasificadora Z y cumple con la función de sostener la alfombra para que estas no se deslicen y a su vez genera el flujo turbulento en conjunto con el agua para que el material se lavado.

Figura 34. Rejilla metálica expandida



Fuente. Adelca / Construx, (2023)

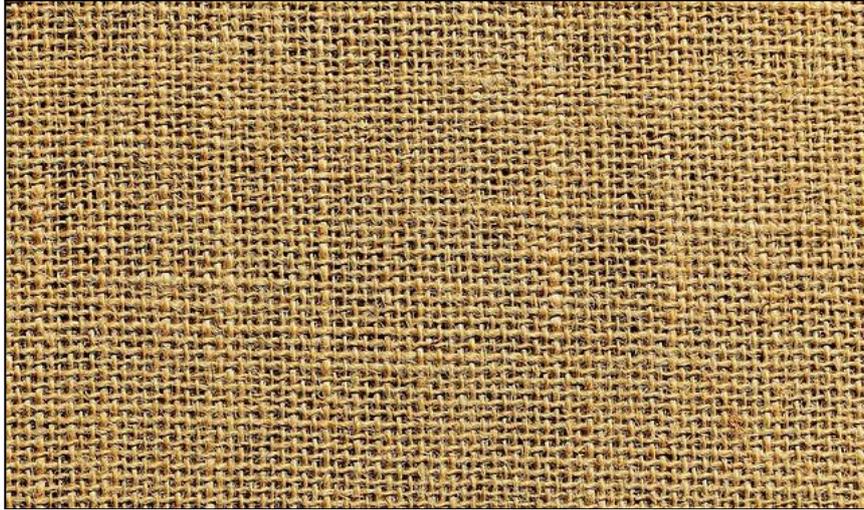
6.4.3.2. Alfombras: En lugar de las cobijas se propone utilizar los conocidos sacos de yute o también una alfombra de fibra sintética que se utiliza en gran cantidad en el Ecuador.

- **Sacos de yute:** Es extraído de la corteza de la planta del yute blanco y, en menor cantidad, del yute rojo. Es una fibra natural con un brillo sedoso dorado, llamada por eso mismo fibra dorada (FAO, 2023).

Según Armijos, (2023) en minería aluvial el yute es una técnica económica y bastante conocida, debido a que su entramado permite la retención del material grueso en las rejillas (Ver Figura 34), de este material, lo cual permite la sedimentación del oro grueso durante su trayecto por los canalones aumentando la recuperación en un 78%.

Adicionalmente, la fibra de yute es un material 100% biodegradable, reciclable e inocua para el medio ambiente, por lo que es una opción bastante asequible.

Figura 35. Yute



Fuente. Alexas, (2017)

- **Alfombra sintética:** En la actualidad gracias a la tecnología, se han desarrollado materiales sintéticos que pretenden mejorar la productividad de las actividades mineras. Uno de ellos es la alfombra sintética con filamentos que forman huecos para atrapar el oro que se desliza por los canalones como se observa en la Figura 36.

Figura 36. Alfombra sintética



Fuente. Bateas de Oro, (2023)

Considerando la implementación de estos elementos, es posible aumentar la recuperación en un 90 % lo que equivale a una recuperación de 0.126 gr/m³, como se muestra a continuación:

$$Recuperación\ total = \frac{Tenor * Porcentaje\ obtenido\%}{100\%} = \frac{0.14 * 90\%}{100\%} = 0.126\text{gr}/\text{m}^3$$

6.4.4. Tiempo de retención

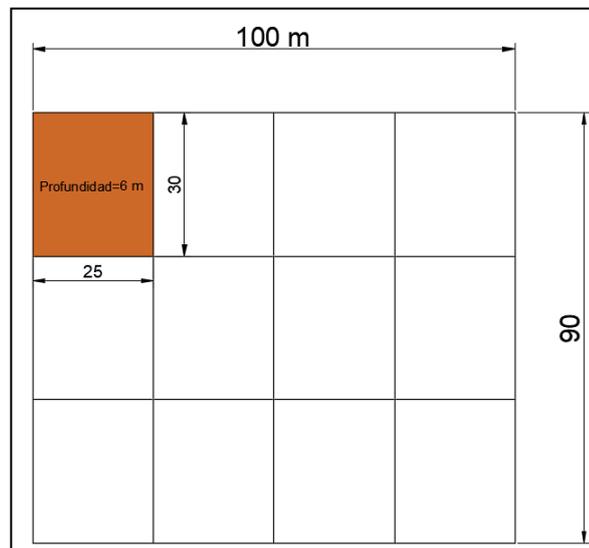
Este tiempo corresponde al tiempo retenido en los canalones antes del lavado de las alfombras, este tiempo se ha determinado de la siguiente manera:

Se tiene un banco de explotación de las siguientes medidas: 30 m de alto, 25 de ancho y profundidad 6m, correspondiendo a un volumen total de 4500 m³, como se observa en la Figura 37, posteriormente con el uso de una volqueta de 12 m³ se realizará el traslado de 20 volquetadas hacia la clasificadora tipo z, en el tiempo de 24 horas, procesando alrededor de 480 m³/día.

