

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



T E S I S

**Implementación del sistema de Desorción y Electrodeposición en la recuperación
del oro del carbón fino. Planta Yuracmayo - Arequipa 2024**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Metalurgista

Autor:

Bach. Jhonel Erminio VITOR ROSARIO

Asesor:

Dr. Eduardo Jesús MAYORCA BALDOCEDA

Cerro de Pasco – Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



T E S I S

**Implementación del sistema de Desorción y Electrodeposición en la recuperación
del oro del carbón fino. Planta Yuracmayo - Arequipa 2024**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO
PRESIDENTE

Mg. Edgar Yoni AIRE MENDOZA
MIEMBRO

Mg. Carlos Lizardo ACOSTA CRESPO
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 368-2026-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

“Implementación del sistema de Desorción y Electrodeposición en la recuperación del oro del carbón fino. Planta Yuracmayo - Arequipa 2024”

Apellidos y nombres del tesista

Bach. Jhonel Erminio VITOR ROSARIO

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. Eduardo Jesús MAYORCA BALDOCEDA

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Metalúrgica

Índice de Similitud

2 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 13 de enero del 2026



Firmado digitalmente por PALOMINO
(5090) Ruben Edgar FAU
20154922465.pdf
Módulo: Tesis el autor del documento
Fecha: 13/01/2026 12:22:20 -05:00

DEDICATORIA

A mis padres Vitor Huaricapcha, Teófilo y Rosario Mori, Hipólita por su amor incondicional, por sus constantes esfuerzos y sacrificios que me han permitido alcanzar mis metas. Por ser mi ejemplo de trabajo, perseverancia y fortaleza en todas las etapas de mi vida. Este logro también es resultado de ustedes, su apoyo y confianza en mí.

AGRADECIMIENTO

- Estoy muy agradecido con Dios, fuente de fortaleza y sabiduría, por guiarme en cada paso de mi educación profesional.
- Mi más sincero agradecimiento a Planta Yuracmayo S.A.C. Por abrirme puertas y brindarme las facilidades que necesitaba para desarrollar esta investigación.
- A mi asesor de tesis por su orientación, paciencia y valiosos aportes que contribuyeron al logro de los objetivos planteados.
- Agradezco a mis profesores de la escuela vocacional por compartir sus conocimientos y enseñarme durante mi educación académica.
- Y de manera muy especial a mi familia y amigos por su apoyo incondicional, comprensión y aliento durante los momentos más exigentes de este viaje.

RESUMEN

El presente estudio evalúa el proceso de recuperación de oro mediante la optimización de las etapas de desorción y electrodeposición aplicados al carbón activado fino provenientes de operaciones auríferas. El problema radica en que el reactor existente no permite realizar la desorción del carbón fino, debido a que este material puede obstruir los conductos del sistema y afectar su funcionamiento. El objetivo principal es analizar la influencia de la variación de los parámetros operativos en los procesos de desorción y electrodeposición del oro a partir del carbón fino. La investigación es de tipo aplicada y un diseño experimental que analiza los efectos de variables críticas como la concentración de solución desorbente, temperatura, uso de modificadores químicos, densidad de corriente, tiempo y temperatura en el baño de electrolisis. Los resultados evidencian como estas variables afectan la capacidad de desorción y eficiencia del metal recuperado, así como la eficiencia y pureza de la electrodeposición. Asimismo, se determinaron parámetros operativos óptimos que promueven un ciclo de regeneración más eficiente, reducen las pérdidas y mejoran la concentración final de oro en la solución eluida y el cátodo.

Palabras clave: Desorción, Electrodeposición, Recuperación de oro, Hidrometalurgia.

ABSTRACT

The present study evaluates the gold recovery process by optimizing the desorption and electrodeposition stages applied to fine activated carbon obtained from gold-processing operations. The main problem lies in the fact that the existing reactor does not allow adequate desorption of fine carbon, as this material can obstruct system conduits and compromise operational performance. The primary objective is to analyze the influence of variations in operational parameters on the desorption and electrodeposition processes for gold recovered from fine carbon. This applied research uses an experimental design to examine the effects of critical variables such as desorbing solution concentration, temperature, use of chemical modifiers, current density, and both time and temperature in the electrolysis bath. The results show how these variables affect desorption capacity, metal recovery efficiency, and electrodeposition purity. Additionally, optimal operational parameters were identified, promoting a more efficient regeneration cycle, reducing losses, and improving the final gold concentration in both the eluted solution and the cathode.

Keywords: Desorption, Electrodeposition, Gold recovery, Hydrometallurgy.

INTRODUCCIÓN

La recuperación de oro constituye un proceso fundamental en la actividad minera, debido a su importancia económica y a la necesidad de optimizar los métodos que permitan obtener mayores concentraciones del metal con un uso eficiente de recursos.

La planta Yuracmayo S.A.C. ubicada en la región de Vitor, provincia y región de Arequipa, está diseñada para recuperar oro y plata mediante el proceso de Pulpa de Carbón (CIP). Durante las etapas de mezclado y procesamiento se produce una cantidad importante de carbón fino, que debido a su pequeño tamaño no puede ser tratado eficazmente por el sistema de desorción y electrodeposición existente, provocando pérdidas de metal valioso.

El objetivo de este estudio es introducir un sistema adecuado de desorción y electrodeposición que permita la recuperación de oro en carbón fino cambiando parámetros como la concentración de alcohol y soda caustica para optimizar la eficiencia del proceso. El estudio busca mejorar la recuperación de oro, aumentar la rentabilidad de la planta y ofrecer una alternativa técnica que pueda aplicarse a otras minas con condiciones similares

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLA

ÍNDICE DE FIGURA

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.3.	Formulación del problema	3
1.3.1.	Problema general	3
1.3.2.	Problemas específicos	3
1.4.	Formulación de objetivos.....	3
1.4.1.	Objetivo general.....	3
1.4.2.	Objetivos específicos	3
1.5.	Justificación de la investigación	4
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio.....	6
------	------------------------------	---

2.2.	Bases teóricas - científicas	9
2.2.1.	Ubicación de la planta concentradora.....	9
2.2.2.	Recuperación de oro	10
2.2.3.	Carbón fino	11
2.2.4.	Desorción	12
2.2.5.	Electrodeposición.....	14
2.2.6.	Dimensiones.....	15
2.3.	Definición de términos básicos	17
2.4.	Formulación de la hipótesis	18
2.4.1.	Hipótesis general.....	18
2.4.2.	Hipótesis específica	18
2.5.	Identificación de las variables.....	18
2.5.1.	Variable independiente	18
2.5.2.	Variable dependiente	18
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	19

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	20
3.2.	Nivel de investigación.....	20
3.3.	Métodos de investigación	21
3.4.	Diseño de investigación	21
3.5.	Población y muestra.....	23
3.6.	Técnicas e instrumento de recolección de datos	24
3.7.	Técnicas de procesamiento y Análisis de datos	24
3.8.	Tratamiento estadístico	25

3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica	25
------	---	----

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	26
4.1.1.	Análisis de generación de carbón fino	26
4.1.2.	Tonelaje global de carbón fino	28
4.1.3.	Distribución de generación de carbón.....	30
4.1.4.	Análisis granulométrico	30
4.1.5.	Modificaciones del reactor de desorción	36
4.1.6.	Proceso de desorción.....	48
4.1.7.	Operación del circuito con carbón fino.....	52
4.1.8.	Inversión del proceso e implementación.....	57
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	59
4.2.1.	Adición de carbón	59
4.2.2.	Control de parámetros en desorción	62
4.2.3.	Análisis de la ciencia de desorción	64
4.2.4.	Balance de desorción	66
4.2.5.	Balance de fundición.....	71
4.3.	Prueba de hipótesis	73
4.4.	Discusión de resultados.....	74

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLA

	Página.
Tabla 1. Operacionalización de Variables-Definición-Dimensión e Indicadores	19
Tabla 2. Obtención del carbón en diversas campañas	29
Tabla 3. Generación de carbón fino por Campaña.	30
Tabla 4. Análisis granulométrico método clásico de la muestra C#1 -25 (Bloque A)	31
Tabla 5. Análisis granulométrico por método RR y GGS de la muestra C#1 -25 (Bloque A)	32
Tabla 6.F80 método GGS de la muestra C#1 -25 (Bloque A).....	32
Tabla 7. F80 método RR de la muestra C#1 -25 (Bloque A)	33
Tabla 8. Constante de ajuste de la muestra C#1 -25 (Bloque A).....	33
Tabla 9. Análisis granulométrico método clásico de la muestra C#2 -25 (Bloque B).....	34
Tabla 10. Análisis granulométrico método GGS y RR de la muestra C#2 -25 (Bloque B)	35
Tabla 11. F80 Método GGS de la muestra C#2 -25 (Bloque B).....	35
Tabla 12. F80 Método RR de la muestra C#2 -25 (Bloque B)	35
Tabla 13. Constante de ajuste de la muestra C#2 -25 (Bloque B)	36
Tabla 14. Parámetros de operación en la desorción de carbón fino.....	37
Tabla 15. Parámetros de proceso en desorción de carbón fino.....	37
Tabla 16. Parámetros operativos de operación	52
Tabla 17. Presupuesto de la inversión en la modificatoria del circuito de desorción.	57
Tabla 18. Presupuesto de la inversión en los insumos para el proceso de desorción.	59
Tabla 19. Inventario de carbones que pertenecen (bloque A)	60
Tabla 20. Inventario de carbones que pertenecen (bloque B).....	61
Tabla 21. Control de parámetros de operación del Bloque A.....	62
Tabla 22. Control de parámetros de operación del Bloque B	63
Tabla 23. Eficiencia y balance de desorción del bloque.....	68

Tabla 24. Eficiencia y balance general de desorción de Au	70
Tabla 25. Eficiencia y balance de desorción de Ag	71
Tabla 26. Proyección de precipitado Au - Ag.....	71
Tabla 27. Doré obtenido del precipitado.....	72
Tabla 28. Gramos de Au retenido en escoria.	72
Tabla 29. Eficiencia de fundición - fundición/desorción.....	72
Tabla 30. Beneficio del proyecto.	73

ÍNDICE DE FIGURA

Página.

Figura 1. Ubicación de la Planta Yuracmayo	9
Figura 2. Diagrama de pesos obtenidos en todo el stock de carbón fino	29
Figura 3. Curva granulométrica de la muestra C#1 -25 (Bloque A).....	33
Figura 4. Curva granulométrica de la muestra C#2 -25 (Bloque B).....	36
Figura 5. Plano de la instalación de filtros en la parte superior del reactor.	39
Figura 6. Plano de las modificaciones de hongos a filtros.....	41
Figura 7. Plano de filtro cónico de malla #50.	43
Figura 8. Plano del circuito de desorción.....	46
Figura 9. Plano del área de desorción electrodeposición y fundición.....	51
Figura 10. Curva de desorción y electrodeposición del bloque A	64
Figura 11. Eficiencia de desorción del bloque A	65

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La Planta Yuracmayo S.A.C., ubicada en el distrito de Vitor, provincia y departamento de Arequipa, es una empresa minera que se dedica al tratamiento de minerales oxidados, sulfurados y mixtos para la recuperación de oro (Au) y, como valor agregado, plata (Ag), mediante la tecnología de carbón activado en pulpa (CIP). Durante el proceso metalúrgico, el carbón activado es sometido a agitación continua junto con la pulpa mineral, lo que origina la generación de carbón fino (malla #16, 1190 μm) por efecto de la fricción de las hélices de los tanques de agitación. Este material se acumula en distintas etapas del proceso, como en la cosecha, lavado de pulpa, tuberías de descarga, traslado al área de desorción, lavado ácido y regeneración térmica. Actualmente, la planta cuenta con un stock de 4,122.41 kg de carbón seco con un contenido metálico de 0.175 g/kg, equivalente a un 3% del total de carbón tratado, lo cual representa un volumen de valor económico significativo. Sin embargo, el reactor existente no permite realizar la desorción del carbón fino, ya que este puede obstruir los conductos del sistema y afectar su funcionamiento. Asimismo, si el carbón fino llega

a las celdas electrolíticas, se mezcla con el lodo áurico, disminuyendo la pureza del precipitado e impidiendo la adecuada fundición de los bullones. En consecuencia, se determina que el problema central radica en la ineficiencia del sistema actual de desorción y electrodeposición para el tratamiento del carbón fino, lo que genera pérdidas metálicas y reduce la eficiencia global del proceso. Frente a esta situación, se plantea la necesidad de implementar un sistema específico de desorción y electrodeposición, acompañado de la modificación de los parámetros de operación particularmente las concentraciones de alcohol y soda cáustica con el propósito de optimizar la liberación y recuperación del oro contenido en el carbón fino y mejorar la calidad del producto final.

