

**MEJORAMIENTO Y MONITOREO DEL MÉTODO DE LIXIVIACIÓN DE
ORO Y PLATA POR CIANURACIÓN EN LA EMPRESA MINEROS DEL
CARIBONA (MINECAR) GOLD S.A.S –MONTECRISTO BOLÍVAR**

AMANDA ISABEL ARIZA VÁSQUEZ

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL, CIVIL Y QUÍMICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, diciembre de 2022

**MEJORAMIENTO Y MONITOREO DEL MÉTODO DE LIXIVIACIÓN
DE ORO Y PLATA POR CIANURACIÓN EN LA EMPRESA MINEROS
DEL CARIBONA (MINECAR) GOLD S.A.S –MONTECRISTO BOLÍVAR**

AMANDA ISABEL ARIZA VÁSQUEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO QUÍMICO**

Director: Ing. químico, MSc. ALEXANDER LUNA CORTES

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL, CIVIL Y QUÍMICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

Pamplona, diciembre de 2022

Dedicatoria

Mi proyecto de grado en este día quiero dedicárselo primeramente a Dios que siempre ha sido mi guía en todo mi recorrido en la Universidad, a mis padres y mis hermanas que fueron mi apoyo y me motivaban a no desfallecer. A mi compañero de vida por estar incondicionalmente, darme fuerzas para creer cada día más en mí y brindarme su apoyo para llegar hasta este momento. Esto es para ustedes y gracias a ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Universidad de Pamplona, nuestra alma mater, gracias por abrirme las puertas de casa, a la ciudad de Pamplona Norte de Santander por todo el amor que me brindaste con ese frío que nos tenía en una constante lucha para asistir a nuestras clases cada mañana, la experiencia que he vivido en esta Universidad han sido las mejores, me siento orgullosa de ser estudiante UniPamplona.

A mis padres Jover Ariza Perea, Esmelda Vásquez Cuellar; y a toda mi familia por siempre creer en mí, ustedes han sido mi motor que impulsa mis sueños y deseos. Quienes a pesar de mis dificultades siempre estuvieron a mi lado aguantando y dándome ánimos cuando quería desfallecer. Hoy que culmino mis estudios, este logro es para ustedes, un logro más para mi vida.

Al Ingeniero Químico, MSc, Alexander Luna Cortes, por su paciencia, su acompañamiento y constancia en este proceso, sin sus virtudes este trabajo no hubiese sido lograrlo fácilmente, y a todos los docentes que hicieron parte de mi formación académica sus palabras fueron inteligentes, sus conocimientos implacables, a ustedes les debo mis conocimientos gracias por cada uno de sus consejos de sus palabras de aliento y sus orientaciones.

A la Empresa *MINECAR GOLD S.A.S* por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de grado con ellos, al Ingeniero Carlos Figueroa y a cada uno de los muchachos de la planta por su paciencia y acompañamiento en este proceso de aprendizaje, Gracias por cada uno de sus conocimientos aportados.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GENERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. MARCO TEORICO	15
3.1 Lixiviación	15
3.2 Lixiviación por agitación	15
3.3 Agentes lixiviantes	16
4. Antecedentes de la minería en Colombia	16
5. Normativa de Exploración y Explotación en la Minería	17
6. Normativa de Vertimientos y Reúso de Aguas Residuales.	17
7. Descripción de las etapas del proceso de beneficio para la separación de oro	17
7.1 Trituración primaria	17
7.2 Molienda	17
7.3 Remolienda	18
7.4 Concentración por flotación	18
7.5 Cianuración	19
7.6 Pruebas de laboratorio	19
8. Características fisicoquímicas del oro.	19
9. Características fisicoquímicas de la plata.	20
4. METODOLOGÍA	20

4.1 Descripción de las etapas del proceso de beneficio para la separación de oro	21
4.1.1 Revisión de la literatura.	21
4.1.2 Trituración.	21
4.1.3. Molienda.	21
4.1.4. Flotación.	22
4.1.5. Remolienda	23
4.1.6. Cianuración.	24
4.1.7. Precipitación.	25
4.1.8. Pruebas de laboratorio.	26
4.1.8.1 laboratorio 1: Secado y reducción de tamaño de las muestras.	26
4.1.8.2 laboratorio 2: Tostación, fundición, copelación y ataque ácido.	27
4.1.9. Fundición.	28
4.1.10. Tratamiento de aguas residuales.	28
☐ Pretratamiento	28
☐ Conducción mediante bombeo	28
☐ Inyección de químicos mediante bombas dosificadoras	29
☐ Floculación y sedimentación del floc (lodo)	30
☐ Aireación	30
☐ Ionizadores	31
☐ Filtros rápidos	31
☐ Lámparas UV	31
☐ Inyección de cloro	32
☐ Final	32
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
6. CONCLUSIONES	36

7. RECOMENDACIONES	36
8. REFERENCIAS	36
9. ANEXOS	38

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Variables de operación en la molienda	18
Tabla 2. Variables de operación en la flotación.....	18
Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas del oro.	19
Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas de la plata.	20
Tabla 5. Equipos para el control y mejoramiento para el proceso de separación de oro y plata.	38
Tabla 6. Reactivos usados en la planta de benéfico Para la separación de oro.....	39
Tabla 7. Ficha de seguridad de los reactivos.	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del balance en una unidad de extracción sólido-líquido.....	15
Figura 2. Lixiviación por agitación mecánica	16
Figura 3. Esquema del proceso de beneficio para la separación de oro.	21
Figura 4. Molino de bolas.....	23
Figura 5. Salida del molino.....	22
Figura 6. Celdas de flotación	23
Figura 7. tanque de almacenamiento de las salidas de las celdas de flotación.	23
Figura 8. Remolador.	24
Figura 9. Muestras de mina y cabeza molino.	26
Figura 10. muestra procesada en la trituradora de mandíbulas.....	28
Figura 11. Primer cuarteo de muestra.	27
Figura 12. Muestra procesada en la pulverizadora de discos.....	28
Figura 13. Segundo cuarteo de muestra.....	27
Figura 14. Muestra procesada en la pulverizadora de anillos.....	28
Figura 15. Muestra terminada.....	27
Figura 16. Desarenador.....	29
Figura 17. Pre filtro.....	28
Figura 18. Tablero de bombas.	29
Figura 19. Bomba de succión A1 Y B1.....	29
Figura 20. Tanques sedimentadores.....	30
Figura 21. Torre de aireación.....	30
Figura 22. Ionizadores.	31
Figura 23. Filtros rápidos.....	31
Figura 24. lámparas UV	32
Figura 25. Inyección de cloro.	32

Figura 26. Agua después del tratamiento.....	33
Figura 27. Toneladas diarias que se procesaron en el mes de Septiembre.	33
Figura 28. Cantidad gramos por cada tonelada diaria.	34
Figura 29. Recuperación en las colas de flotación.....	35
Figura 30. Comparación en unos de los tanques de producción antes y después de hacer las mejoras y llevar el monitoreo.	35

RESUMEN

El oro se encuentra de manera natural en vetas y existen diferentes métodos para su exploración y extracción, como lo es la amalgamación y la cianuración. En esta investigación se llevó a cabo el proceso de mejoramiento y monitoreo del método de lixiviación de oro y plata por cianuración en la empresa *Mineros del Caribona (MINECAR) Gold SAS*, primero se caracterizó la información mineralógica y geoquímica para realizar el proceso de lixiviación; El material que es extraído de la mina pasa a una tolva por medio de un malacate, de allí pasa a la etapa de trituración en donde se reduce el tamaño del material 1/6 de su tamaño inicial, seguidamente pasa a la etapa de molienda que se lleva a cabo en un molino de bolas, luego es procesada en la etapa de remolienda primaria para terminar de reducir su tamaño de acuerdo a la serie de tamices de Tyler, de allí es enviado a un Hidrociclón que clasifica el material que pasa a la etapa de flotación y el otro que pasa a la etapa de remolienda secundaria, después se procede con la cianuración y finalmente con la fundición. El mejoramiento se hizo a partir de una organización de los equipos implementando una pulverizadora de mandíbulas el cual asegura el tamaño ideal para molienda, también se llevó un monitoreo de control y calidad en todas las etapas, en donde se lixivia oro de mineral aurífero con un porcentaje de recuperación mayor al 95%, todo el proceso se lleva a cabo en vía húmeda y se aplica una recirculación de agua.