Para procesar este material existe un tiempo de 24 horas, en el que según las mediciones directas la retroexcavadora coloca 3m³ por minuto en la tolva. En este contexto se ha determinado la recuperación que va a existir por banco es:

$$Rb = \frac{Vol\ final * tenor}{Vol\ inicial} = \frac{4500\text{m}^3 * 0.126\text{ gr}/\text{Tn}^3}{3\text{ m}^3} = 189\text{ gr de Au}$$

Figura 37. Bancos de explotación



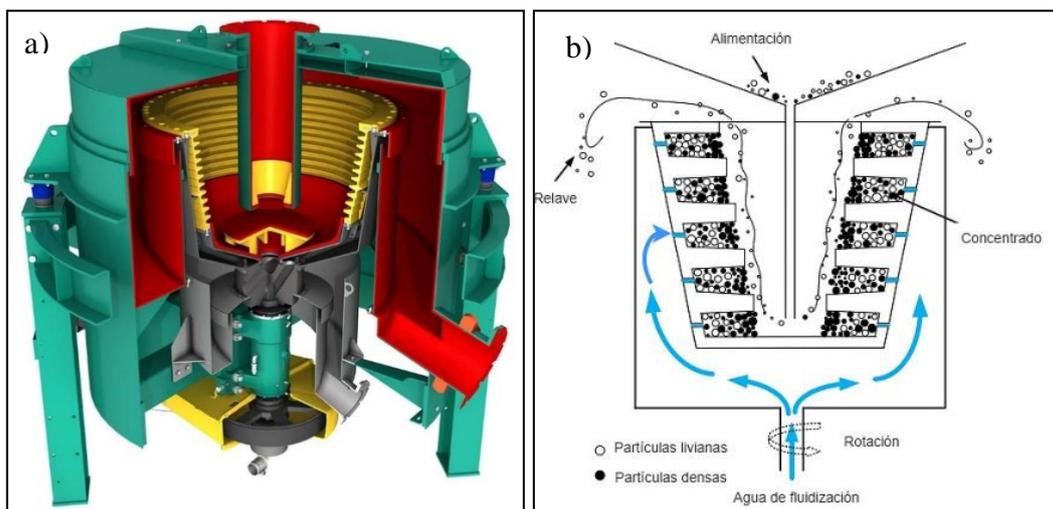
Fuente. Elaborado por La Autora, (2023)

6.5. Concentradores gravimétricos

Se propone utilizar un concentrador centrífugo, para el material proveniente de la tercera plataforma concerniente a la arena fina equivalente, con el fin de mejorar la recuperación se puede utilizar un concentrador gravimétrico, el cual es un equipo que sirve para concentrar minerales pesados por su diferencia de peso específico.

El oro fino es el más difícil de recuperar al existir un 36% y en concentrador tiene una eficiencia de 82.92% que equivale a una recuperación de 0.04 gr/m³ logrando recuperar el 80% de oro fino, mismo que puede ser aprovechado por lo que se propone el uso de un concentrador gravimétrico Knelson, como se puede observar en a Figura 38, la alimentación ingresa por la parte superior del equipo las partículas más densas en este caso el oro son lanzadas contra las paredes del cono y quedan atrapadas en los rifles, mientras que las menos densas son arrastradas por el agua hacia parte inferior del equipo este producto comúnmente se lo conoce como relave.

Figura 38. a) Concentrador Knelson; b) esquema de fluidización del concentrador



Fuente. Nuevo Cono Concentrador Knelson GX de FLSmidth - Minería Pan-Americana, (2021) y Chen, Yan, Tong, Liu, et al., (2020), como se citó en Toapanta, (2022)

En el Anexo 3, se encuentran descritas las especificaciones técnicas del concentrador gravimétrico.