1.2. Delimitación de la investigación

- A. Espacial:** El trabajo de investigación se realizará en el circuito de desorción de la misma planta con algunas modificaciones, cuya planta fue diseñada y construida por mi persona.
- B. Temporal:** El trabajo de investigación se plantea realizar en los meses de mayo hasta octubre del año 2024.
- C. Metodológica:** La investigación es de tipo experimental aplicada, basada en el tratamiento del carbón fino de la Planta Yuracmayo S.A.C. Las pruebas y análisis se realizarán en el laboratorio químico-metalúrgico, mientras que los cálculos y monitoreos del proceso se efectuarán en las oficinas de jefatura y supervisión de desorción.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo incide la variación de los parámetros operativos en los procesos de desorción y electrodeposición del oro a partir del carbón fino en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024?

1.3.2. Problemas específicos

- A. ¿De qué manera influye la presencia de carbón fino en la eficiencia de la desorción y en la solubilidad del oro en la solución eluyente en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024?
- B. ¿Cómo afecta la composición y concentración de la solución eluyente al proceso de electrodeposición y a la formación del lodo áurico en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024?
- C. ¿Cuáles son los parámetros operativos óptimos para maximizar la recuperación de oro en los procesos de desorción y electrodeposición del carbón fino en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar la influencia de la variación de los parámetros operativos en los procesos de desorción y electrodeposición del oro a partir del carbón fino en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024

1.4.2. Objetivos específicos

- A. Evaluar el efecto del carbón fino en la eficiencia de la desorción y en la solubilidad del oro en la solución eluyente en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024

- B. Determinar la influencia de la composición y concentración de la solución eluyente al proceso de electrodeposición y a la formación del lodo áurico en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024
- C. Identificar los parámetros operativos óptimos para maximizar la recuperación de oro en los procesos de desorción y electrodeposición del carbón fino en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024

1.5. Justificación de la investigación

- A. **Teórica:** El estudio contribuirá a la comprensión del proceso de desorción de oro en carbones finos, aportando información que fortalece los fundamentos teóricos de los procesos hidrometalúrgicos.
- B. **Práctica:** El presente trabajo de investigación nos permitirá encontrar parámetros y condiciones óptimas para el tratamiento de desorción con carbón fino y la obtención de un buen precipitado aurífero, incrementando la eficiencia en la recuperación.
- C. **Económica:** La mejora de los parámetros operativos permitirá un uso más eficiente de los reactivos, reducirá costos y aumentará la rentabilidad del proceso productivo.
- D. **Social:** La optimización del proceso de desorción reducirá pérdidas económicas y contribuirá a la estabilidad laboral de los operarios y técnicos involucrados en el proceso.

1.6. Limitaciones de la investigación

Una de las principales limitaciones de la presente investigación es la escasa disponibilidad de información bibliográfica y de antecedentes relacionados con el tratamiento del carbón fino, ya que existen pocas tesis o estudios que aborden de manera específica esta temática. Asimismo, se considera como limitación el diseño y las

modificaciones requeridas para adaptar el circuito de desorción convencional a las condiciones del nuevo sistema destinado al carbón fino, las cuales deberán ser ejecutadas con el apoyo del equipo de mantenimiento de planta.

Por otro lado, la investigación no presenta limitaciones experimentales, puesto que se cuenta con los recursos necesarios, la colaboración del personal involucrado y el respaldo de las jefaturas de planta y laboratorio. Del mismo modo, se dispone de los reactivos, materiales e insumos requeridos, así como del apoyo técnico de los operadores, lo que garantizará el adecuado desarrollo y ejecución del estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

A. Internacional

Según (Oshogwue, Gonzalez, & Parga, 2024), publicó en el Instituto Tecnológico de Saltillo, México el artículo científico “Recuperación eficiente de oro-cianuro del carbón activado mediante tecnología de electrocoagulación” con el objetivo de la recuperación de pérdidas del carbón activado fino, que contiene una cantidad significativa de oro. La metodología experimental para los procesos de adsorción de CA discontinuo se probó a escala de laboratorio utilizando un medio acuoso y una concentración de NaCN de 1000 mg/L. Se elaboró CA finamente molido (Calgon Carbon DG-11 6 × 12 Lote HB184AN-4). Si bien se utilizaron mallas (Wstyler Test Sieve ASTM E11 Standard) para tamizar el CA y producir partículas de diversos tamaños, se empleó un mortero para reducir su tamaño. El medio de prueba se ajustó a 0,5 L de solución sintética con un Au de 10 mg/L en contacto con 0,25, 0,125, 0,05 y 0,01 g de carbón activado de diversos tamaños de

partícula. La reacción se llevó a cabo en un vaso de precipitados Pyrex de 600 mL en un plazo de 24 h.

El estudio concluye que el carbón activado (CA) adsorbe eficazmente el oro, especialmente en ausencia de metales pesados como cobre, cadmio, plata y hierro, del mismo modo el análisis SEM reveló que las partículas más pequeñas ($<20\ \mu\text{m}$) presentan una menor adsorción de oro debido a su superficie plana, posiblemente influenciada por la presencia de iones de silicio.

Según (Korolev y otros, 2020) en su artículo “Mecanismo de extracción selectiva de oro de soluciones multimetálicas por electrodeposición y reemplazo redox” analiza un proceso electroquímico innovador denominado Electrodeposición y Reemplazo Redox (EDRR), orientado a la recuperación selectiva de oro a partir de soluciones que contienen múltiples metales. Los resultados mostraron que una solución acuosa de cloruro mostró ventajas frente al solvente 1:2 ChCl:EG, logrando una recuperación de oro del 94,4% y una pureza del producto del 93,7%, aunque con un leve aumento en el consumo eléctrico. Por tanto, el método EDRR permite una extracción selectiva, eficiente en energía y recursos, del oro a partir de soluciones industriales multimetálicas, incluso cuando se encuentra en bajas concentraciones, también mostraron que la aplicación controlada del potencial y tiempo de electrodeposición permiten lograr una alta selectividad del oro en comparación con otros metales,

B. Nacional

De acuerdo a (Condori Mamani, 2024) en su tesis, “Ampliación y Optimización del Proceso de Desorción en la Recuperación de Oro en la Planta de Beneficio La Joya Mining S.A.C” en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa para optar el título de Ingeniero Metalurgista, tiene por objetivo optimizar

la eficiencia en el proceso de desorción de oro e implementación de equipos adecuados para la ampliación del área de desorción, la parte experimental se desarrolló con la finalidad de encontrar los parámetros adecuados como el voltaje, %NaCN, %NaOH, %Alcohol y la reutilización de la solución eluyente con la finalidad de tratar un mayor tonelaje de carbón y reducir el tiempo de desorción.

La investigación concluyó que se optimizó el proceso de desorción, con una eficiencia del 98.5% (Balance total) en un tiempo de 42 horas, trabajando a los parámetros optimizados. → Se encontraron parámetros ideales para el proceso de desorción, dando como resultados trabajar ahora a 1.5 a 2.0 % NaOH, 0.50 a 0.55% NaCN, 18% de Alcohol Etilico, Solución eluyente nueva, cátodos de malla tricotada y voltaje de 3.5 Voltios.

Tal como señala (Cabrera Ramos & Cuyubamba Cainicela, 2023): en su tesis “Optimización de la eficiencia de adsorción de carbón activado modificando las condiciones de reactivación química en la Planta de Beneficio Paltaruni S.A.C” en la Universidad Nacional del Centro del Perú para optar el título de Ingeniero Metalurgista y de Materiales, tiene como objetivo evaluar la eficiencia de adsorción del carbón activado modificando las condiciones de reactivación química usado en la planta. El diseño fue experimental, tipo aplicada con una muestra de 5kg de carbón desorbido para la preparación del carbón activado y para adsorción se tomó la solución del Over Flow nido previamente pasado por un filtro.

Concluye que las pruebas indican que el carbón reactivado con concentración de 3% de HCl por espacio de 3 horas permite obtener la mayor cinética de adsorción de oro y de plata formulándose ecuaciones simuladas de $y = 1.192x + 21.073$ para el oro y $y = 0.5794x + 9.0936$ con correlaciones de 80 y 87%, respectivamente.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Ubicación de la planta concentradora.

La planta Yuracmayo S.A.C. se encuentra ubicada en el departamento de Arequipa, provincia de Arequipa, distrito de Vitor, en el centro poblado de Yuracmayo, a aproximadamente 13 kilómetros del núcleo urbano del distrito. Esta planta de procesamiento metalúrgico está situada en la zona sur del Perú y cuenta con acceso por la carretera que conecta la ciudad de Arequipa con el distrito de Vitor. Su localización geográfica se caracteriza por un entorno semiárido, con relieve ondulado y condiciones adecuadas para el desarrollo de operaciones minero-metalúrgicas (S.A.C., 2024).

Figura 1. Ubicación de la Planta Yuracmayo



Nota: Elaboración propia

2.2.2. Recuperación de oro

Comprende el conjunto de procesos metalúrgicas orientadas a apartar y obtener el oro contenido en minerales, concentrados o soluciones de lixiviación.

De acuerdo a (Yannopoulos, 2012), este proceso implica una sucesión de etapas que incluyen la lixiviación, adsorción, desorción, electrodeposición y refinación, las cuales deben realizarse bajo circunstancias controladas para maximizar el rendimiento y la pureza del metal. El autor señala que la elección del método de recuperación depende del tipo de mineral, la granulometría del material, la presencia de otros metales y las características del medio químico. En los sistemas modernos de recuperación como el proceso CIP (Carbon in Pulp) y el proceso CIL (Carbon in Leach), el carbón activado desempeña un papel esencial en la adsorción selectiva del oro disuelto, permitiendo una separación eficiente y económica. Posteriormente, la desorción térmica y la electrodeposición garantizan la obtención del oro metálico con alta pureza.

- **Proceso CIP (Carbon in Pulp):** Se define como un método metalúrgico utilizado para la recuperación del oro disuelto en soluciones de cianuro, en el cual el carbón activado granular se mezcla directamente con la pulpa (mezcla de mineral finamente molido y solución de cianuro). En este proceso, el oro se adsorbe en la superficie del carbón activado, debido a su alta afinidad con los compuestos de carbono, permitiendo un apartamiento eficiente del metal precioso sin requerir filtrado previo. Posteriormente, el carbón cargado de oro se separa de la pulpa y se somete a los procesos de desorción y electrodeposición para librar el oro metálico (Training, 2005).
- **Proceso CIL (Carbon in Leach):** Se describe como una variante del proceso CIP, en el cual la adsorción del oro sobre carbón activado ocurre simultáneamente con la lixiviación del mineral. Es decir, el carbón se agrega directamente a los tanques

de lixiviación, permitiendo que el oro disuelto por el cianuro sea adsorbido inmediatamente sobre el carbón activado dentro del mismo sistema. Este método integra ambas etapas (lixiviación y adsorción), lo que reduce el tiempo de procesamiento y mejora la eficiencia en la recuperación del oro, especialmente en minerales con baja ley o de difícil tratamiento (Training, 2005).

La recuperación hidrometalurgia del oro consiste en un conjunto de procesos químicos en los que el metal precioso se disuelve del mineral o material portador utilizando soluciones acuosas y luego se recupera mediante, métodos de precipitación, adsorción o electrodeposición.

Según (Panayotov & Panayotova, 2024), este enfoque permite una extracción selectiva y eficiente del oro, comprimiendo el impacto ambiental frente a los métodos pirometalúrgicos cotidianos. El proceso se basa en tres etapas primordiales: lixiviación, donde el oro es disuelto; purificación o concentración, que separa impurezas; y recuperación, mediante técnicas como la electrodeposición, cementación o adsorción en carbón activado. Los autores destacan que la optimización de variables como el pH, la temperatura, la concentración de agentes lixiviantes y el tiempo de contacto son determinantes para alcanzar una mayor eficiencia metalúrgica. Además, la hidrometalurgia moderna se orienta hacia el uso de reactivos alternativos al cianuro, como el tiourea, tiosulfato o solventes eutécticos profundos, buscando un equilibrio entre eficiencia, sostenibilidad y seguridad industrial.

2.2.3. Carbón fino

A) Tamaño de partícula de carbón

Aunque la distribución del tamaño de las partículas tiene un efecto significativo en la superficie exterior, solo tiene muy pequeño por encima de la superficie específica grande estructura porosa interna desarrollada. En

consecuencia, es un máximo la capacidad de carbón cargado es prácticamente independiente del tamaño de partícula. Sin embargo, el tamaño tiene un gran impacto en longitud promedio de poro en partículas de carbón y la velocidad de adsorción aumenta al disminuir el tamaño de las partículas. Este es un factor importante en los sistemas industriales de adsorción ya que la mayoría lleva a cabo el cargado del carbón por debajo de la verdadera capacidad de adsorción, los rangos de tamaño de 29 partículas de carbones utilizadas en la industria van desde 14x8 mallas a 6x12 mallas. (Marsden & House, 2006).

En la práctica, otros factores afectan la selección de tamaño de partículas de carbón:

1. El cribado del carbón eficientemente se hace grande y dificulta en tamaños finos (típicamente el cribado puede ser ejecutado a 0.7 – 0.8 mm en aplicaciones de pulpas).
2. El carbón fino es más susceptible a las pérdidas por atrición a causa de su gran área superficial a radio de masa, y generalmente es reducido a un tamaño donde pueda dejar la planta más rápido que partículas de carbón gruesas.
3. El carbón fino tiene una baja velocidad de fluidificación que el carbón grueso el cual afecta los diseños de equipos del proceso.