Palabras claves: Extracción Sólido-Líquido, Mineral aurífero, Recirculación, Recuperación, Sales oxidantes.

Abstract

Gold is found naturally in veins and there are different methods for its exploration and extraction, such as amalgamation and cyanidation. In this research, the process of improvement and monitoring of the gold and silver leaching method by cyanidation is carried out in the company *Mineros del Caribona (MINECAR) Gold SAS*, first the mineralogical and geochemical information is characterized to carry out the leaching process; The material that is extracted from the mine goes to a hopper by means of a winch, from there it goes to the crushing stage where the size of the material is reduced to 1/6 of its initial size, then it goes to the grinding stage that It is carried out in a ball mill, then it is processed in the primary grinding stage to finish reducing its size according to the series of Tyler sieves, from there it is sent to a Hydrocyclone that classifies the material that passes to the flotation stage and the other that goes to the secondary grinding stage, then proceeds with cyanidation and finally with the smelter. The improvement was made from an organization of the teams implementing a jaw pulverizer which ensures the ideal size for grinding, also a

control and quality monitoring was carried out in all stages, where gold is leached from auriferous ore with a recovery percentage greater than 95%, the entire process is carried out in a wet way and water recirculation is applied.

Key words: Solid-Liquid Extraction, Gold Ore, Recirculation, Recovery, Oxidizing Salts.

INTRODUCCIÓN

El oro (Au), un metal precioso y químicamente inerte, está en un estado importante en los artículos de lujo, la economía y la tecnología industrial debido a su color resplandeciente, alto costo, alta ductilidad y conductividad. Los principales procesos de la hidrometalurgia del oro se llevan a cabo por medio de un pretratamiento, extracción sólido- líquido y la purificación. (Zuo-wei Liu, Xue-yi Guo.2022).

En el año 2020 la producción anual de oro en Colombia fue de 47,6 toneladas ocupando así el cuarto puesto en América latina, siendo superado principalmente por países como México con una producción anual de 100 toneladas y Perú con una producción anual de 90 toneladas. (Agencia Nacional de Minería.2021).

Existen diferentes métodos para recuperación de oro como lo es, la amalgamación en donde se hace uso del mercurio, el cual es usado para separar y extraer el oro de las rocas o piedras y el proceso; este proceso convencional utiliza oxígeno que se encuentra en el aire como oxidante y al ion CN^- como agente complejante. (Ministerio de Minas Y Energía Servicio Geológico Colombiano 2019).

MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S, cuenta con un contrato de concesión minera JG4-16531 de 2018, tiene una producción de Metal Doré a través de la extracción de oro y plata desde minerales por el método de cianuración.

La lixiviación o extracción sólido-liquido de oro por cianuración alcanza una alta tasa de recuperación, además de la toxicidad del cianuro y las graves amenazas al hábitat natural y al personal de la industria, por ende, se debe tener un buen manejo de este en donde se pueda desactivar y tratar los residuos en una planta de tratamiento. La cianuración del oro es un proceso electroquímico: el oro se disuelve en la solución alcalina de cianuro y forma un complejo de cianuro de oro.

Existen importantes variables que afectan en la solubilidad del oro en la solución de cianuro son la concentración de oxígeno y cianuro, la temperatura, el pH, el área superficial, la velocidad de agitación y la presencia de otros aniones/cationes. (Hang W, Peter & Dowd, Chaoshui X. 2021)

Mineros del Caribona(MINECAR) Gold S.A.S, desde el año 2018, produce oro y plata por el método de cianuración. La planta de beneficio está diseñada para producir cierta cantidad de toneladas de mineral al día, que es alimentada de minerales provenientes de mina subterránea.

La empresa *Mineros del Caribona(MINECAR) Gold S.A.S*, en los últimos años ha estado buscando alternativas para aumentar la producción de toneladas de oro equivalente, En este proyecto se planteó una mejora y un monitoreo del método de lixiviación de oro y plata por cianuración, donde el objetivo de este proyecto es obtener mayores porcentajes de recuperación de oro.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.

Desde hace algunos años se han empleado nuevas alternativas para la separación de oro y plata, que presentan mejores porcentajes de recuperación, anteriormente los porcentajes de recuperación no eran mayores al 80%. (MINMINAS.2015).

En la Vereda mina Walter, corregimiento alto Caribona del municipio de Montecristo (Sur de Bolívar) se realizaba un proceso convencional de extracción y beneficio de mineral aurífero, por métodos como la amalgamación; En la amalgamación prima la utilización del mercurio, el cual es usado para separar y extraer el oro de las rocas o piedras. Pero es uno de los compuestos más tóxicos en el mundo ya se puede transformar en metilmercurio (CH_3Hg), y no hay aumento de recuperación del mineral, solo se puede extraer el 40% de oro mientras que con el cianuro se implementa un pretratamiento y en cual se agrega una etapa de remolienda al proceso, que trae como beneficio un aumento en el porcentaje de recuperación mayor al 95% de mineral en la empresa *Mineros del Caribona (MINECAR) GOLD S.A.S*.

En este proyecto se implementó un mejoramiento y monitoreo del método de lixiviación de oro y plata por cianuración. Por el cual se hace un estudio del estado de la planta en el que se planteó mejorar la ubicación de los equipos y se agregó una pulverizadora de mandíbulas, con el fin de reducir el tamaño de acuerdo a las capacidades del molino; al molino se le adecua un motor para que pueda mejorar la velocidad y esto disminuya el tiempo de residencia en la etapa de molienda, se incorporó una etapa de remolienda el cual permite que el material sea del tamaño adecuado para la etapa de flotación y esto lleve a mejoras en la parte

de recuperación, también se implementó un monitoreo con el fin de llevar a cabo un control y calidad en cada una de las etapas del proceso, tomando de ellas un muestreo que indique que tan eficiente está siendo el proceso.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Mejorar y monitorear el método de lixiviación de oro y plata por cianuración en la empresa *Mineros del Caribona Gold S.A.S.*

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir la infraestructura y las etapas del proceso para la implementación de separación de oro en la planta de beneficio de la empresa *Mineros del Caribona Gold S.A.S.*
- Especificar el funcionamiento y operación de la planta de beneficio de oro en la empresa *Mineros del Caribona Gold S.A.S.*
- Incrementar la recuperación de oro aplicando operaciones de Pre-Tratamiento y cianuración en empresa *Mineros del Caribona Gold S.A.S.*

3. MARCO TEORICO

3.1 Lixiviación o extracción sólido- líquido

Es un proceso en el cual, el material soluble se disuelve de su mezcla con un sólido inerte mediante un disolvente líquido. Para apartar el soluto deseado o aislar un soluto indeseable de la fase sólida, esta se pone en contacto con una fase líquida. Ambas fases entran en contacto y el soluto o los solutos se difunden desde el sólido a la fase líquida, lo que permite una separación de los componentes originales del sólido. (Warren L. McCabe 2010). Entre más fino este el sólido el disolvente líquido hace un contacto más completo

Los principales aspectos que deben tener en cuenta en esta operación unitaria son: la selección del proceso y las condiciones de operación.

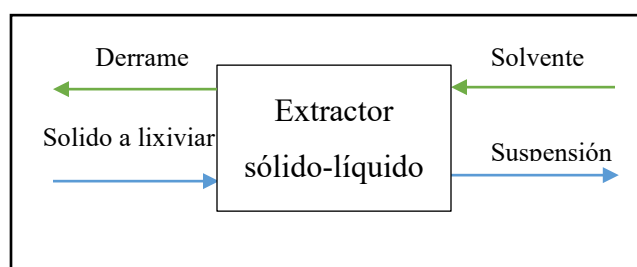


Figura 1. Diagrama del balance en una unidad de extracción sólido-líquido.

3.2 Lixiviación por agitación

En este proceso se emplea agitación al mineral que ya está previamente molido, es utilizado ampliamente en los minerales que son de alta ley. El objetivo de la lixiviación por agitación es obtener porcentajes de recuperan en tiempos cortos, lo que trae consigo un beneficio en cuanto a los gastos de operación; La agitación se puede llevar a cabo mediante: agitación mecánica o agitación neumática. (Restrepo B, Oscar. 2017).