Requerimientos para implementar un concentrador K Nelson

- Solamente se puede trabajar con arena fina
- Caudal de agua estable
- El recolectado y lavado de oro debe ser cada cierto tiempo ya que se satura de arena y se transfiere al relave

7. Discusión

Considerando que en los depósitos de placer el oro se encuentra en estado libre, la recuperación gravimétrica indispensable para el beneficio de este mineral. Este proceso se puede llevar a cabo de distintas maneras, sin embargo, para este trabajo se utiliza la clasificadora tipo Z, que es un tipo de planta con canalones dispuesto en forma de “Z”, en donde se ubica una tolva para colocar la grava en la que por efecto de la gravedad y del agua se lava quedando atrapado el oro en los canalones.

Luego de realizado el análisis físico químico y mineralógico se determinó que el problema radica en el ángulo de inclinación y en el tipo de material de retención, de esta manera se brinda una propuesta integral al método de beneficio, logrando optimizar el proceso a través de mejoras a la clasificadora y se otorgó una alternativa al tratamiento del oro fino, aumentando la recuperación de 28.57 % a un 90%, recuperando 0.08 gr/m³ de oro grueso y 0.04 gr/m³ de oro fino.

Con respecto al ángulo de inclinación de la clasificadora tipo Z, se ha considerado una variación de 5 a 15° con respecto a la horizontal, en el cual el 12° tiene una recuperación de 38.09 % del mismo modo, Japa & Sanango, (2022) en su estudio “Recuperación de minerales mediante la utilización de un concentrador gravimétrico tipo Z” en el que se realizó una escala guía de la clasificadora con material mineralizado con sílice y magnetita determinando que a 17° el equipo logra una concentración máxima del 90% de oro aluvial lo que refiere que el equipo es factible y rentable para su uso en concentración gravimétrica de minerales.

En relación al tipo de material atrapante actualmente se utiliza cobijas, lo que disminuye la recuperación significativamente, es por ello que se propone dos tipos: alfombra sintética y yute, que pretenden elevar la recuperación en un 90%, así pues, Acosta & Feijoo, (2020), en su estudio “Recuperación de oro mediante concentración gravimétrica utilizando concentradores tipo Z en el distrito minero Zamora-Ecuador”, señalan que fibras de yute que se colocan en la parte inferior, permite la sedimentación del material pesado durante su trayecto por los canalones, así mismo, indican que el tipo de alfombras debería contar con rizos para que el oro se atrape fácilmente.

Concerniente a la recuperación de finos que actualmente posee un porcentaje de 36%, se propone la utilización de un concentrador Knelson que es capaz de recuperar el 82.5%, al compararlo con el concentrador gravimétrico iCON i350 mencionado por Samaniego & Rueda, que logra aumentar un 10% de la producción total, se podría deducir que cualquier opción estaría cumpliendo con el objetivo de recuperar finos.

8. Conclusiones

- El área minera San Andrés Código: 501417, actualmente realiza explotación de terrazas aluviales en el Río Nambija, para extraer el material se preparan bancos descendentes con una máquina retroexcavadora CAT-32 con capacidad de 1m^3 se procesan 30 metros de largo, 25 metros de ancho y una profundidad de 6 metros, en la fase de beneficio se procesan alrededor de $480\text{ m}^3/\text{día}$ de grava aurífera, con el uso de una clasificadora tipo Z, en la que para atrapar el oro se utilizan cobijas y rejillas rectangulares.
- El análisis granulométrico se determinó que existe arenas con un porcentaje pasante de 55,16% del tamiz # 4 y grava con un porcentaje 43.19% pasante del tamiz #4, asimismo se determinó la densidad de la pulpa de $1.03\text{ Ton}/\text{m}^3$, la de la grava de $2.26\text{ Ton}/\text{m}^3$ y el coeficiente de esponjamiento de 0.89, con ello se puede deducir la presencia de oro fino y oro grueso en material.
- Las variables consideradas para proceso de recuperación fueron: características del oro aluvial en las que se determinó un oro en forma laminar con un porcentaje de 64% de gruesos que equivale a $0.09\text{ gr}/\text{m}^3$ y 36% de finos que equivale a $0.05\% \text{ gr}/\text{m}^3$. Adicionalmente se adoptará la bomba que se dividirá en dos secciones: La primera será empleada por medio de un trabajo manual de un hombre con una manguera de 3 pulgadas la cual tendrá una fluidez de $294\text{ m}^3/\text{h}$, una velocidad de 1800 RPM, con un caudal del 50% de la presión. Continuará con un segundo momento, se implementará seis chisperos del flautín, dos en forma horizontal y cuatro verticales que recibe el 50% restante de la presión, lo que permitirá una mejor disgregación y lavado de la grava para la recuperación del oro.
- En la propuesta al proceso de recuperación se estableció el ángulo de inclinación en 12° aumentado una recuperación en 38.09 %, así mismo se determinó el cambio de rejillas metálica expandida y el tipo de material atrapante en sacos de yute y alfombra sintética distribuidos en las plataformas aquí permanecerá 24 horas hasta el lavado, con ello se aumentará hasta en un 78% la recuperación. Finalmente, para el tratamiento de oro fino se propone implementar un concentrador Knelson aumentando la recuperación a un 90%.