2.2.4. Desorción

Como señala (Alberto & Daniel Ojeda, 2008) “Se denomina desorción, desadsorción o stripping a la operación unitaria inversa cuyo objetivo es eliminar o recuperar una o más componentes minoritarios de la corriente líquida cuando se

transfiere a una corriente de gas”, fue desarrollado en 1952 por el US Bureau of Mines, y es a menudo referido como el procedimiento zadra.

Alternativas del proceso

1. Stripping atmosférica a elevada temperatura (60-90°C), usando 2-5% de NaOH y O, 0.5% NaCN: Se demuestra que el tiempo del stripping decrece con un incremento de temperatura.
2. Stripping a presión, el cual es realmente una extensión del anterior, pero habilitado a un exceso de temperatura (100°C), es el más lento, requiriéndose alrededor de 48 horas para un ciclo strip del carbón, pero es más ventajoso por ser simple siendo sus mayores desventajas:

- El tiempo largo requerido para el stripping
- Ligeramente superior y errático valor de oro sobrecargado en el carbón.

Es técnicamente el mejor, y probablemente el proceso de primera opción para una larga operación, aunque ofrece algunas desventajas como el requerir de un sistema sofisticado como generación de vapor. (Trujillo, 1987)

3. Stripping con alcohol, es trabajo extremado, adoleciendo de la técnica por dos mayores desventajas:
- El alcohol es muy volátil y por lo tanto evaporativo, las pérdidas son altas y por esto es costoso.
 - El vapor del alcohol es considerablemente inflamable, y por ende existe un mayor riesgo de fuego.

Otros orgánicos se han comprobado con la intención de reemplazar al alcohol, pero muestran la desventaja de ser alguno de ellos tóxicos.

2.2.5. Electrodeposición

Según (Trujillo, 1987) es una técnica de recuperar metales preciosos a partir de soluciones diluidas se aplica desde hace 100 años, técnica que a la par ofrece varias ventajas como el de producir metales más puros, es muy económico. Las soluciones a tratar pueden provenir de:

- Licores de lixiviación de menas de oro y palta
- Efluentes de trabajos de metales preciosos.
- Plantas de galvanoplastia en oro y plata en rangos de p.p.m.
- Soluciones gráficas agotadas.

Ventajas

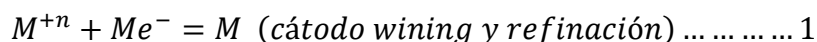
Aplicación de electrones para la recuperación del metal, así evitando el uso de metales menos nobles reductores.

La desorción y la electrodeposición son las últimas etapas del proceso de recuperación del oro adsorbido sobre carbón activado.

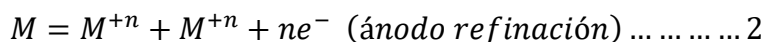
Electroquímica del proceso

El proceso general de electrodeposición es descrito así:

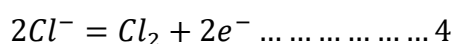
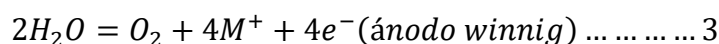
- Reducción de metal ion o ganancia de electrones (reacción catódica)



- Oxidación del metal o pérdida de electrones



- Evolución del gas



En esta fase, el oro se libera del carbono mediante desorción térmica utilizando soluciones de cianuro alcalino calientes utilizando los métodos Zadra o AARL.

Luego, el metal se deposita electrolíticamente en celdas electrolíticas, produciendo un cátodo de metal que, cuando se funde, produce oro o barras de oro. Según (Habashi, 1999) este ciclo cerrado es uno de los métodos más eficientes utilizados en las plantas de procesamiento de oro en la actualidad.

2.2.6. Dimensiones

- **Capacidad de desorción**

La capacidad de desorción se refiere a la cantidad máxima de oro que puede ser liberada desde el carbón activado cargado tras el proceso de desorción, expresada habitualmente como gramos de Au por kilogramo o onzas troy por tonelada de carbón. Por ejemplo, una patente describe que el carbón activado cargado típicamente entre 250 y 1 000 onzas troy de oro por tonelada de carbón presenta una respuesta consistente en el proceso de desorción, indicando que valores dentro de ese rango constituyen una condición operativa aceptable (Patente nº 3,920,40, 1975).

- **Eficiencia de desorción**

Se refiere al grado en que el oro adsorbido en el carbón activado se libera y se transfiere nuevamente a la solución durante el proceso de elución o desorción.

Este parámetro depende directamente de la temperatura, la concentración del agente desorbente y el tiempo de contacto, lo que determina la velocidad y la completitud con que el oro se separa de la superficie del carbón. Una desorción efectiva garantiza una recuperación metalúrgica óptima y extiende la vida útil del carbón activado, reduciendo los costos operativos. La aplicación de soluciones alcalinas calientes (como

el proceso Zadra o AARL) y el ajuste preciso de las condiciones químicas permiten maximizar la transferencia del oro sin degradar la estructura del carbón. Asimismo, el control de los parámetros físico-químicos es esencial para evitar pérdidas de metal y asegurar una electrodeposición de alta pureza. (Panayotov & Panayotova, 2024)

- **Eficiencia de electrodeposición**

Se define como la proporción del oro que logra depositarse sobre el cátodo respecto al total de metal presente en la solución eluida.

Según (Panayotov & Panayotova, 2024), esta eficiencia depende principalmente de factores como la densidad de corriente, la conductividad del electrolito, la temperatura, el pH y el tiempo de operación. Una alta eficiencia de electrodeposición refleja una óptima transferencia de carga eléctrica y una reducción efectiva de iones metálicos en la solución, lo cual se traduce en una mayor pureza del precipitado y una disminución de pérdidas en el proceso. Los autores resaltan que el control de los parámetros electroquímicos y la composición del electrolito son determinantes para evitar la formación de impurezas o la pasivación del cátodo.

- **Control de parámetros.**

Según (Panayotov & Panayotova, 2024), las variables críticas incluyen la temperatura, el pH, la concentración de reactivos, la densidad de corriente y el tiempo de operación, las cuales deben conservarse dentro de rangos óptimos para garantizar una recuperación eficiente del oro y la estabilidad del sistema. El monitoreo perenne de estos parámetros permite evitar pérdidas de metal, degradación del carbón activado o formación de compuestos secundarios no deseados. Los autores subrayan que la

implementación de sistemas de control automatizados y el uso de sensores en línea contribuyen a la optimización del proceso hidrometalúrgico, asegurando reproducibilidad, eficiencia energética y sostenibilidad en plantas nuevas de recuperación de metales preciosos.

2.3. Definición de términos básicos

- **Desorción:** Proceso mediante el cual el oro adsorbido en el carbón activado se libera a una solución eluyente por acción de temperatura, presión y reactivos químicos.
- **Electrodeposición:** Método electroquímico que permite depositar el oro disuelto en la solución eluyente sobre un cátodo metálico mediante corriente eléctrica.
- **Carbón fino:** Fracción pequeña del carbón activado que conserva capacidad de adsorción de oro, generada por desgaste durante el proceso.
- **Recuperación:** Porcentaje de oro obtenido respecto al total contenido en el carbón o solución, indicador de eficiencia del proceso.
- **Oro:** Metal precioso de alta densidad y conductividad, recuperado de soluciones cianuradas mediante adsorción y electrodeposición.
- **Solubilidad:** Capacidad del oro, en forma de complejo aurocianuro, para mantenerse disuelto en la solución eluyente.
- **Eficiencia:** Relación porcentual entre el oro recuperado y el oro disponible, que mide el rendimiento del proceso.
- **Lodo áurico:** Precipitado metálico formado en el cátodo durante la electrodeposición, compuesto principal por oro y plata.
- **Implementación:** Aplicación de mejoras o ajustes en los parámetros operativos para optimizar la desorción y electrodeposición.

- **Solución eluyente:** Mezcla química, usualmente de NaCN y NaOH, utilizada para extraer el oro del carbón activado durante la desorción.

2.4. Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La variación adecuada de los parámetros operativos influye significativamente en la eficiencia de la desorción y electrodeposición del oro a partir del carbón fino en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024

2.4.2. Hipótesis específica

- A) La presencia de carbón fino reduce la eficiencia de la desorción y afecta la solubilidad del oro en la solución eluyente en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024
- B) La composición y concentración óptima de la solución eluyente favorecen la electrodeposición y pureza del lodo áurico en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024
- C) El control de los parámetros operativos permite optimizar la recuperación de oro durante los procesos de desorción y electrodeposición del carbón fino en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable independiente

- Implementación del sistema de desorción y electrodeposición

2.5.2. Variable dependiente

- Recuperación del oro del carbón fino

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1. Operacionalización de Variables-Definición-Dimensión e Indicadores

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente			
Implementación del sistema de desorción y electrodeposición	Consiste en la instalación del	- Capacidad de	- Toneladas
	circuito de desorción con sus	desorción	- Porcentaje
	modificaciones para la	- Eficiencia de	- Porcentaje
	recuperación y	desorción.	- T°, pH, CN,
	electrodeposición del oro.	- Eficiencia de	Voltaje y Amp.
		electrodeposición	
		- Control de	
		parámetros.	
Variable Dependiente			
Recuperación del oro del carbón fino	Relación del peso del oro en la solución eluyente y el peso del oro en el carbón fino.		
	Relación del peso del oro en el precipitado catódico de oro y el peso del oro en la solución eluyente.	Eficiencia de la desorción en la electrodeposición del oro	- Porcentaje de recuperación
	Relación del oro precipitado en el bullón obtenido en la fundición		

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El presente estudio es de tipo aplicada ya que utiliza conocimientos teóricos y técnicos para resolver un problema práctico relacionado con la optimización del proceso de desorción y electrodeposición de oro a partir de carbón fino en Yuracmayo S.A.C. Los resultados obtenidos son directamente aplicables para mejorar la eficiencia operativa y aumentar la recuperación de metales preciosos.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación será aplicativo, ya que los resultados y hallazgos obtenidos se orientan a la implementación práctica de mejoras en los procesos de desorción y electrodeposición del oro, permitiendo su aplicación directa en la Planta Aurífera Yuracmayo y en otras plantas que emplean el método CIP a nivel nacional. Este nivel busca transferir el conocimiento teórico a la práctica operativa, contribuyendo al perfeccionamiento de los procesos metalúrgicos de recuperación de oro.

3.3. Métodos de investigación

El método de investigación es Inductivo, ya que parte de la observación y análisis de resultados específicos obtenidos en el proceso de desorción y electrodeposición, para formular conclusiones generales sobre la eficiencia de los parámetros aplicados.

3.4. Diseño de investigación

Según (Briones, 1996) el diseño para la presente investigación es experimental, porque permite determinar el efecto de una variable independiente (llamada también causal, estímulo o tratamiento) sobre una variable dependiente.

. La evaluación se realiza comparando los resultados obtenidos antes y después de la implementación de los nuevos parámetros en Yuracmayo S.A.C.

El diseño con el que se desempeñara toda la investigación se describe a continuación:

- a. Se inicia con la recolección de carbón de los diferentes puntos en los que haya atrición.
- b. Seguidamente se realizará un zarandeo de todo el carbón obtenido a través de una zaranda 3" x 6" con una malla #16 obteniendo carbón con malla -16 al que denominamos como carbón fino. Todo el carbón recuperado con la malla +16 volverá a proceso por considerarse carbón grueso.
- c. Posteriormente se plantea mejorar la hermetización de carbón para que este no salga del reactor, no llegue al circuito, ni a las celdas de electrodeposición para que no perjudique el proceso ni al control de parámetros.
- d. Se realizará implementaciones de ingeniería para cumplir con las exigencias de la investigación considerando las siguientes disciplinas como:

Metalurgia: encargada del dimensionamiento y diseño de los cambios según la necesidad que el proceso lo requiera, sin afectar el sistema, las capacidades, tipos de reactivos y el control de parámetros implementados para esta investigación.

Mecánica: encargada de las modificaciones que se realizaran al reactor, con una buena calidad de materiales a instalar, con un buen trabajo realizado por la parte mecánica, sin obviar pasos ni procedimientos descritos de la parte metalúrgica que será el usuario de los cambios que se realicen.

Operaciones: la parte operaciones será la encargada de controlar los indicadores de operación, esta no tiene que contar con variación en cuanto a tiempos de residencia, cambios de volumen y/o capacidad.