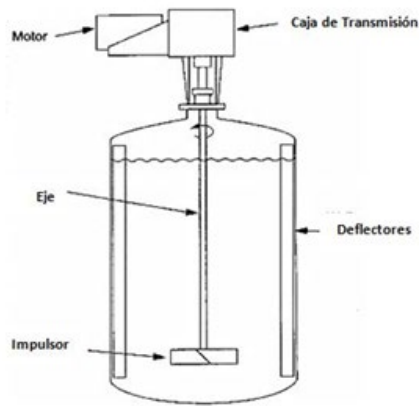


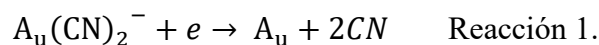
Figura 2. Lixiviación por agitación mecánica

3.3 Agentes lixiviantes

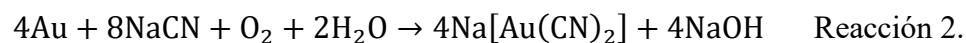
El cianuro ha sido el agente lixivante en la industria hidrometalúrgica del oro desde 1887 y se disuelve por medio de un agente oxidante como el oxígeno. El ión cianuro acompleja al oro y a otros metales que puedan estar presentes, como plata, cobre, zinc, antimonio, quedando disueltos en la solución acuosa. (Instituto Colombiano de Geología y Minería. 2018)

En solución acuosa, el cianuro alcalino oxida y disuelve el oro a A_u+1 en forma de un cianuro complejo, $A_u(CN)_2^-$

Reacción de oxidación anódica del oro:



La disolución del oro en medio cianurado en presencia oxígeno, es la principal reacción para la recuperación del metal y sus menas.



4. Antecedentes de la minería en Colombia

Hablar de minería es mirar de historia, es mirar de cómo a través de la explotación de los recursos del subsuelo, el hombre ha logrado el desarrollo, la industrialización, y el avance que hasta hoy posee. Evidentemente, la minería nace y se extiende a lo largo de los años, debido a la necesidad del ser humano por encontrar los materiales adecuados para su desarrollo en cada una de sus etapas y civilizaciones.

En Colombia las actividades mineras es uno de los principales sectores económicos. El departamento de Bolívar es una zona de actividad minera y sus recursos constituyen una riqueza natural de gran importancia, pues se presentan condiciones geológicas que permiten la exploración y explotación de diversos minerales (oro y plata). En Bolívar se produce el 11% del oro que se extrae en Colombia, según cifras de la Agencia Nacional de Minería en 2021, siendo unos de los principales productores en el país después de Antioquia. (Agencia Nacional de Minería.2021).

El cianuro de sodio se ha utilizado en la extracción de oro desde 1887 y sigue siendo el principal reactivo utilizado para el procesamiento de Au, debido a la extracción eficiente del mineral de baja ley. (Departamento de Ingeniería Química y Biológica, Universidad de Sheffield 2020).

Actualmente las empresas presentan problemas con la recuperación de oro por cianuración, debido a que en el medio presente se encuentran muchos compuestos cianógenos que consumen cianuro, lo que dificulta la extracción del oro, con esta investigación se da una solución viable para dicho problema, por eso se plantea un mejoramiento y monitoreo del método de lixiviación de oro y plata por cianuración, en el cual se aplica una etapa de pre-Aireación a la mayoría de las etapas del proceso, con el fin de afinar el proceso, también se implementa la etapa de la remolienda en donde el material que no se alcanza a procesar entra a esta etapa, el cual permite que la planta pueda tener recuperaciones mayores al 90%.

5. Normativa de Exploración y Explotación en la Minería

Agencia nacional de minería. Resolución número 468 de 06 ago. 2021 “

6. Normativa de Vertimientos y Reúso de Aguas Residuales.

La norma de vertimientos, que se basa en la Resolución 0631 de 2015 en donde reglamenta el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010 y que actualiza el Decreto 1594 de 1984 (vigente desde hace 30 años)

7. Descripción de las etapas del proceso de beneficio para la separación de oro.

7.1 Trituración primaria: En la trituración se disminuye el tamaño de las rocas provenientes de la mina y se controla la generación de polvo. En este Proceso el mineral es triturado entre 1/2 a 1/6 de su tamaño original, como preparación para la siguiente etapa de reducción (molienda).

7.2 Molienda: El proceso consiste en reducir las partículas gruesas procedentes de la trituración a un tamaño límite que depende del mineral y del proceso siguiente.

Tabla 1. Variables de operación en la molienda

Variables de entrada	Variables de operación
Longitud del cilindro(L_c)	Densidad de la pulpa(ρ_p)
Diámetro del cilindro(D_c)	Volumen de carga(V_c)
Nivel de llenado aparente	Volumen del cilindro(V_c)
Densidad de las bolas(ρ_b)	Tiempo de residencia (t)
Densidad del mineral(ρ_m)	Número de bolas (N)
Densidad del fluido(ρ_f)	Potencia (P)
Diámetro del mineral inicial(D_i)	
Diámetro del mineral final(D_f)	
Capacidad (C)	
Porcentaje de sólidos(X_s)	

7.3 Remolienda: En la etapa de remolienda ocurre el 60 % de la lixiviación total del proceso.

7.4 Concentración por flotación: Es el proceso donde se eleva el tenor o concentración (en porcentaje) de una mena o mineral determinado, mediante el uso de equipos de separación. Produciéndose así la segregación de dos o más especies mineralógicas.

Tabla 2. Variables de operación en la flotación

Variables de entrada	Variables de operación
Porcentaje de sólidos (X_s)	Densidad de la pulpa (ρ_p)
Densidad del sólido (ρ_s)	Volumen de trabajo de las celdas
Densidad del fluido(ρ_f)	

Cantidad de sólidos por hora	
Cantidad de celdas (#cel)	

7.5 Cianuración: Método para extraer oro o plata a partir de un mineral triturado o molido, mediante disolución en una solución de cianuro de sodio o potasio.

7.6 Pruebas de laboratorio: Donde se procedan las muestras de algunas etapas del proceso. En un laboratorio de control y calidad

8. Características fisicoquímicas del oro.

Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas del oro.

Nombre (ORO)	Valor/Unidad	Nombre	Valor/Unidad
Símbolo químico: Au		Calor de fusión	64.5 KJ/Kg
Color: Amarillo		Dureza	2.5-3 (Mohs)
Peso atómico	197g/mol	Radio atómico	1,46 A°
Número atómico	79	Radio iónico	1,37 A°
Estado de oxidación	1, 3	Potencial normal	1,498 voltios
Densidad específica	19,3g/cm ³	Resistencia Eléctrica	2.25 Ohm
Punto de fusión	1063°C	Electronegatividad	2,4Pauling
Punto de ebullición	2530°C	Conductividad térmica	314 W/ m K
Calor de vaporización	1578 KJ/Kg	Módulo de elasticidad	7.6-8.16 x10 ⁹ kg/m ²

9. Características fisicoquímicas de la plata.

Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas de la plata.