9. Recomendaciones

- Para el beneficio del oro fino perdido en el residuo de los concentradores gravimétricos se recomienda continuar con la investigación sobre la utilización de concentradores centrífugos para la recuperación del oro no aprovechado.
- Se recomienda realizar un estudio de tratamiento de aguas a fin de lograr recircular la mayor cantidad y mejorar su calidad, con ello se asegura un mejor proceso libre impurezas del circuito anterior.
- Es factible que el titular minero ejecute un estudio geológico con los análisis correspondientes para determinar las reservas probadas para determinar el valor verdadero del yacimiento.
- Aplicar lo establecido en el presente trabajo de manera especial en el tipo de alfombra para recuperar mayor porcentaje de oro, de igual manera considerar la inversión de un concentrador gravimétrico Knelson.
- El presente método es el más factible y amigable con el ambiente, debido a que no necesita otro tipo de beneficio como lo es el de amalgamación (mercurio), que es altamente perjudicial para el medio, por lo se recomienda la implementación de este método.

10. Bibliografía

- Apaza Quinta Y. E. (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.
- Aristizabal Gil V. M. (1988). Formación de placeres aluviales de oro y guías para su prospección. Escuela de Ingeniería de Antioquía. Medellín-Colombia.
- Burt, R. (1984). Gravity Concentration Technology. Elsevier B.V.
- Brewis, T. (1995).
- Cruz Coke L. (1939) La industrialización de placeres auríferos como un importante factor del fomento de la producción. *Anales Del Instituto De Ingenieros De Chile*, (12). Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/bcentralcfm,+Journal+manager,+35453-121808-1-CE.pdf>
- De Barrio R., Rogelio A. y Santamaría L. (2016). Depósitos detríticos tipo placer de los cañadores beta y torugas, isla grande de la tierra de fuego, Argentina.
- DECENT (2021). Cuáles son los métodos de beneficio de mineral de oro.
- Dufresne A. (2023) ¿Cómo trabajan los concentradores en espiral? Multotec. Disponible en: <https://www.multotec.com/en/news-articles/como-trabajan-los-concentradores-en-espiral>
- Feijoo Loayza C. (2020). Recuperación de oro mediante concentración gravimétrica utilizando concentradores tipo z en el distrito minero Zamora-Ecuador. Instituto de Investigación Geológico y Energético. Quito-Ecuador.
- Japa Suquilanda J.P. y Zanango Zaruma H. L. (2022). Recuperación de minerales mediante la utilización de un concentrador gravimétrico tipo Z. Universidad del Azuay. Cuenca-Ecuador.
- Ospina Alarcón M. A. (2014). Modelamiento de la hidrodinámica de la separación gravimétrica de minerales en jigs. Universidad Nacional de Colombia. Medellín-Colombia.
- Servicio Geológico Mexicano (2017) Clasificación de yacimientos minerales. Gobierno de México. Disponible en: https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Clasificacion-de-yacimientos-minerales.html

Vega. G. (2015). Cómo se forman los yacimientos de oro. Revista Digital CMC. Metales Preciosos. Valladolid- España. Disponible en: <https://www.metalesdeinversioncmc.com/2015/05/27/como-se-forman-los-yacimientos-de-oro/>

Viladevall Solé M. (2004) La prospección de los placeres de oro y otros minerales densos.