- e. Se realizarán las gestiones necesarias para iniciar con los cambios propuestos. Empezando por la selección de materiales adecuados para el proceso. Fabricación de filtro tipo cono para el cambio de filtros inferior y superior. Cambio de hongos por mallas, instalación de una válvula de alivio en la parte superior del reactor.
- f. Realizado estos cambios se pone en marcha las primeras pruebas de pre comisionado y comisionado, al finalizar estas pruebas y dando conformidad de la parte operativa se dará el visto bueno al circuito de desorción para proceder con las corridas experimentales de la investigación.
- g. Se dará inicio a las pruebas experimentales teniendo siempre en cuenta la seguridad del personal y el medio ambiente. Se da inicio a estas pruebas experimentales con parámetros de proceso normal en cuanto a concentración de alcohol y concentración de soda, pero con parámetros operativos por debajo de los que comúnmente se realiza en el trabajo diario. Se va levantando poco a poco la presión y el flujo hasta llegar a parámetros óptimos de operación normal.
- h. En estas pruebas se tomarán controles de parámetros operativos como la

temperatura, ph de la elución, fuerza de CN libre, amperaje y voltaje de la celda electrolítica. Adicional a ello se tomarán muestras puntuales de líquido para analizar las leyes de desorción en el laboratorio químico, con estos resultados determinaremos las eficiencias y la efectividad del proceso en determinados tiempos y realizar los ajustes pertinentes si fueran necesarios,

- i. Finalmente se analizarán los datos obtenidos en un balance metalúrgico y eficiencia de la desorción, dándonos una idea más clara del nivel alcanzaron los objetivos propuestos.

3.5. Población y muestra

A) Población

La población con la que se desarrolló la investigación son todas las etapas de generación de carbón fino en la planta Yuracmayo S.A.C. hablamos de las secciones de: cosecha de carbón, desorción, regeneración acida, regeneración térmica y zarandeo de carbón.

En el último proceso mencionado es la clasificación total que se le da al carbón activado para que obtengamos carbón fino y clasificado para realizar una re desorción.

B) Muestra

Se recolectan las cantidades de carbón provenientes de los distintos puntos de generación de carbón fino. Posteriormente, todo el material se homogeniza y se somete a un proceso de zarandeo, del cual se obtiene una muestra representativa del carbón fino. Este procedimiento se realiza en cada campaña. La muestra, de aproximadamente 2 kg, es enviada al laboratorio para el correspondiente análisis de ley.

3.6. Técnicas e instrumento de recolección de datos

Las técnicas empleadas en esta investigación para la recolección de datos serán las siguientes:

- a. Observación del comportamiento del proceso.
- b. Análisis documentales
- c. Análisis de procesos similares.
- d. Experimentación.

Los instrumentos que se usarán en la recolección de datos de esta investigación en desarrollo estarán compuestos por.

- a. Fichas de registro de datos.
- b. Libreta de apuntes.
- c. Hojas de cálculo.
- d. Resultado y leyes del carbón a procesar.

3.7. Técnicas de procesamiento y Análisis de datos

Tras la recopilación de muestras del circuito de molienda, se llevará a cabo un minucioso seguimiento de los informes de operaciones de los molinos de bolas. En esencia, emplearemos instrumentos de recolección de datos para obtener la información más completa y detallada sobre el proceso en curso. Posteriormente, procederemos a evaluar e identificar las condiciones operativas.

En este sentido, se emplearán softwares metalúrgicos de vanguardia para determinar la distribución de partículas. Además, se aprovecharán herramientas con modelos matemáticos para optimizar los parámetros de molienda, asegurando así la máxima precisión en los resultados obtenidos.

3.8. Tratamiento estadístico

Se utilizaron pruebas de desorción en laboratorio para ver de manera más real la viabilidad de la desorción del carbón fino. Asimismo, los cálculos estadísticos, matemáticos, balances de desorción, electrodeposición y fundición. Con las leyes de un antes y después que nos ayudaron a validar la viabilidad y los resultados confortadores al proceso.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Esta investigación se sustenta en una orientación ética basada en la responsabilidad científica, el respeto a los recursos naturales y el apego a estándares de integridad académica. Siempre se dio prioridad a la veracidad de la información, el uso adecuado de las fuentes bibliográficas y la transparencia de los procedimientos técnicos y metodológicos utilizados, también se garantizó que los datos obtenidos y los resultados del estudio sean tratados con confidencialidad, evitando cualquier cambio que amenaza su validez.

Desde el punto de vista filosófico, se basa en un enfoque empírico orientado en la búsqueda del conocimiento a través de la observación, análisis y la experimentación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Análisis de generación de carbón fino

La generación de carbón fino depende de las condiciones de trabajo a las que se someten esta van de una generación mínima de carbón que es en el proceso de desorción, hasta una generación máxima de carbón que se genera en el transporte y tanques de lixiviación. Para cuantificar la generación de carbón fino que se da en diferentes procesos se tuvo que realizar un análisis de malla en cada sección de trabajo y determinas los tipos generación de carbón fino.

A. Tanque de agitación.

En los tanques de agitación la generación de carbón fino es productor de la atricción entre carbón – carbón al tener contacto entre ella se genera partículas más pequeñas.

También hay una generación de partículas finas de carbón cuando existe el contacto entre carbón – metal estas por tener contacto con el rompeolas de los tanques, contacto con el draft de los tanques, porque golpe de las hélices del tanque.

B. Clasificación de pulpa en cosecha.

En este proceso la generación de carbón fino es de tipo carbón – fierro, esto se da porque el carbón tiene contacto con tuberías metálicas y con una malla metálica de acero que sirve para el carbón de la pulpa.

C. Planta de desorción.

La generación de carbón fino en esta etapa es de tipo carbón – choque térmico y abrasión en el manejo de carbón.

Al realizar el proceso de desorción el carbón se somete a condiciones altas de temperatura por lo que se generan partículas muy finas que pueden llegar al proceso electrowinning perjudicando el proceso cuando se realiza la limpieza de lodos.

Una vez culminada el proceso de desorción el carbón se descarga en una poza donde se realiza el lavado y la manipulación del carbón con herramientas manuales como la lampa, rastrillos y el carbón es pisado inevitablemente por el personal de desorción y en el transporte de carbón a los siguientes procesos. El carbón genera partículas finas inevitablemente con el manipuleo del mismo.

D. Regeneración acida y térmica.

En el proceso de regeneración térmica la generación de partículas genera partículas de tipo: carbón – choque térmico y carbón – choque químico.

Tipo de generación de carbón fino por choque térmico es cuando el carbón es sometido a altas temperaturas entre 600 a 900 °C, en los hornos de reactivación térmica eliminando las algas y orgánicos que se adhieran al carbón.

Tipo de generación de carbón fino por choque químico se da cuando el carbón es sometido a una solución acida el cual se quiebra durante la remoción de sales, carbonatos, inorgánicos y ciertas impurezas de estos tipos.

E. Zarandeo y clasificación.

En esta última etapa de generación de carbón, son mínimas las cantidades de partículas generadas ya que al carbón en esta etapa no se somete a choques que puedan dañar demasiado su tamaño y estructura.

Por otra parte, en esta etapa se realiza la clasificación general de todo el carbón fino generados en las diversas etapas y condiciones del proceso.

4.1.2. Tonelaje global de carbón fino

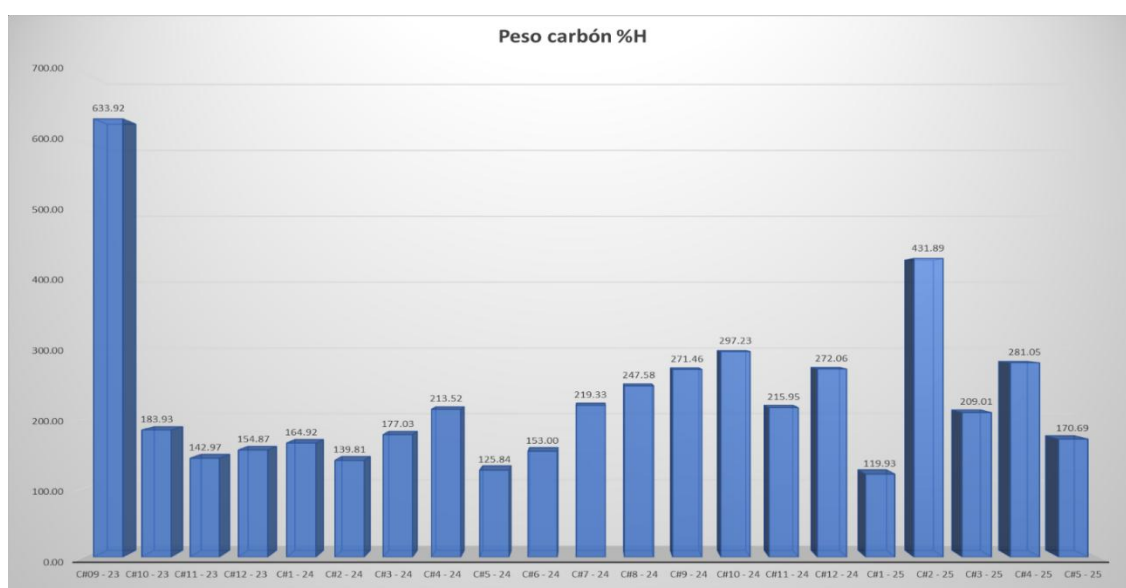
La cantidad de carbón fino que se genera tiene relación particular respecto a la cantidad de bloques que se va a procesar por desorción.

Esto sucede porque generalmente el tramo que recorrerá el carbón a desorber pasará por las etapas de cosecha de carbón, manipulación en carguío y descarga de carbón del reactor, regeneración y zarandeo. Para que el carbón que vaya retornar a proceso planta se encuentre en condiciones de tamaño optimas y alta eficiencia en adsorción recuperando así la mayor cantidad de valores presentes en el proceso.

Tabla 2. Obtención del carbón en diversas campañas

Campañas	Peso carbón %H
C#09 - 23	633.92
C#10 - 23	183.93
C#11 - 23	142.97
C#12 - 23	154.87
C#1 - 24	164.92
C#2 - 24	139.81
C#3 - 24	177.03
C#4 - 24	213.52
C#5 - 24	125.84
C#6 - 24	153.00
C#7 - 24	219.33
C#8 - 24	247.58
C#9 - 24	271.46
C#10 - 24	297.23
C#11 - 24	215.95
C#12 - 24	272.06
C#1 - 25	119.93
C#2 - 25	431.89
C#3 - 25	209.01
C#4 - 25	281.05
C#5 - 25	170.69
	4825.99

Figura 2. Diagrama de pesos obtenidos en todo el stock de carbón fino



4.1.3. Distribución de generación de carbón

A pesar de los duros esfuerzos que se ha realizado para identificar la mayor producción de carbón dentro del proceso no se ha logrado encontrar la distribución exacta de esta generación, en el proceso general de carbón, no se encuentra cuantificada exactamente de manera experimental estos datos que se presentan son la particularidad de que cada fin de proceso cuente con unas mallas que retienen el carbón fino clasificándolos como carbón fino # -25 cada fin de proceso y el zarandeo clasifica carbón fino como # -14 cada fin de campaña. Por eso la diferencia de cantidades en cuanto a la generación de estas.

Tabla 3. Generación de carbón fino por Campaña.

Generación de carbón fino por Campaña.			
	Elementos de agrietamiento	perdida por campaña %	
		kg	%
Tanque de agitación	Carbón	9.12	3.76%
	Paredes metales		
	Hélices		
cosecha	Tubería metálica	18.46	5.45%
	Malla inox		
Planta de desorción	Choque térmico	5.2	2.15%
	Manejo de carbón		
Regeneración	Térmica	4.8	1.98%
	Acida		
Zarandeo	Malla inox	210	86.66%
Total			247.58

4.1.4. Análisis granulométrico

El análisis granulométrico nos ayudara a determinar los tamaños adecuados de las partículas con las que podemos trabajar para realizar la desorción de las mismas.

Para esto se tomaron 2 muestras aleatorias de las siguientes campañas: C#1 – 25 y C#2 – 25 de los que se realizaran las pruebas correspondientes.

a) Análisis granulométrico de la muestra C#1-25

El análisis granulométrico de la muestra tomada se dio en condiciones normales de secado al ambiente a 25 °C.

Para este análisis se tomó 500g de muestra

La granulometría en el que encuentra la muestra de carbón fino es de 1284.86 micrones.

Tabla 4. Análisis granulométrico método clásico de la muestra C#1 -25 (Bloque A)

MALLA N°	ABERTURA (UM)	PESO	%PESO	%PESO ACUMULADO	%PAS EXP
14	1410	3.56	0.71	0.71	99.29
16	1190	169.55	33.91	34.62	65.38
20	841	132.12	26.42	61.05	38.95
30	595	112.52	22.50	83.55	16.45
50	297	54.20	10.84	94.39	5.61
100	149	12.06	2.41	96.80	3.20
140	105	8.10	1.62	98.42	1.58
200	74	3.56	0.71	99.13	0.87
325	44	2.18	0.44	99.57	0.43
400	25	1.91	0.38	99.95	0.05
BANDEJA	-	0.24	0.05	100.00	0.00
	TOTAL	500.00	100.00	F80 EXP.	1284.86
				Malla #	15.14

Nota: Elaboración propia

Para corroborar estos datos se realiza el ajuste por los métodos de RR y GGS.