Nombre (PLATA)	Valor/Unidad	Nombre	Valor/Unidad
Símbolo químico: Ag		Calor de fusión	88.3 KJ/Kg
Color: blanco- grisáceo		Dureza	2.5-3 (Mohs)
Peso atómico	107,8682g/mol	Radio atómico	0,144nm
Número atómico	47	Radio iónico	0,126nm
Estado de oxidación	1	Potencial normal	0,779 voltios
Densidad específica	10,5g/cm ³	Resistencia Eléctrica	1.06x10 ⁻⁸ Ohm
Punto de fusión	962°C	Electronegatividad	1,9
Punto de ebullición	2212°C	Conductividad térmica	406,0 W/ m K
Calor de vaporización	2336 KJ/Kg		

4. METODOLOGÍA

4.1 Descripción de las etapas del proceso de beneficio para la separación de oro

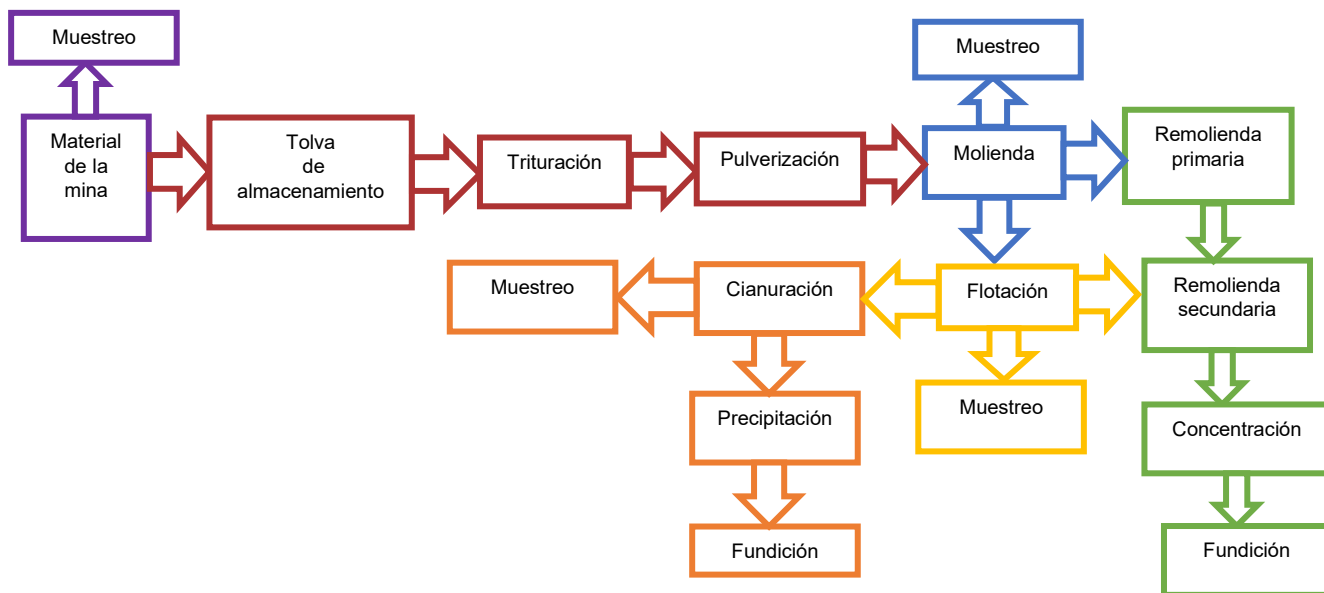


Figura 3. Esquema del proceso de beneficio para la separación de oro.

4.1.1 Revisión de la literatura.

Se empezó por hacer una revisión bibliográfica en bases de datos como ScienceDirect y en los documentos que se encuentran plasmados en la agencia nacional de minería en Colombia y teórica sobre la documentación existente que se tienen en la empresa con el fin de reunir información necesaria para el proceso de separación de oro y plata, donde se tendrá en cuenta los registros de los procesos anteriormente y así determinar cuáles son las fallas en el proceso.

4.1.2 Trituración.

En el proceso de trituración se recibe el material de una tolva, este material es procedente de la mina, en este proceso se utiliza una trituradora de mandíbulas, que posee una placa móvil y una placa fija. Aquí se disminuye el tamaño del material $1/6$ del tamaño inicial.

4.1.3. Molienda.

El proceso de molienda se lleva a cabo en un molino de bolas, cuál es cargado de 8-9 Toneladas aproximadamente con bolas de diferente tamaño de acero al manganeso. El material que ingresa es molido

por el molino principal, en la entrada del molino el material ingresa por vía húmeda y se adiciona sulfato de cobre por medio de un dosificador, la función del sulfato de cobre es purificar el material que entra al molino y en la salida del molino se adiciona por medio de unos dosificadores 2200, MX 404, estos dos son colectores de mineral y Xantato, este reactivo se adiciona para separar el material que contiene altos porcentajes de sulfuro(oro) del material estéril (material sin oro). El material de la salida del molino se debe mantener una densidad de (1740-1750) Kg/L, Aproximadamente y un porcentaje de sólidos del 60%. La medición de densidad y porcentaje de solidos se realiza cada hora.

El material que sale del molino principal pasa a un Remoedor primario por vía húmeda para terminar de reducir el tamaño de acuerdo a la serie de tamices Tyler. Después de pasar por el Remoedor primario a 30Rpm, el material pasa a un Hidrociclón, el Hidrociclón se encarga de clasificar el material, el material grueso pasa a la etapa de remolienda y el fino pasa a la etapa de flotación por medio de unas mangueras.



Figura 4. Molino de bolas.

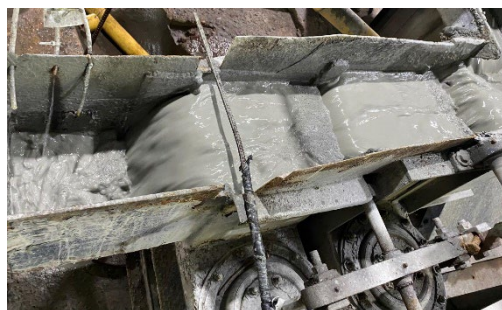


Figura 5. Salida del molino.

4.1.4. Flotación.

El material más fino que viene del Hidrociclón pasa a un acondicionador en donde se adiciona espumante Aerofroth 65 (A65) por medio de unos dosificadores, agua y aire desde el interior, todo esto se lleva a cabo con agitación, este proceso mejora el contacto entre las partículas lo que hace que el proceso sea de forma eficiente; Del acondicionador se pasa a una celda 1 donde se le adiciona Metasilicato por medio de un dosificador, este reactivo se utiliza como dispersor de la pulpa para evitar su contaminación, aire y se pone en agitación.

De la celda 1, pasa una alimentación hacia la celda 2 en donde se le adiciona nuevamente espumante

Aerofroth 65 (A65) por medio de unos dosificadores, aire mientras está en agitación; De la celda 2, entra una alimentación a la celda 3, en donde nuevamente se le adiciona espumante Aerofroth 65 (A65) por medio de un dosificador, Por medio de la Celda 3 pasa una alimentación a la celda 4 en donde nuevamente por medio de un dosificador se le agrega espumante Aerofroth 65 (A65). Lo que ya no lleva material (Estéril), es sacado por medio de unas tuberías que pasan a unos tanques de almacenamiento.

Finalmente, de la celda 4 pasa una alimentación a la celda 5, el estéril que lleva material que sale de la celda 5 es enviado nuevamente por medio de una bomba al acondicionador. lo que flotan de las celdas es el material que sale por la parte de arriba, ese material es enviado a unos tanques y de allí pasa a la etapa de remolienda.



Figura 6. Celdas de flotación



Figura 7. tanque de almacenamiento de las salidas de las celdas de flotación.

4.1.5. Remolienda

El material(escoria) pasa a un Remoedor secundario que opera a 50Rpm con el fin de recuperar los metales que se encuentren contenidos en él.

El material saliente del Remoedor secundario pasa a una mesa tipo Wilfley que separan el material de

acuerdo a la diferencia de densidad, esta sirve para concentrar minerales de alta densidad como el oro, el material, de ahí pasa a una Gemeni en donde se recupera oro libre y se produce un concentrado fundible.



Figura 8. Remolador.

4.1.6. Cianuración.

Se llena el tanque con la pulpa de mineral, luego se llena con agua hasta el borde de los baffles, se agita, y se le suministra aire y antes de adicionar los reactivos para el pretratamiento, se saca una muestra de para el laboratorio, se debe roturar (cabeza de cianuración, el número del tanque y la fecha), a esas muestras no se le hace enjuague.

Pretratamiento, en la etapa del pretratamiento se adicionan los siguientes reactivos

- **Peróxido de hidrógeno:** se vierte lentamente y se espera que pase la reacción, este sirve para purificar la solución.
- **Óxido de calcio (cal):** Este se adiciona para mantener una alcalinidad de 10 a 11.
- **Polietilen-xilosano en solución acuosa (DQRYN SE 1530):** Este se adiciona una pequeña cantidad y sirve para quitar la espuma de la solución.