Zhunio Morocho J. A. (2017) Evaluación de reservas, estudio de pre factibilidad económica y diseño de explotación de un depósito aluvial. Universidad del Azuay. Cuenca-Ecuador. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7542/1/13424.pdf>

<https://prezi.com/flgzdyea-kuh/metodos-de-concentracion-gravimeticas/>

11. Anexos

Anexo 1. Ficha de campo caracterización actividades actuales

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES ACTUALES			
Coordenadas	X: 739800 Y: 9560800		Z:
Datum:	PSAD 56.	Estado	Activo
Código:	501417.	Titular Minero	René Penaloza.
Propietario del terreno		Control operacional	
Realizado por:	Maritza Domínguez		
Método de explotación	Cielo Abierto.	Forma de yacimiento	Terrazas Aluviales.
Observaciones	Se apertura una hinchea de 50m x 30m.		
Sistema de explotación	EXTRACCIÓN DEL MATERIAL banco de forma descendente; 25m de largo y 7m. de ancho; 5m de profundidad		
	ARRANQUE Y TRANSPORTE		
Maquinaria	Extravadora Capacidad 1m ³	Capacidad	1m ³ .
Personal Requerido	1	Tiempo	—
Observaciones			
	CLASIFICACIÓN		
Maquinaria	Toma y Clasificadora "2"	Tamaño de grava fina.	3/4".
Dimensiones de la Z		Caudal de agua	
	ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS		
Escombreras	Se ubica cerca del banco (al borde) vegetal		
Piscinas de sedimentación	2 Solas piscinas de Sedimentación.		
Observaciones	Hay 2 escombreras de capa vegetal y de material. Este último, esta última heilena los anteriores para permitir el acceso.		

Nota: Considerar en el trabajo, piscinas de Decantación y clarificación.

Fuente: Elaborador por La Autora, (2023)

Anexo 2. Ficha de campo caracterización geológica

DESCRIPCIÓN DE LITOLOGÍAS					
1. INFORMACIÓN GENERAL					
Realizado por	Maritza Domínguez			Nro	1
Fecha	10 de junio del 2023.			Ubicación	Aldama.
2. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA					
Tipo de roca	Aluviales.				
Color	grauvaca, gris; blancas.			Textura	
Mineralogía					
Grado de meteorización	Sana (x)	Algo meteorizada ()	Moderadamente Meteorizada ()	Muy Meteorizado ()	Completamente Meteorizada ()
Hidrogeología	Sin presencia de agua ()	Seco (con señales de agua ()	Húmedo ()	Goteo ()	Flujo ()
Descripción	Material proveniente de terrazas aluviales; contiene lentos de rrs. Éneas y metamórficas.				
Fotografía					

Fuente: Elaborador por La Autora, (2023)

Anexo 3. Especificaciones técnicas concentrador knelson

Especificaciones técnicas del concentrador centrífugo

Modelo	STLB20	STLB30	STLB60	STLB80	STLB100
Capacidad de alimentación (T/h)	0-0.6	2-3	8-12	40-45	80-120
Agua de fluidización requerida (m3/h)	2-3	3-5	7-10	30-36	60-80
Agua de lodo requerida (m3/h)	1.5-4	5-7	8-12	40-45	70-100
Densidad de alimentación (porcentaje)	0-50	0-50	0-50	0-50	0-50
Tamaño de alimentación (mm)	0-1	0-3	0-5	0-5	0-6
Ciclo de limpieza de concentración	Veta de oro 1-3 Horas Placer de oro:2-6 Horas				
Peso concentrado (Kg)	2	3-5	10-20	40-50	70-85
Requisitos de potencia (Kw)	0.75	1.5	4	11	18.5
Peso aproximado de envío (Kg)	205	380	1100	2300	3200
Dimensiones aproximadas (mm)	914×700×900	1160×885×1165	1926×1320×1721	2535×2032×1981	2849×2129×2411



Fuente: Well-Tech, (2023)

Anexo 4. Certificación de traducción del resumen.

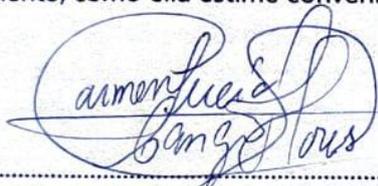
CERTIFICACION DE TRADUCCION

Yo, Carmen Lucía Cango Flores, con título de Dra. Ciencias de la Educación, mención Planificación y Currículo registro Nro. 1031-03-347979 .

CERTIFICO:

Que el resumen de : **“ Optimización en la recuperación de oro, mediante concentración gravimétrica, con el uso de concentradores tipo z, en el Área Minera “San Andrés ”, Código: 501417, ubicada en el sector Namirez, parroquia Cumbaratza, cantón Zamora de la provincia de Zamora Chinchipe ”**, de autoría de Maritza Lorena Domínguez Moreno, con número de cédula 1104336142, es fiel traducción al idioma Inglés a mí saber y entender.

Lo certifico en honor a la verdad autorizando a la interesada hacer uso del presente documento, como ella estime conveniente.



.....
Dra. Carmen Lucía Cango Flores

Cdla.: 1102624259