Tabla 5. Análisis granulométrico por método RR y GGS de la muestra C#1 -25

(Bloque A)

GGS			RR		
X	Y	%PAS. CALCULADO	X	Y	%PAS. CALCULADO
3.15	2.00	94.34	3.15	0.69	83.96
3.08	1.82	70.95	3.08	0.03	73.41
2.92	1.59	39.60	2.92	-0.31	49.52
2.77	1.22	22.14	2.77	-0.75	29.78
2.47	0.75	6.89	2.47	-1.24	8.98
2.17	0.50	2.16	2.17	-1.49	2.49
2.02	0.20	1.20	2.02	-1.80	1.29
1.87	-0.06	0.67	1.87	-2.06	0.66
1.64	-0.37	0.28	1.64	-2.37	0.25
1.40	-1.32	0.11	1.40	-3.32	0.08

Nota: Elaboración propia

Tabla 6.F80 método GGS de la muestra C#1 -25 (Bloque A)

GGS		
PENDIENTE	1.6800	
INTERSECCION	-3.316015451	
K	1459.726235	um
X	1278.17	um
F(X)	80	%

Nota: Elaboración propia

Tabla 7. F80 método RR de la muestra C#1 -25 (Bloque A)

RR		
PENDIENTE	1.905688789	
INTERSECCION	-5.738944621	
K	1026.79	um
X	1318.05	um
F(X)	80	%

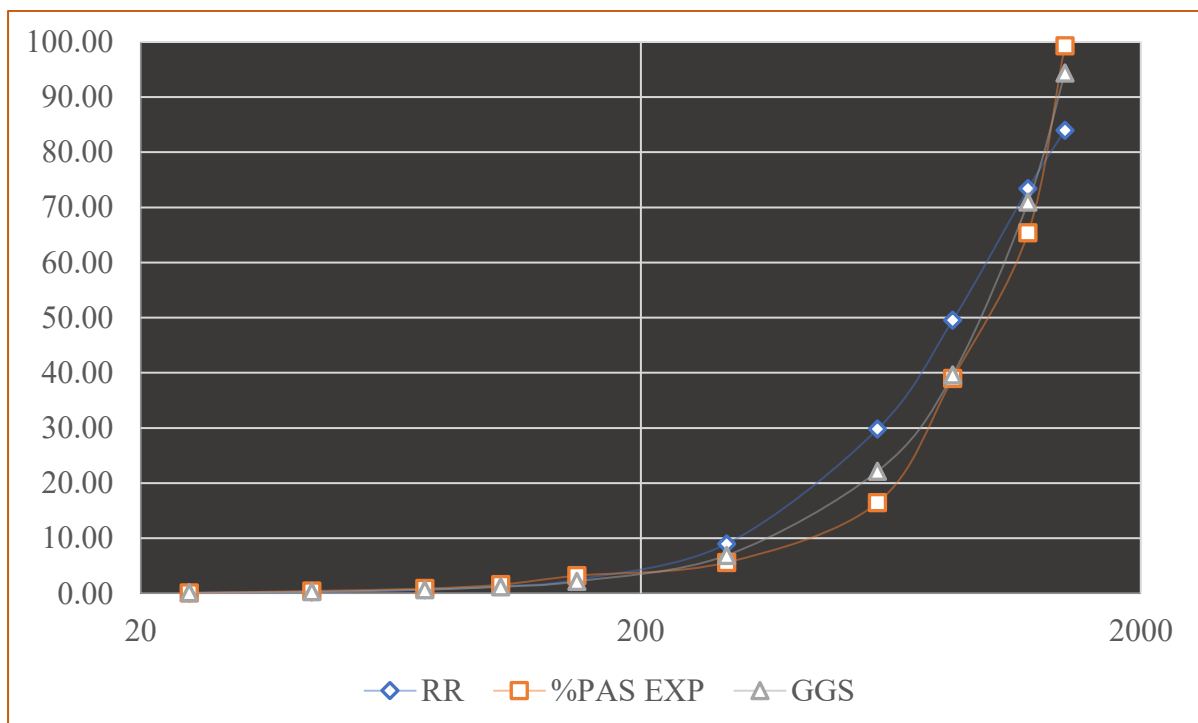
Constante de ajuste.

En la constante de ajuste el promedio entro los tres métodos para la granulometría se encuentra en 1293.69 micrones. (malla # 15.14).

Tabla 8. Constante de ajuste de la muestra C#1 -25 (Bloque A)

	CONSTANTES DE AJUSTE		F80		
	a	Xr	(um)	(mm)	
Gaudin-Schumann	1.6800	1026.79	1278.166	50.321529	76%
Rosin-Rammler	1.90568879	1459.726235	1318.049	51.8917372	82%
F80 EXP.			1284.864		80%
PROM 1293.693					

Figura 3. Curva granulométrica de la muestra C#1 -25 (Bloque A)



b) Análisis granulométrico de la muestra C#2-25

El análisis granulométrico de la muestra tomada se dio en condiciones normales de secado al ambiente a 25 °C.

Para este análisis se tomó 500 g de muestra. la granulometría en el que se encuentra la muestra de carbón fino es de 1270.74 micrones

Tabla 9. Análisis granulométrico método clásico de la muestra C#2 -25 (Bloque B)

MALLA N°	ABERTURA (UM)	PESO	%PESO	%PESO ACUMULADO	%PAS EXP
14	1410	2.86	0.57	0.57	99.43
16	1190	153.46	30.69	31.26	68.74
20	841	131.98	26.40	57.66	42.34
30	595	120.92	24.18	81.84	18.16
50	297	67.81	13.56	95.41	4.59
100	149	10.64	2.13	97.53	2.47
140	105	5.10	1.02	98.55	1.45
200	74	2.25	0.45	99.00	1.00
325	44	2.13	0.43	99.43	0.57
400	25	2.71	0.54	99.97	0.03
BANDEJA	-	0.14	0.03	100.00	0.00
	TOTAL	500.00	100.00	F80 EXP.	1270.74
				Malla #	15.27

Para corroborar estos datos se realiza el ajuste por los métodos de RR y GGS.

Tabla 10. Análisis granulométrico método GGS y RR de la muestra C#2 -25 (Bloque

B)

GGS			RR		
X	Y	%PAS. CALCULADO	X	Y	%PAS. CALCULADO
3.15	2.00	99.65	3.15	0.71	86.36
3.08	1.84	74.26	3.08	0.07	75.98
2.92	1.63	40.69	2.92	-0.26	51.33
2.77	1.26	22.34	2.77	-0.70	30.53
2.47	0.66	6.70	2.47	-1.33	8.86
2.17	0.39	2.03	2.17	-1.60	2.36
2.02	0.16	1.11	2.02	-1.84	1.19
1.87	0.00	0.60	1.87	-2.00	0.60
1.64	-0.24	0.24	1.64	-2.24	0.22
1.40	-1.55	0.09	1.40	-3.55	0.07

El ajuste de la curva se realiza por los métodos de GGS y RR.

Tabla 11. F80 Método GGS de la muestra C#2 -25 (Bloque B)

GGS		
PENDIENTE	1.7332	
INTERSECCION	-3.459632384	
K	1412.874541	um
X	1242.19	um
F(X)	80	%

Tabla 12. F80 Método RR de la muestra C#2 -25 (Bloque B)

RR		
PENDIENTE	1.96917091	
INTERSECCION	-5.9020192	
K	993.60	um
X	1265.22	um
F(X)	80	%

Constante de ajuste

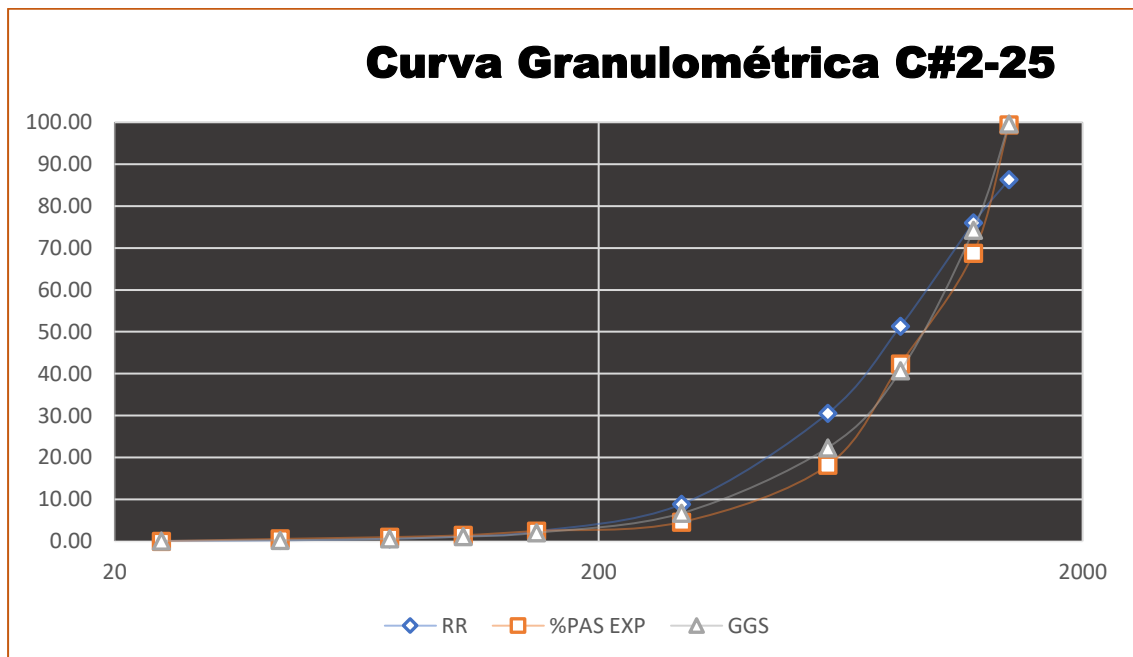
En la constante de ajuste el promedio entre los tres métodos para la granulometría se encuentra en 1253.704 micrones. (malla # 15.27)

Tabla 13. Constante de ajuste de la muestra C#2 -25 (Bloque B)

	CONSTANTES DE AJUSTE		F80		
	a	Xr	(um)	(mm)	
Gaudin-Schumann	1.7332	993.60	1242.191	48.9051833	77%
Rosin-Rammler	1.96917091	1412.874541	1265.217	49.8117381	80%
F80 EXP.			1270.740	50.029171	81%

PROM 1253.704

Figura 4. Curva granulométrica de la muestra C#2 -25 (Bloque B)



4.1.5. Modificaciones del reactor de desorción

En la planta Yuracmayo ya se cuenta con un circuito de desorción, con los datos recopilados en las anteriores pruebas se llegó a la definición que no es necesario realizar

demasiadas modificaciones en el circuito de desorción para realizar el desarrollo de la investigación.

De acuerdo al análisis granulométrico que se realizó a las muestras de carbón fino, en el desarrollo de las investigaciones nos arroja que la malla fina a instalar en el circuito es de malla #50 ya que el porcentaje máximo del carbón fino se encuentra por debajo de la abertura de malla mencionada.

Como se mencionó en el desarrollo de la investigación se realizan las siguientes modificaciones.

- Cambio de filtros superior por malla.
- Instalación de una válvula de alivio en la parte superior del reactor.
- Cambio de hongos en la parte inferior por filtros de malla.
- Fabricación de filtro tipo cono.

Tabla 14. Parámetros de operación en la desorción de carbón fino.

Descripción	Parámetro	Unidad
Numero de circuitos	1	Und
Flujo de diseño	4.8 - 5.0	m3/h
Flujo de operación	5.4	m3/h
Volumen de proceso	5.46	m3
Tonelaje de carbón a tratar	1	Ton
Carga electrolítica de celda	1000	Amp.
Numero de ánodos	15	Und
Numero de cátodos	14	Und
Numero de malla en los filtros.	50	#Malla.
Presión de proceso	0 - 2	PSI

Con estos datos de operación se desarrolló el diseño de las modificaciones que se realizara el reactor de desorción con el que se cuenta.

Tabla 15. Parámetros de proceso en desorción de carbón fino

Descripción	Parámetro	unidad
Concentración de CN	0.1 - 0.2	%
Concentración de soda.	2.29	%
Concentración de alcohol	18.31	%
Temperatura de operación.	85	%
Voltaje	3.8 - 4.2	Vol.
Amperaje	500 - 800	Amp.

Modificación de los filtros en la parte superior del reactor.

Para este diseño se tomó todos los criterios para la hermetización del carbón fino dentro del reactor, se instalaron estos filtros con una malla #30 que cumple con las especificaciones requeridas para el tratamiento del carbón fino.

Esto debido se instaló la malla número 30 en el reactor para ya que el más del 83.55% de carbón fino se encuentra por debajo de los 1300 micrones, según el análisis granulométrico esta se encuentre entre la malla 15.14 y 15.27.