Se agita por un tiempo de 3 horas aproximadamente, se saca una muestra de la solución para prueba de sales, para la prueba de sales se hace con los siguientes reactivos

- Fenolftaleína
- Solución de ácidos con una relación 1-3

Si el resultado de la prueba de sales sale negativo se suspende la agitación del tanque y se vuelve hacer el pretratamiento.

Volver a llenar con solución pobre en mineral valioso (barren) hasta el borde de los baffles, agitar y ponerle aire. Se ajusta el cianuro en una concentración de 5 gramos/tonelada. Cada 5 horas se toma una muestra de cianuro durante 18 horas, se toma una muestra del tanque y se deja en reposo hasta donde se logren ver las dos fases, luego se procede a titular con nitrato de plata, se adicionan 5 gotas de yoduro de potasio a 10ml de solución concentrada de cianuro, al terminar la titulación se anota el volumen de nitrato gastado para poder determinar qué tan concentrado está el cianuro en los tanques, debe llegar a una concentración de 5, si no está en esa concentración se calcula la cantidad de cianuro que se le debe adicionar para aumentar la concentración en los tanques.

Después de las 18 horas de cianuración, se detiene la agitación del tanque, se deja decantar y se pasa la solución cianurada al tanque Precipitador.

Se llena nuevamente con barren el tanque hasta el borde de los baffles para una primera repulpada, agitar y se coloca aire, se ajusta el cianuro a una concentración de 3 gramos /toneladas. (se debe sacar la muestra de sólidos para el laboratorio: rotular con primera repulpada, fecha y número del tanque).

Nota: Esta primera repulpada se deja por un tiempo de 10 horas y se mide la concentración de cianuro cada 1 hora.

Se decanta la solución, se pasa al tanque Precipitador y se llena nuevamente con barren el tanque hasta el borde de los baffles para una segunda repulpada, agitar y se coloca aire, se ajusta el cianuro a 3 gramos /toneladas. (se debe sacar la muestra de sólidos para el laboratorio: rotular con segunda repulpada, fecha y número del tanque). Este proceso de repulpada se hace por un tiempo de 8 horas y se mide la concentración de cianuro cada 1 hora.

Nota: Si es necesario hacer más repulpada se hacen siguiendo todos los pasos sin hacerle ninguna modificación, hasta que la solución ya no contenga valores.

4.1.7. Precipitación.

Después de haber pasado la solución al tanque Precipitador, se adiciona al tanque precipitado acetato de plomo y se deja actuar y se agrega zinc en polvo para separar, luego de unos 20 a 30 minutos se toma una muestra del tanque de precipitado para hacer una prueba de color, se agrega acetato de plomo y zinc. Se saca el precipitado y se le adiciona una solución con una relación 1-3 de ácidos, se deja pasar la reacción

exotérmica y se le agregan unas gotas de cloruro estañoso, si esta solución no cambia de color, ya se puede detener la agitación del tanque.

Se saca el precipitado de los tanques, el cual pasa al proceso de fundición y la solución pobre de mineral valioso que queda (barren) se almacena.

4.1.8. Pruebas de laboratorio.

4.1.8.1 laboratorio 1: Secado y reducción de tamaño de las muestras.

En este laboratorio se llevan muestras de la mina, de la entrada (cabeza) del molino, de las colas flotación y de cianuración (cabezas y colas) se llevan unas muestras al laboratorio en donde primero se rotulan para poder procesarlas, todas las muestras tienen un proceso de secado, en donde se adicionan a unas bandejas rotuladas y se llevan a un horno por cierto tiempo, hasta que estén completamente secas.

Las muestras de minas y del molino se pasan por una trituradora de mandíbulas, luego se le hace un cuarteo en donde se toma cierta cantidad para pasarla por una pulverizadora de discos y las muestras de flotación y cianuración, se vuelve a cuartear y deja cierta cantidad que pasa a una pulverizadora de anillos por cierto tiempo dependiendo la procedencia de la muestra. Esta pulverizadora nos da el tamaño que se necesita para el proceso siguiente.

Nota: El laboratorio debe estar limpio cuando se va a procesar cada una de las muestras para evitar la conminación.



Figura 9. Muestras de mina y cabeza molino.



Figura 10. muestra procesada en la trituradora de mandíbulas.



Figura 11. Primer cuarteo de muestra.



Figura 12. Muestra procesada en la pulverizadora de discos.



Figura 13. Segundo cuarteo de muestra.



Figura 14. Muestra procesada en la pulverizadora de anillos.



Figura 15. Muestra terminada

4.1.8.2 laboratorio 2: Tostación, fundición, copelación y ataque ácido.

Todas las muestras pasan al laboratorio de fundición, en donde se le hace un tratamiento y manejo reservado por la empresa, esto se hace con el fin de saber qué cantidad de material se tienen por cada producción y también para determinar qué tan eficiente es el proceso.

4.1.9. Fundición.

El proceso de fundición se lleva a cabo en lugar diferente a la planta de beneficio, se hace, en otro municipio. En esta operación se procesan los cementos (precipitados de cianuración) de metales preciosos para obtener (lingotes) de oro de alta pureza mediante la determinación de una carga de fundentes apropiada, aplicando las normas de seguridad necesarias.

4.1.10. Tratamiento de aguas residuales.

- **Pretratamiento:** da inicio al momento en la que el agua residual por gravedad es conducida hasta la unidad 1 de pretratamiento o tanque 1. Trampas de grasa – desarenador, donde por diferencia de densidades la grasa pasa a la superficie y el sedimento pesado queda en el fondo, seguidamente el agua pasa hasta la unidad 4. Pre filtro (grava de (6-8) arena de (10-20) donde el agua percola en flujo ascendente para ser pre filtrada para iniciar al tratamiento en la planta fisicoquímica.



Figura 16. Desarenador



Figura 17. Pre filtro

- **Conducción mediante bombeo:** Una vez el agua se encuentre con los niveles en el tanque de pretratamiento este posee dos bombas de 3 HP autocebante con sus sensores de nivel, para dar inicio al funcionamiento de la bomba A1 y B1 de succión cuyo tablero de control está ubicado en el tanque pulmón 2, la perilla debe estar en AUT para que así se pueda conducir el flujo del tratamiento primario (prefiltro) hasta el tratamiento secundario (fisicoquímico) de la PTARnD.



Figura 18. Tablero de bombas.

- Inyección de químicos mediante bombas dosificadoras:** Seguidamente una vez realizado el paso 2, la bomba de succión A1 Y B1 transporta el agua residual del prefiltro mediante tubería PVC presión hasta el tanque sedimentador de alta tasa, sin antes inyectar o agregar la adición de los químicos pertinentes (1. Pac (Poli cloruro de aluminio) – 2. Polímero Aniónico (poliamida), empleando las Bombas Dosificadoras donde la 10 dosificación es aplicada teniendo en cuenta datos obtenidos de un test de jarras hecho previamente a esta operación (se recomienda trabajar los diales de las bombas dosificadoras en 35 de estas para su optimo desempeño; pero si el corte o floculación no se realiza se deberá aumentar la dosificación previo test de jarras para así encontrar la dosificación optima), el químico 3. (Peróxido de Hidrogeno) se inyecta entre el tanque 2 y 3 de alta tasa con el dial en 30 sugeridamente según ensayos.



Figura 19. Bomba de succión A1 Y B1.

- **Floculación y sedimentación del floc (lodo):** Seguidamente una vez realizado el paso 3, el agua residual junto con los químicos realiza una mezcla rápida para homogenizar los químicos anteriormente nombrados y así comenzar la floculación dentro del tanque sedimentador de alta tasa cuyo flujo ingresa al cilindro interno de forma descendente; allí se forma los floc's los cuales quedan depositados en el fondo del tanque convirtiéndose en lodos (estos se deben retirar) y así el flujo clarificado restante asciende hacia la canaleta perimetral, para realizar la misma dinámica con los otros 2 tanques sedimentadores de alta tasa los cuales estas en paralelo. Es de anotar que la PTARnD posee dos líneas de tratamiento para obtener el caudal deseado de 6 litros 12 por segundo y a su vez para realizar mantenimientos a los filtros, por eso se habla de tres tanques en paralelo.



Figura 20. Tanques sedimentadores.