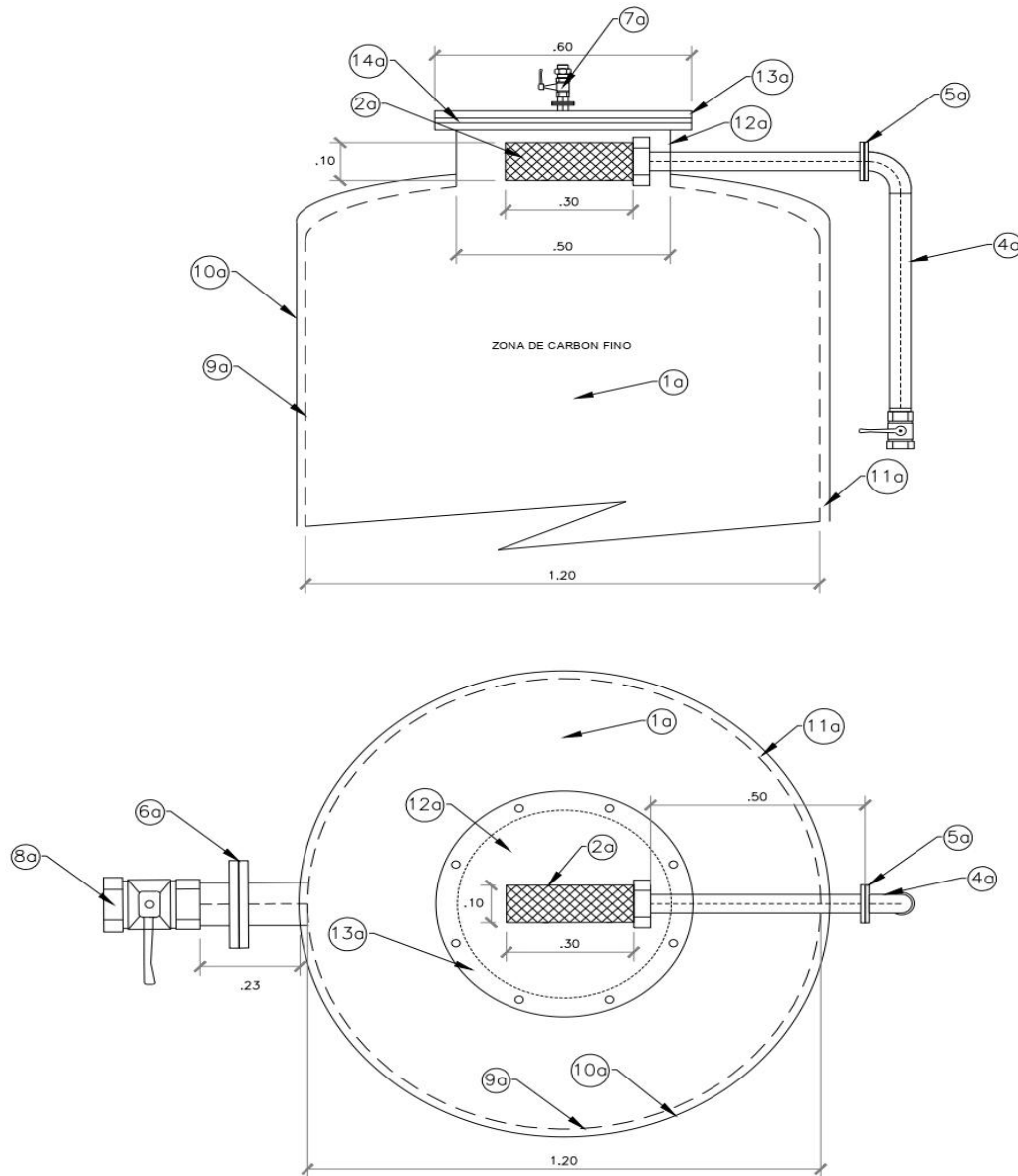
Estos datos calculados nos brindaron todos los argumentos para diseñar y modificar el reactor a nuestra conveniencia, reduciendo al mínimo error posible que se puede presentar como inconvenientes de operación o proceso. Evitando así que carbón fino llegue a mezclarse con el lodo precipitando que afecta grandemente en la etapa de fundición afectando así recuperaciones y valores altamente perjudiciales para una empresa.

Dentro de estas modificaciones también se diseñaron una válvula de alivio para reducir un poco la presión que se genera en la parte interna del reactor por la obstrucción de partículas finas de carbón en la malla instalada.

La presión máxima que debe ejercer en reactor es de 5 psi pasado esta presión se corre el riesgo de que los empaques instalados en el manjole del reactor se averíen ocasionando pérdidas de solución que son altamente perjudiciales para el proceso. (esta

presión se puede observar en los manómetros de presión ya instalados antiguamente en el cuerpo del reactor.

Figura 5. Plano de la instalación de filtros en la parte superior del reactor.



LEYENDA	
ITEM	DESCRIPCION
1a	REACTOR
2a	FILTRO DE MALLA #30"
3a	TUBO DE FIERRO 2"
4a	TUBO DE FIERRO 4"
5a	BRIDA DE FIERRO 2"
6a	BRIDA DE FIERRO 4"
7a	VÁLVULA DE ALIVIO 1"
8a	VÁLVULA DE 4"
9a	PLANCHA DE FIERRO 3/16"
10a	PLANCHA DE FIERRO 1/16"
11a	AISLANTE FIBRA DE VIDRIO
12a	MANHOLE DE REACTOR
13a	TAPA DE MANHOLE
14a	EMPAQUETADURA DE JEVE

Se indican algunas especificaciones en cuanto a la fabricación y los materiales que se usaron en el diseño de los filtros instalados y la válvula de alivio instalados en la parte superior del reactor

Zonas donde ocurrirá el rebose de la solución strip cargada de Au en estado iónico.

Especificaciones del filtro:

- Dímetro de filtro = 4"
- Longitud de filtro = 40 cm
- Diámetro de tubería de filtro = 2"
- Longitud de tubería de filtro =10 cm
- Abertura de malla filtro = #30
- Material de filtro = fierro SCH40
- Material de malla = acero Inox.
- Altura de instalación del filtro. = -10 cm (altura de manjole)
- Numero de filtros. = 1

Especificaciones de la válvula de alivio:

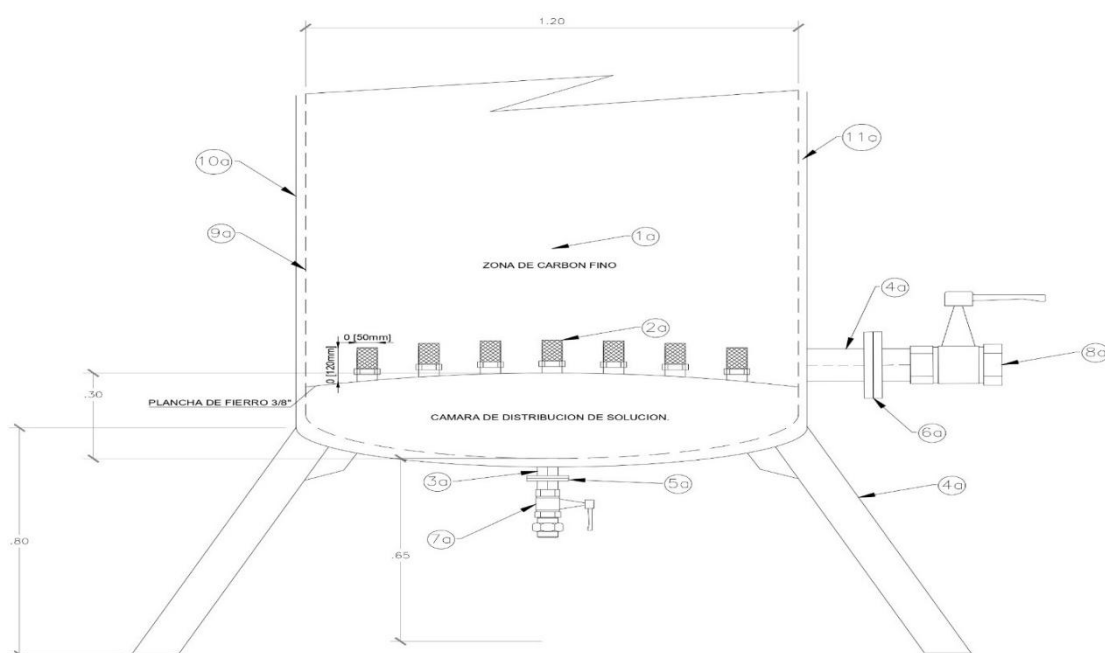
- Dimensión. = 1"
- Longitud de tubería de filtro =5 cm
- Instalación = en la tapa del manjole
- Material de válvula. = inox
- Material niple = fierro SCH40

Modificación de hongos a filtros en la parte inferior del reactor

Inicialmente el reactor tenía 12 hongos instalados en la base del reactor para la retención de carbón grueso en la parte interna de la misma para que esta no pueda llegar a la cámara de distribución de solución.

Con el análisis granulométrico se puede determinar que gran parte del carbón fino pasaría por los orificios con los que cuenta el sistema de hongos. Tomando todas las consideraciones se optó por la modificación en la parte inferior del reactor de hongos a filtros de malla, reduciendo así los problemas que ya tenía con anterioridad en el proceso de carbón grueso, ya que los hongos instalados dejan escapar carbón grueso a la cámara de distribución por los orificios que tiene.

Figura 6. Plano de las modificaciones de hongos a filtros.



LEYENDA	
ITEM	DESCRIPCION
1a	REACTOR
2a	FILTRO DE MALLA #30"
3a	TUBO DE FIERRO 2"
4a	TUBO DE FIERRO 4"
5a	BRIDA DE FIERRO 2"
6a	BRIDA DE FIERRO 4"
7a	VÁLVULA DE 2"
8a	VÁLVULA DE 4"
9a	PLANCHA DE FIERRO 3/16"
10a	PLANCHA DE FIERRO 1/16"
11a	AISLANTE FIBRA DE VIDRIO

Especificaciones del cambio de hongos a filtros:

- Numero de filtros. = 12
- Altura de niple instalado. = 3cm
- Diámetro de base del reactor. = 1.20 m
- Abertura de malla filtro = #30
- Material = Plancha de fierro 3/16"
- Cámara de distribución. 30 cm
- Diámetro de filtros = 2"

Se realiza el diseño para la instalación de filtros, con esto se puede controlar el paso de las partículas solo con un cambio de malla dependiente la granulometría deseada.

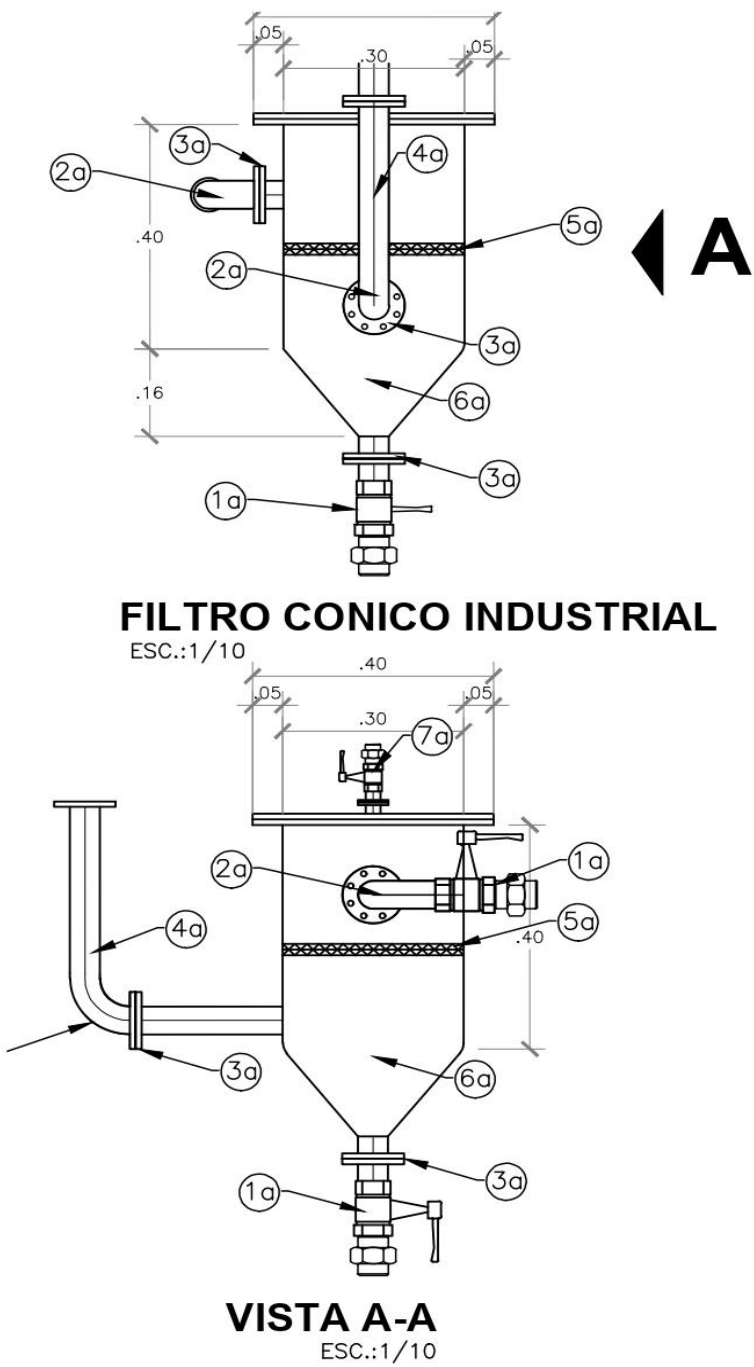
El cambio de malla se realiza con el mismo número de hongos con los que contaba el reactor

Diseño del filtro tipo cono que se implementara en el circuito

Este filtro que se implementó al circuito de desorción tiene la particularidad de capturar partículas finas que logren salir del reactor particularmente una malla interna # 50 en el centro de su estructura.

Toda partícula fina carbón, mineral fino y pajilla de proceso son atrapadas en este filtro cónico evitando que lleguen a la celda electrolítica.

Figura 7. Plano de filtro cónico de malla #50.



LEYENDA	
ITEM	DESCRIPCION
1a	VÁLVULA DE 2"
2a	CODO DE 90°X2"
3a	BRIDA DE 2"
4a	TUBO DE 2"
5a	MALLA #50
6a	ZONA DE FINO -#50
7a	VALVULA DE 1"

Especificaciones del filtro cónico:

- Abertura de malla. = #50
- Diámetro de filtro = 30 cm
- Altura de filtro = 56 cm
- Altura de retención de carbón = 36 cm
- Material = Plancha de fierro 3/16"
- Válvulas de 2" = 3
- Válvula de 1" = 1
- Material de válvula = inox
- Material de malla = acero Inox
- Altura de instalación de la malla = -20 cm (altura de tapa superior)

Este filtro está diseñado e instalado en el circuito de desorción por la facilidad en la que se puede realizar la limpieza de la malla sin realizar una parada larga que afecte los tiempos de desorción en caso la obstrucción sea excesiva.

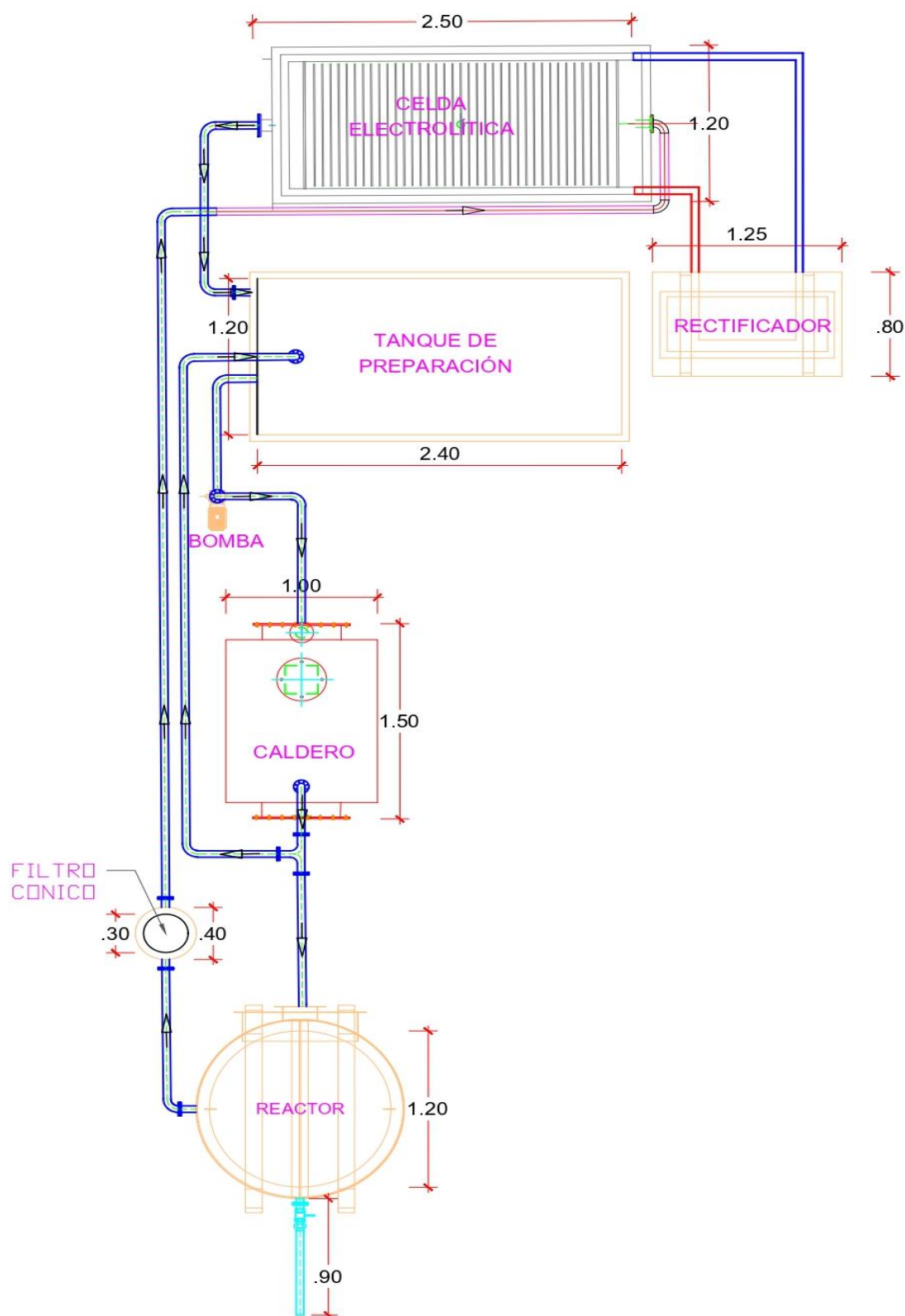
Detalle de operación y limpieza del filtro cónico instalado en el circuito de desorción:

- La solución rica que sale del reactor por la malla #30 instalada en la parte superior del reactor es dirigida al filtro cónico para la captación de partículas finas que logren pasar la malla ya mencionada.
- El ingreso de solución rica al filtro cónico es por la parte inferior de la malla instalada.
- El flujo que circula en el filtro es ascendente de abajo hacia arriba empujado por la bomba del circuito de desorción.
- La solución pasa por la malla #50 y sale por la válvula 1a como una especie de rebose la cual va dirigida a la celda de electrodeposición.

- Todos los sólidos que puede captar la malla instalada se quedan atrapada en la parte inferior.
- Para realizar la limpieza de todos los sólidos captados por la malla en necesario cerrar el ingreso y salida de la solución rica.
- Cuando se tenga hermetizado el filtro se procede a descargar por la válvula ubicada en la parte baja del filtro toda la solución rica que contenga, para no tener pérdidas de fino en el balance de desorción; para esto también se realiza la apertura de la válvula de 1" instalada en la parte superior.
- Habiendo evacuado la solución rica se procede a inyectar agua fresca a presión por la parte superior del filtro (válvula de 1") logrando que todos los sólidos retenidos caigan y salgan del filtro por la parte inferior.
- Una vez finalizado la limpieza de malla se procede a cerrar las válvulas inferiores como superior y nuevamente se apertura las válvulas laterales de ingreso y salida de solución para continuar con el proceso de desorción.
- Este proceso puede demorar de 2 a 5 minutos como máximos logrando eliminar la máxima cantidad de sólidos finos que obstruyendo o dificultan la circulación de la solución en todo el circuito.

Especificaciones de operación del circuito de desorción.

Figura 8. Plano del circuito de desorción



El circuito de desorción modificado para el tratamiento de carbón fino cuenta con los siguientes equipos.

- **Tanque de preparación:** también llamado tanque strip, fabricada con plancha de fierro 3/8", fibra de vidrio para hermetizarla de calor y recubrimiento externo con plancha de fierro 1/16, volumen de 2.7 m³ de solución, una tubería de 2" para salida de solución hacia bomba solución, dos tuberías de ingreso de 2" y 3" para recirculación de solución en proceso de calentamiento y retorno de celda electrolítica respectivamente.
- **Bomba:** bomba 3HP, centrífuga 2" x 1/2" de inox, resistente a temperaturas hasta a 120 °C.
- **Caldero:** construida con plancha de fierro de 3/8", 12 tubos redondo 1 1/2" de fierro SCH 80, recubierta con ladrillo refractario y plancha de 1/4", 2 manjole de ingreso y salida de solución, una tubería de 2" ingreso de solución, una tubería de 2" salida de solución, un quemador de combustible de 1.7 HP de 1 – 6 gal/h, una termocupla tipo k de cerámica al interior de caldero, un termo pozo y termocupla tipo j de inox instalada en línea de tubería para medir temperatura de solución circulante y finalmente una chimenea para evacuar gases del caldero.
- **Reactor:** el reactor modificado es tiene una capacidad de 2 ton de carbón, cuenta con mallas #30 instaladas en la parte superior e inferior del reactor, un manjole de 50 cm de abertura para el llenado de carbón, una tubería de 4" para la descarga de carbón, tuberías de 2 pulgadas para el ingreso y salida de solución strip, válvula de alivio de 1", construida con plancha de fierro de 3/8", fibra de vidrio para hermetizarla de calor, recubrimiento externo con plancha de fierro 1/16, manómetro de presión y temperatura.

- **Filtro tipo cónico:** fabricada con plancha de fierro 3/16", con malla instalada #50, 3 tuberías de 2" ingreso, salida de solución, válvula de limpieza y una tubería de 1" para válvula de alivio, tapa tipo manjole de 40 cm
- **Celda electrolítica:** material de polipropileno 3 m³, de 15 ánodos y 14 cátodos, tubería de 2" para ingreso se solución, tubería de 3" para rebose de solución, tubería de 1 1/2" para cosecha de precipitado, manómetro de temperatura en ingreso de la solución.
- **Rectificador:** el rectificador de corriente cuenta con 6 equipos rectificadores, capacidad de 1000 Amperios, capacidad de voltaje de 3 a 5 voltios, barra de cobre de 2000 Amperios. Controlador de voltaje, controlador de amperaje, potenciómetro de 10 ohmios.

4.1.6. Proceso de desorción

El carbón fino que se quiera desorber se encuentra almacenados en sacos de poli propileno de 25 kg aprox. Esto será trasladado hacia el reactor de desorción a través de un cargador frontal que a su vez también hará el trabajo de Izaje para la alimentación correspondiente al reactor. En este punto el carbón es almacenado en una plataforma esperando ser alimentado al reactor, el personal realizara la adición de carbón al reactor de manera manual saco por saco, cortando la rafia con un cúter, a través de la brida en la parte superior del reactor repitiendo la acción hasta llenar por completo.

Terminado el carguío de carbón hasta sobrepasar los filtros instalados se procede a cerrar la brida con unos pernos en los lados laterales.

Por otra parte, se iniciará con la preparación de solución eluyente en el tanque se solución strip adicionando 5.46 m³ de agua fresca o solución barren de procesos anteriores de desorción.

Una bomba centrífuga de temperatura de 3 hp es la encargada de recircular la solución a través del caldero y tanque strip mientras se realiza la preparación de solución eluyente, los cuales consisten en adicionar 125 kg de soda para lograr una concentración de 2.75% de soda.

En cuanto la preparación de CN no es relevante la adición, debido a que durante el proceso de electrolisis se rompen los complejos áuricos liberando cianuro en la solución eluyente hasta un máximo de concentración de 0.2%.

Para la adición de alcohol la temperatura de la solución eluyente debe alcanzar un mínimo de 60 °C, el cual se puede observar en los manómetros de temperatura y en las termocuplas instaladas en línea de manera digital. Cumpliendo estas condiciones se adiciona alcohol la cantidad de 800 litros logrando una concentración de 18.31% en la solución eluyente. Completando el proceso de preparación de solución que será la encargada de extracción de oro y otros metales que contiene el carbón fino a desorber. Esta solución preparada se enviará al reactor cargado de carbón fino solamente con un cambio de válvulas, el flujo recomendado para nuestro proceso es de 5.4 m³/h esto es regulado solamente aperturando y/o cerrando la válvula de retorno hacia el tanque strip.

Esta solución pasará a través del carbón en el reactor enriqueciéndose de oro, para eso se debe apertura las válvulas de alivio y válvulas que dirijan a la solución hacia las celdas de electrodeposición.

Para iniciar el proceso electrolítico la temperatura de la solución eluyente debe estar a 60 °C como mínimo.

El proceso de electrodeposición consiste en someter a la solución eluyente a una corriente continua a través de ánodos y cátodos proveniente de un rectificador de corriente. en este proceso se aplicará de 3.8 a 4.2 voltios de corriente continua a la

solución llegando a una capacidad entre 500 a 800 amperios logrando la precipitación de oro en estado de lodo metálico o también conocido como lodo áurico.