- **Aireación:** Seguidamente una vez realizado el paso 4, el agua clarificada ingresa a la torre de aireación, la cual percola a través de sus bandejas agregando partículas de oxígeno al contacto con la atmósfera y hace contacto con los Pallring los cuales retienen hierro.
-



Figura 21. Torre de aireación.

- **Ionizadores:** Seguidamente una vez realizado el paso 5, el agua aireada ingresa a la unidad de ionizadores, para que al flujo haga contacto con una corriente eléctrica a través de dos platinas de plata, cobre y zinc con el fin de generar iones.



Figura 22. Ionizadores.

- **Filtros rápidos:** Seguidamente una vez realizado el paso 6, el agua ionizada es conducida mediante bombeo (dos bombas de 5 HP de alta) a través de los filtros, para que el flujo percole a través de los sustratos Filtro 1 grava de (2 -4, 4 -6, 6 -8) arena sílice de (20 -40, 10 -20) y el filtro 2 antracita y carbón activado, con el ánimo de retener partículas en suspensión.



Figura 23. Filtros rápidos.

- **Lámparas UV:** Seguidamente una vez el agua ha sido sometida a filtración el flujo pasa a través de un circuito de lámpara UV, para su desinfección y degradación de iones.



Figura 24. lámparas UV

- **Inyección de cloro:** Finalmente, que el agua tratada pasa por las lámparas de luz UV y con la finalidad de garantizar la entrega de un agua de óptimas condiciones para rehúso en el riego o descarga a fuentes hídricas se inyecta hipoclorito de calcio ya en solución entre 0,3 a 2 ppm a través de una bomba dosificadora.



Figura 25. Inyección de cloro.

- **Final:** El agua sometida a todos los procesos de tratamiento mencionados anteriormente es recepcionada en un tanque de almacenamiento para posteriormente ser conducida por bombeo o hidráulicamente a su destino final como rehúso o descarga.



Figura 26. Agua después del tratamiento.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de hacer las mejoras en la planta en cuanto a la ubicación de los equipos e implementar la etapa de remolienda se pudo observar notoriamente el cambio en la producción de oro. Esto se determina al hacer un monitoreo en las etapas correspondientes ya que se puede calcular cuantas toneladas están entrando (entrada del molino) y cuantas toneladas están saliendo (precipitado de los tanques cianuradores y el oro libre que sale de la mesa Gemeni).

En la figura 27 se puede ver la cantidad que proceso en el mes de septiembre del presente año, en donde se evidencia que se procesó de 36 a 44 toneladas por día, cabe resaltar que cada día se trabajó por 16 horas.

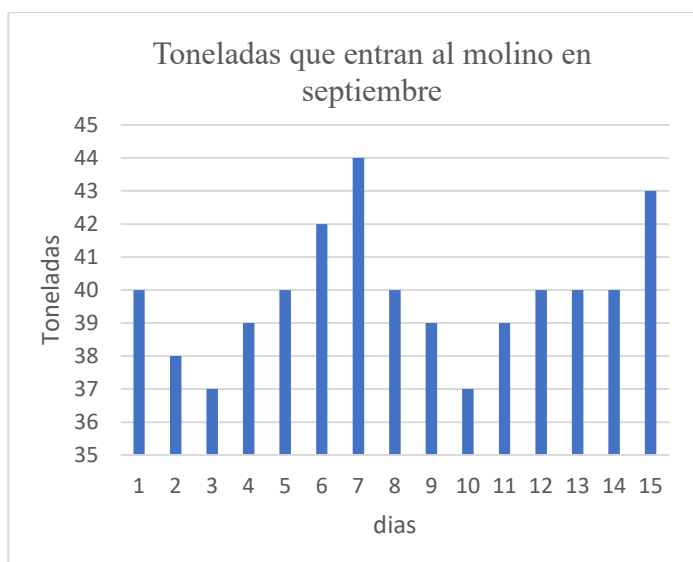


Figura 27. Toneladas diarias que se procesaron en el mes de Septiembre.

Al tener cantidad de toneladas que entran al molino, se procede a pasar las muestras cada día al laboratorio de control y calidad, en donde se determina la cantidad de oro que se va a tener por día de producción.

En la figura 28 se presentan los gramos por toneladas que se tienen para los primeros 15 días del mes de septiembre, en donde por cada tonelada es posible obtener de 14 a 24 gramos por toneladas, estas cantidades pueden variar dependiendo la calidad de material que se este procesando



Figura 28. Cantidad gramos por cada tonelada diaria.

Una manera de determinar qué tan tanto se está recuperando es haciéndole una prueba a las colas de flotación que indique, que no se está perdiendo el material por esa etapa.

En la figura 29 Se puede evidenciar la cantidad de gramos que están saliendo por las colas de flotación para los primeros 15 días del mes de septiembre, la cantidad es insignificante ya que está entre los 0,0001 a 0,00022 gramos a esto se le llama trazas ya que la cantidad de oro por tonelada es muy mínima. Lo que representa un aumento en el porcentaje de recuperación

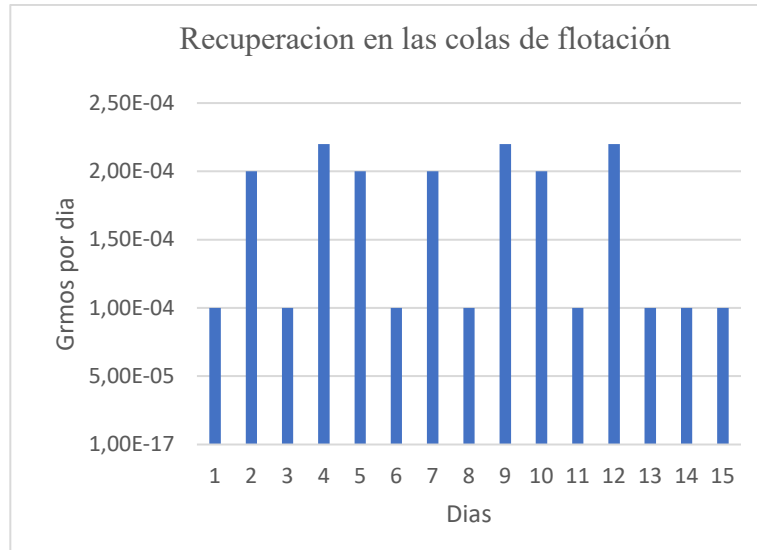


Figura 29. Recuperación en las colas de flotación.

Finalmente, al hacer todo el procedimiento se determina que la recuperación del oro aumenta después de implementar las mejoras y el monitoreo de control y calidad en todas las etapas, logrando lixiviar oro de mineral aurífero con un porcentaje de recuperación mayor al 95%, cabe resaltar que todo el proceso se lleva a cabo con una recirculación de agua.

En la figura 30 se muestra como aumenta la recuperación de oro en unos de los tanques pequeños de cianuración, en el cual se le llevo un registro y un monitoreo por 15 días y se comparó con unas muestras antes de hacer las mejoras al proceso.

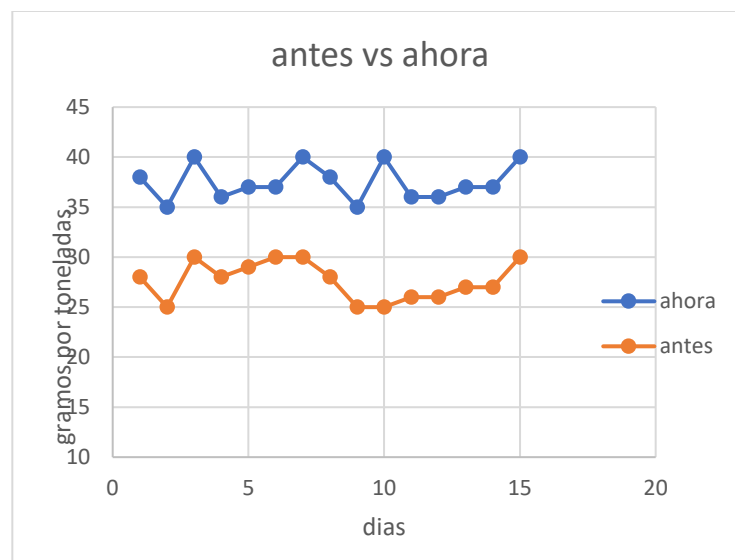


Figura 30. Comparación en unos de los tanques de producción antes y después de hacer las mejoras y llevar el monitoreo.

6. CONCLUSIONES

De manera contundente, el presente trabajo logró su objetivo que fue el de mejorar y monitorear el método de lixiviación de oro y plata por cianuración en la empresa Mineros del Caribona Gold S.A.S.

De acuerdo a los resultados de los análisis en laboratorio de las colas de flotación, se pudo observar que el material se estaba pasando (desechando), pero en muy pocas cantidades. Por ello la recuperación aumentó significativamente lo que trae consigo un beneficio para la planta.

En el proceso se logró identificar diferentes tipos de mineral, que pueden ser sulfurosos y silicosos, y con ello se pudo evidenciar que uno de los mejores materiales para el proceso de cianuración es el sulfuroso ya que es el ideal para la recuperación de oro y plata.

7. RECOMENDACIONES

En cuanto al proceso se recomienda estudiar alternativas que a futuro mitiguen el uso del cianuro y se utilicen agentes lixiviantes que no sean contaminantes para el medio ambiente.

También se recomienda mejorar la parte hidráulica, ya que este sistema está incorporado por medio de mangueras y se debe estudiar un posible cambio a tuberías y así mejorar la parte en cuanto diseño e infraestructura de la planta, también mejorar y acondicionar el sistema eléctrico que presenta fallas en cuanto a la parte organizacional.

8. REFERENCIAS

Palacios, F. (2016). Laboratorio de hidro y electrometalurgia. 40.

Laura Lombana. (2018). Variables influyentes en el proceso de lixiviación para la recuperación de metales contenidos en lodos galvánicos. 12.

MINMINAS. (2015). Guía de orientación para el minero sobre el correcto manejo de vertimientos para la minería de metales preciosos y de carbón. 95.

Restrepo B, Oscar. (2017). metalurgia extractiva.98

Agencia Nacional de Minería. (2021). Colombia Explotación de oro de aluvión.

Instituto Colombiano de Geología y Minería. (2018). Técnicas mineralógicas, químicas y metalúrgicas para la caracterización de menas aurífera.

García, A. C. V. (2020). Comparación entre el método de extracción de oro, cianuración por agitación y lixiviación por pilas en la planta de beneficio san Bartolo, Segovia Antioquia.

Ministerio de Minas Y Energía Servicio Geológico Colombiano, M. (2019). Guía metodológica para el mejoramiento productivo del beneficio de oro sin el uso de mercurio. 152.

Departamento de Ingeniería Química, Universidad Laval. (2017). Impacto de los sulfuros de plata en la cianuración de oro con sulfuros polimetálicos.

Warren L. McCabe. (2010). Operaciones unitarias en ingeniería química.

Kianoush Barani. (2022). Lixiviación de mineral de oro complejo usando una solución de cianuro-glicina.

Agencia nacional de minería. (2021). Exploración y Explotación Minera.

Agencia nacional de minería. (2021). Ranking de producción de oro.

Departamento de Ingeniería Química y Biológica, Universidad de Sheffield. (2020). Una alternativa a la lixiviación con cianuro de cenizas de carbón activado de desecho para la recuperación de oro y plata a través de un tratamiento sinérgico de doble lixiviación.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Vertimientos y Reúso de Aguas Residuales.

Ahmet Deniz, Faïçal Larachi (2019). El efecto de los colectores de flotación en la disolución electroquímica del oro durante la cianuración.

Hang W, Peter & Dowd, Chaoshui X. (2021). Reducción del uso de cianuro de potasio en un proceso industrial consolidado para la recuperación de oro a partir de desechos y desechos.

Gonzalo Larrabure, Juan Carlos F. Rodríguez Reyes. (2021). Una revisión sobre el impacto negativo de diferentes elementos durante la cianuración de oro y plata a partir de minerales refractarios y estrategias para optimizar el proceso de lixiviación.

Qi Meng, Xiaohui Yan, Guichun Li. (2021). Extracción de oro respetuosa con el medio ambiente y reciclable mediante lixiviación por lixiviación-electrodeposición recuperación.

Zuo-wei Liu, Xue-yi Guo. (2022). Una revisión sistemática de la extracción de oro: fundamentos, avances y desafíos hacia los lixiviantes alternativos.

9. ANEXOS

Tabla 5. Equipos para el control y mejoramiento para el proceso de separación de oro y plata.

Equipos	Cantidad	Área
Tolva	1	Trituración
Triturador de mandíbula	1	Trituración
Banda de arrastre	1	
Pulverizadora	1	Pulverización
Banda de arrastre	1	Pulverización
Tolva	1	Molienda
Molino principal	1	Molienda
Hidrociclón		Molienda
Acondicionador	1	Flotación
Celdas de flotación	5	Flotación
Tanques de almacenamiento de flotación	11	Flotación
Remoedor	2	Remolienda
Mesa de clasificación	1	Remolienda
Mesa Gemeni	1	Remolienda
Tanques de cianuración	8	Cianuración

Precipitador	2	Cianuración
Tanques de almacenamiento de sln cianurada	2	Cianuración
Tanque de almacenamiento de agua	1	Cianuración
Bombas de para cianuración	1	Cianuración
Bomba de descargue de pulpa sin mineral	1	Cianuración
Trituradora de mandíbulas	1	Laboratorio 1
Pulverizadora de discos	1	Laboratorio 1
Pulverizadora de anillos	1	Laboratorio 1
Gramera	1	Laboratorio 1
Soplador/aspirador Stanley	1	Laboratorio 1
Muflas	4	Laboratorio 2
Copelas	30	Laboratorio 2
Crisoles	30	Laboratorio 2
Gramera	1	Laboratorio 2
Balanza analítica	1	Laboratorio 2

Tabla 6. Reactivos usados en la planta de benéfico Para la separación de oro.

Proceso		Reactivos
Molienda	Se adiciona en la entrada del molino	*Sulfato de cobre (CuSO ₄)

	Se adicionan en la salida del molino	*2200 *MX 404 *Xantato
Flotación	Para el acondicionador	* Espumante Aerofroth 65 (A65)
	Celda 1	*Metasilicato
	Celda 2 y Celda 3	* Espumante Aerofroth 65 (A65)
Cianuración	Pretratamiento	*Peróxido de hidrógeno (H_2O_2) *DQRYN (Polietilen-Xilosano en solución acuosa)
	Cianuración	Cianuro de sodio ($NaCN$)
	Titulación para determinar la concentración de cianuro	*Nitrato de plata ($AgNO_3$) *Yoduro de potasio (KI)
	Prueba de sales	*Fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$) *Solución de ácidos con una relación 1-3
	Precipitación	*Zinc (Zn) *Acetato de plomo ($Pb(C_2H_3O_2)_2$)

	Desactivación de cianuro	*Peróxido de hidrogeno (H ₂ O ₂) *Hipoclorito de sodio (NaClO)
Laboratorio 2	Fundición	*Bicarbonato de sodio (NaHCO ₃) *Litargirio o monóxido de plomo (P _b O) *Bórax Pentahidratado (Na ₂ B ₄ O ₇ · 5H ₂ O) *Sílice *Harina de trigo

Tabla 7. Ficha de seguridad de los reactivos.

FICHAS DE SEGURIDAD
Sulfato de cobre (CuSO₄) Pictogramas:   Palabra de advertencia: Atención Frases R: R22: Nocivo por ingestión. R36/38: Irrita los ojos y la piel.

R50/53: Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Frases S:

S22: No respirar el polvo.

S60: Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos.

S61: Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

Frases H:

H302: Nocivo en caso de ingestión.

H315: Provoca irritación cutánea.

H319: Provoca irritación ocular grave.

H410: Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Frases P:

P273: Evitar su liberación al medio ambiente.

Espumante Aerofroth 65 (A65)

- **Apariencia:** líquido, Marrón rojizo
- **Gravedad Específica (20°C):** 1.009
- **Viscosidad, Brookfield (20 °C):** 71 cps
- **Solubilidad en agua (20 °C):** totalmente soluble.
- **Presión de Vapor:** 19.86 mmHg
- **Punto de inflamación:** Mayor a 93 °C
- **Punto de Ebullición:** 133°C
- **Punto de congelación:** Por debajo de - 60°C

Metasilicato de Sodio Pentahidratado($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Pictogramas:



Palabra de advertencia: Peligro.

Frases H:

H302: Nocivo en caso de ingestión.

H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

H335: Puede irritar las vías respiratorias

Frases P:

P260: No respirar el polvo

P280: Llevar guantes/ ropa de protección/ equipo de protección para los ojos/la cara/ los oídos.

Peróxido de Hidrógeno (H₂O₂)

Pictogramas:



Palabra de advertencia: Peligro

Frases R:

R22: Nocivo por ingestión

R37/38: Irrita las vías respiratorias y la piel

R41: Riesgo de lesiones oculares graves.

Frases S:

S24: Evítese el contacto con la piel

S26: En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico

S39: Úsele protección para los ojos/la cara

S51: Úsele únicamente en lugares bien ventilados.

Frases H:

H302: Nocivo en caso de ingestión

H318: Provoca lesiones oculares graves

H315: Provoca irritación cutánea

H335: Puede irritar las vías respiratorias

Frases P:

P271: Utilizar únicamente en exteriores o en un lugar bien ventilado

P501: Elimínense el contenido y/o su recipiente de acuerdo con la normativa sobre residuos peligrosos o envases y residuos de envases respectivamente.

DQRYN (Polietilen- Xilosano en solución acuosa)

Pictogramas:



Apariencia: Solución lechosa

pH: 7 – 9

Solubilidad en agua: Soluble

Cianuro de sodio (H₂O₂)

Pictogramas:



Palabra de advertencia: Peligro.

Frases R:

R26/27/28: Muy tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.

R32: En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.

R50/53: Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Frases S:

S7: Mantener el recipiente bien cerrado. S28: En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con jabón y agua.

S29: No tirar los residuos por el desagüe.

S45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrese la etiqueta).

S60: Eliminar el producto y su recipiente como residuos peligrosos.

S61: Evitar su liberación al medio ambiente.

Frases H:

H300: Mortal en caso de ingestión.

H310: Mortal en contacto con la piel.

H330: Mortal en caso de inhalación.

H410: Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Frases P:

P260: No respirar el polvo/ el humo/ el gas/ la niebla/ los vapores/ el aerosol.

P264: Lavarse las manos concienzudamente tras la manipulación.

P273: Evitar su liberación al medio ambiente. P280: Llevar guantes de protección/ prendas de protección.

P284: Llevar equipo de protección respiratoria.

P301 + P310: EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.

Nitrato de plata (AgNO_3)

Pictogramas:



Palabra de advertencia: Peligro.

Frases R:

R34: Provoca quemaduras.

R50/53: Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio.

Frases S:

S1: Consérvese bajo llave.

S2: Manténgase fuera del alcance de los niños. S26: En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.

S45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrese la etiqueta).

S60: Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos.

S61: Evítese su liberación al medio ambiente.

Frases H:

H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

H400: Muy tóxico para los organismos acuáticos.

Frases P:

P260: No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol.

P405: Guardar bajo llave.

P501: Eliminar el contenido o el recipiente conforme a la reglamentación nacional.

Yoduro de potasio (KI)**Pictogramas:**

Palabra de advertencia: Peligro.

Frases H:

H372: Provoca daños en los órganos (tiroides) tras exposiciones prolongadas o repetidas (en caso de ingestión)

Frases P:

P260: No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol.

P264: Lavarse las manos concienzudamente tras la manipulación.

P270: No comer, beber ni fumar durante su utilización.

P314: Consultar a un médico en caso de malestar.

P501: Eliminar el contenido/el recipiente en un lugar adecuado según la legislación vigente.

Fenolftaleína (C₂₀H₁₄O₄)**Pictogramas:**



Palabra de advertencia:

Frases R:

R45: Puede causar cáncer.

R62: Posible riesgo de perjudicar la fertilidad. R68: Posibilidad de efectos irreversibles.

Frases S:

S53: Evítese la exposición.

S45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta)

Frases H:

H350: Puede provocar cáncer.

H341: Se sospecha que provoca defectos genéticos.

H361f: Se sospecha que perjudica a la fertilidad.

Frases P:

P201: Solicitar instrucciones especiales antes del uso.

P261: Evitar respirar el polvo.

P280: Llevar guantes/prendas de protección

Zinc (Zn)

Pictogramas:



Palabra de advertencia: Atención.

Frases R:

R50/53: Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Frases S:

S60: Elimínese el producto y su recipiente como residuo peligroso

S61: Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

Frases H:

H410: Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos

Frases P:

P273: Evitar su liberación al medio ambiente

Acetato de plomo ($\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$)**Pictogramas:**

Palabra de advertencia: Peligro.

Frases H:

H351: Se sospecha que provoca cáncer

H360Df: Puede dañar al feto. Se sospecha que perjudica a la fertilidad.

H373: Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

H410: Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos

Frases P:

P202: No manipular la sustancia antes de haber leído y comprendido todas las instrucciones de seguridad

P260: No respirar el polvo.

P273: Evitar su liberación al medio ambiente

Hipoclorito de sodio (NaClO)

Pictogramas:



Palabra de advertencia: Peligro.

Frases R:

R31: En contacto con ácidos libera gases tóxicos

R35: Provoca quemaduras graves

R50: Muy tóxico para los organismos acuáticos

Frases S:

S26: En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico

S36/37/39: Úsese indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara S45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta)

S61: Evítese su liberación al medio ambiente Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad

Frases H:

H400: Muy tóxico para los organismos acuáticos.

H290: Puede ser corrosivo para los metales. H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

Frases P:

P273: Evitar su liberación al medio ambiente.

P301+P330+P331: En caso de ingestión: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P303+P361+P353: En caso de contacto con la piel (o el pelo): Quitarse inmediatamente las prendas contaminadas.

P304+P340: En caso de inhalación: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

P363: Lavar las prendas contaminadas antes de volver a usarlas.

Bicarbonato de sodio (NaHCO_3)

Pictogramas:



Palabra de advertencia: Atención.

Frases H:

H332: Nocivo en caso de inhalación.

Frases P:

P261: Evitar respirar el polvo o el aerosol.

P271: Utilizar sólo al aire libre o en un lugar bien ventilado.

P304+ P340: EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.

Litargirio o monóxido de plomo (PbO)

Pictogramas:



Palabra de advertencia:

Frases H:

H302: Nocivo en caso de ingestión.

H332: Nocivo en caso de inhalación.

H373: Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

H351: Se sospecha que provoca cáncer.

H360: Puede dañar al feto. Se sospecha que perjudica a la fertilidad.

H362: Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.

H410: Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos

Frases P:

P260: No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol.

P263: Evitar el contacto durante el embarazo/la lactancia.

P280: Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

P309+311: EN CASO DE exposición o si se encuentra mal: llamar a un CENTRO de información toxicológica o a un médico.

P391: Recoger el vertido.

P420: Almacenar alejado de otros materiales.

P501: Eliminar el contenido/el recipiente de conformidad con la normativa local/regional/nacional/internacional aplicable.

Bórax Pentahidratado ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Pictogramas:



Palabra de advertencia: Peligro

Frases H:

H319 Provoca irritación ocular grave.

H360 Puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto

Frases P:

P201 Procurarse las instrucciones antes del uso

P202 No manipular antes de haber leído y comprendido todas las precauciones de seguridad.

P264 Lavarse las manos cuidadosamente después de la manipulación.

P280 Usar guantes/ropa de protección/equipo de protección para la cara y los ojos.

P305+351+338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P308 + P313 EN CASO DE exposición demostrada o supuesta: consultar a un médico.

P337 + P313 Si la irritación ocular persiste, consultar a un médico.

P405 Guardar bajo llave.

P501 Eliminar el contenido/recipiente de acuerdo con leyes federales, estatales y locales.

Sílice (SiO₂)

Pictogramas:

Palabra de advertencia: Peligro.

Frases H:

H372: Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas Pulmones

Frases P:

P260: No respirar el polvo/ el humo/ el gas/ la niebla/ los vapores/ el aerosol

P314: Consultar a un médico en caso de malestar