La solución eluyente que haya depositado el oro cargado continuara su secuencia llegando al tanque de solución strip como solución pobre en oro cerrando el ciclo para volver a repetir todo el circuito realizando el proceso de desorción hasta que la solución eluyente tenga mínimas cantidades de oro cargado.

El proceso se realizó en circuito cerrado durante 36 horas, pasado este tiempo el carbón fino desorbido se queda con bajos valores de oro.

Para la descarga de carbón fino primeramente se deberá drenar toda la solución eluyente en el tanque strip para aprovechar los remanentes de reactivo que compone la solución, terminado el drenaje el carbón se debe lavar con agua fría de 2 a 3 veces para eliminar los vapores que desprende el carbón caliente facilitando su manejo.

La solución eluyente después de 3 procesos también se debe descartar ya que en cada proceso se contamina con impurezas perjudiciales para el proceso enviándolo como solución barren en el proceso de planta para aprovechar los valores mínimos que se tiene, por otra parte, al carbón descargado si regresa al proceso de planta se realiza una reactivación química esta se inunda con ácido al 5% para limpiar las impurezas de carbonato que contiene el carbón, pero al ser carbón fino, este carbón solo necesita ser lavado con agua fresca ya por la granulometría que tiene no presta las condiciones para regresar al proceso simplemente serán almacenadas en sacos para su posterior venta y o descarte de la planta.

Este proceso se repitió hasta terminar de procesar todo el carbón fino que teníamos como inventario.

Una vez realizado todo este proceso desde la modificación del circuito de desorción, la modificación de las partes internas del reactor se describen las condiciones de operación que se obtuvo en el proceso de desorción de carbón fino.

PLANTA - ÁREA DE DESORCIÓN
ESC: 1/50

4.1.7. Operación del circuito con carbón fino

Para iniciar con el carguío de carbón fino al reactor modificado de desorción el personal operativo debe contar con los EPPs adecuados como:

- Guates de neopreno.
- Polo manga larga.
- Pantalón Jean antiácidos.
- Zapatos de seguridad.
- Traje tivec
- Respirado full face.
- Filtro de gas.
- Casco
- Lentes.
- Orejeras

Con la finalidad que el polvillo en los sacos no se impregne con el overol, ni cause daños en la piel del personar ya que este polvillo contiene cristales de soda que causan irritación a la piel manos y ojos.

Medidas a controlar.

1. Para el arranque y control en al circuito de desorción se tiene algunas variables que controlamos de manera manual como automática.
2. Estos indicadores son:

Tabla 16. Parámetros operativos de operación

Indicadores	parámetro	unidad
Presión máx. de reactor	5	psi
caudal de proceso.	5.4	m3/h
Nivel en tanque strip	1/2	
Temperatura de solución	82	°C
Concentración de CN	0.1 - 0.2	%
Concentración de soda.	2.75	%

3. En el arranque de proceso, primero se debe controlar el nivel de llenado de carbón al reactor, que sobrepasa los filtros instalados para no tener complicaciones con las pajillas de suciedad que puedan obstaculizar la circulación del eluyente.
4. En el encendido de las bombas 1 y 2, cual sea el caso controlar el flujo de circulación con la válvula de retorno instalada en la parte inferior del reactor. Este control se tiene que realizar de manera manual ya que no se cuenta con un sistema que controle el flujo de circulación de manera automática.
5. Para el control de temperatura el operador debe cerciorarse el encendido de quemador de caldero, para evitar acumulación de petróleo que pueden causar explosiones internas en el interior del caldero. Verificar el chispero de ignición haya encendido de manera correcta.
6. Cuando el proceso ya sea continuo la temperatura será controlada con la termocupla instalada en la línea de circulación del eluyente y observada en el controlador de temperatura ubicada en el tablero principal del circuito.
7. Este controlador de temperatura mantendrá la solución caliente en 82 °C apagando el quemador cuando la solución pase la temperatura indicada y encendiendo el quemador cuando la temperatura baje a 81 °C.
8. Dentro del circuito también contamos con manómetros instalados en la línea de solución y en el reactor, estos manómetros se activan cuando hay una obstaculización en el flujo básicamente entre reactor y el filtro cónico.
9. Este evento ocurre normalmente por la obstaculización de las pajillas en los filtros por tal motivo se debe tener en cuenta el paso I de colocar carbón que sobrepase los filtros instalados a la salida del reactor para disminuir la probabilidad de que ocurra el evento.

10. El otro motivo por el cual la presión pueda ser alterada es por la formación de gases en el reactor debido a que la solución llega a su estado de ebullición.
11. En el desarrollo de desorción de carbón fino nos pasó el evento la desorción del primer bloque. el cambio de presión fue avisado por los manómetros y medidores de presión instalados en el circuito, a lo que el operador tenía que bajar la presión con la válvula de alivio instalada en la parte superior del reactor.
12. El circuito puede aguantar hasta un máximo de 5 psi pasado esa presión indicada los empaques instalados en todas las partes del circuito sufrirán un lagrimeo causando pérdidas de valores que contiene la solución.
13. Esta sobre presión se da en la cámara de caldero, en el manjole del reactor y en la tapa superior del filtro cónico.
14. Si este evento llegara a suceder se tiene que apagar por completo las bombas de circulación ya que esta es la única encargada de elevar la presión hasta causar el evento. Para cualquier eventualidad semejante al sistema de desorción implementado en la planta cuenta con unas trampas donde se recuperarán los valores que puedan salir o escaparse del circuito.
15. A su vez también se cuenta un sistema de bombeo de recuperación de pulpa hacia los tanques principales de cianuración.

Preparación de reactivos.

- **El CN de sodio**

Para preparar la concentración de CN no es necesario la adición de este reactivo, como explique líneas arriba la formación de CN libre se da por electrolisis.

Para esto la concentración de CN en algún valor definido no es un factor determinante para el desarrollo del sistema de desorción en general como es el caso

de la soda y/o la concentración de pH en la solución eluyente.

- **Preparación de soda caustica.**

Para el control de soda caustica en la solución la, preparación de este reactivo se desarrolla en el interior del reactor, se adicionan los 125 kg de soda caustica conjuntamente con el carbón adicionado posterior a ello la solución se hace circular a través del circuito hasta que se logre diluir la soda por completo por un tiempo aproximado de 30 minutos que casi es el mismo tiempo que tarda la solución en llegar a la temperatura indicada de 60 °C para adicionar el alcohol necesario para iniciar con el proceso y los controles de parámetros.

- **Preparación de alcohol 94%.**

Para controlar la concentración de alcohol en el proceso es necesario adicionar 800 litros del alcohol en el tanque strip con las bombas encendidas cuando la solución de soda caustica este circulando ya en todo el circuito, esto ayuda evitar excesiva formación de gases de alcohol en un solo punto.

Hay que evitar de cualquier forma el al gas de alcohol interactúe con el fuego del quemador del caldero, debido a que esta interacción puede causar un incendio masivo por ser el alcohol muy inflamable.

Es importante no desperdiciar esta solución preparada, ya que podemos reutilizar para posteriores desorciones solo compensando las cantidades de reactivos para los siguientes procesos.

Monitoreo.

Para el monitoreo y los controles de desorción se cuenta con los operadores del área.

Estos mismos se encargaron de verificar continuamente que los equipos, las condiciones y los parámetros sean los correctos en toda la parte operativa verificando:

- **Equipos**

Correcto funcionamiento de los equipos como bombas que mantengan un flujo continuo sin alteración de caudal.

El caldero que mantenga la temperatura adecuada llegando a la temperatura de 60 °C en las primeras horas de calentamiento para la adición de alcohol, llegando a los 83 – 84 °C de temperatura durante las primeras horas de proceso si demoras.

Rectificador de corriente que la distribución de energía eléctrica continua llegue en todos los ánodos y cátodos según correspondan con las intensidades y continuidad que se requieran.

- **Condiciones**

Controles en concentración de soda adecuado para la electrodeposición de Au controlando el pH en determinados tiempos del proceso.

Controles en concentración de CN libre en la solución titulando la solución dándole seguimiento al comportamiento dentro la desorción.

Verificación en los controles de temperatura constatando con un pirómetro manual.

Verificación de los manómetros de presión que no sobrepasen las presiones máximas que pueda soportar el reactor.

Temperatura de proceso se mantiene en 84 °C durante las 48 horas que dura el proceso.

- **Parámetros operativos.**

En los controles operativos el operador se encarga de tomar las muestras y entregarlas a laboratorio.

Laboratorio envió los resultados mediante correo y mi persona analizo y evalúo el desarrollo de la desorción obteniendo resultados satisfactorios.

4.1.8. Inversión del proceso e implementación

Para determinar la inversión realizada dentro de las modificaciones del circuito, se tomaron los precios de los materiales e insumos de la base de datos que tienes la planta, sacando un estimado de 5,477.38 soles en materiales y un estimado de 7211.57 en insumos.

Tabla 17. Presupuesto de la inversión en la modificatoria del circuito de desorción.

ITEM	MATERIALES		CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
1	INSTALACIÓN DE FILTROS EN LA PARTE SUPERIOR DEL REACTOR	MALLA #30	1	S/ 69.34	S/ 69.34
2		NIPLE DE 2 " X 6"	2	S/ 5.80	S/ 11.60
3		PLATINA DE 1" X 6M	1	S/ 20.52	S/ 20.52
4		UNIÓN DE FIERRO 2"	2	S/ 26.50	S/ 53.00
5		NIPLE DE FIERRO 1 " X 4	2	S/ 5.96	S/ 11.92
6		VÁLVULA DE BOLA 1"	1	S/ 14.69	S/ 14.69
7	MODIFICACION DE HONGOS A FILTROS	PLANCHA DE FIERO 3/8" X 1200 X 2400	1	S/ 488.12	S/ 488.12
8		MALLA #30	1	S/ 69.34	S/ 69.34
9		NIPLE DE FIERRO 2" X 6	14	S/ 5.80	S/ 81.20
10		BRIDA DE FIERRO 2"	2	S/ 13.84	S/ 27.68
11		UNIÓN DE FIERRO 2"	12	S/ 26.50	S/ 318.00
12		ANGULO DE FIERRO 2" X 1/4 X 6	4	S/ 104.53	S/ 418.12
13		VÁLVULA DE BOLA DE 2"	1	S/ 65.64	S/ 65.64
14	FILTRO CÓNICO DE MALLA #50	TUBO REDONDO 2" SCH 40 X 6	1	S/ 127.20	S/ 127.20
15		CODO DE FIERRO 2"	3	S/ 9.98	S/ 29.94
16		BRIDA DE FIERRO 2"	12	S/ 13.84	S/ 166.08
17		PLANCHA DE FIERO 3/16 X 1200 X 2400	2	S/ 345.56	S/ 691.12
18		MALLA #50	1	S/ 69.34	S/ 69.34

19		NIPLE DE FIERRO 2" X 6	6	S/ 5.80	S/ 34.80
20		VÁLVULA DE BOLA DE 2"	3	S/ 65.64	S/ 196.92
21		NIPLE DE FIERRO 1 " X 4	2	S/ 5.96	S/ 11.92
22		VÁLVULA DE BOLA 1"	1	S/ 14.69	S/ 14.69
23	ADICIONEALES	PERNO 1/4 X 2"	50	S/ 6.45	S/ 322.50
24		TUERCA 1/4"	50	S/ 0.60	S/ 30.00
25		ARANDELA 1/4"	100	S/ 0.60	S/ 60.00
26		SOLDADURA 1/8" 6011	50	S/ 20.60	S/ 1,030.00
27		SOLDADURA 3/16" 7018	50	S/ 15.30	S/ 765.00
28		DISCO DE CORTE 4" X 1/16" X 7/8"	25	S/ 6.98	S/ 174.50
29		DISCO DE DESBASTE 4" X 1/2" X 7/8"	10	S/ 10.42	S/ 104.20
				TOTAL	S/ 5,477.38

El siguiente cuadro detalla la inversión en insumos que se requirió para el tratamiento que se le dio al carbón fino recuperando el contenido valioso que tenía.

Tabla 18. Presupuesto de la inversión en los insumos para el proceso de desorción.

ITEM	INSUMOS	CANTIDAD	UND	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
1	SODA CAUSTICA (NAOH)	250	soles/KG	3.01	S/ 753.50
2	ALCOHOL INDUSTRIAL	1600	soles/Lt	3.26	S/ 5,216.00
3	GAS GLP	180	soles/KG	5.73	S/ 1,031.40
4	BORAX	5	soles/KG	6.67	S/ 33.35
5	NITRATO DE SODIO	1	soles/KG	16.88	S/ 16.88
6	SILICE EN POLVO M200	2	soles/KG	2.63	S/ 5.26
7	BICARBONATO DE SODIO	2	soles/KG	67.59	S/ 135.18
8	ACIDO CLORHIDRICO 33%	5.00	soles/KG	4.00	S/ 20.00
9	PERSONAL OPERATIVO	2	unid	1800	S/ 3600.00
10	TESISTA	1	und	3500	S/ 3500.00
				TOTAL	S/ 14,311.57

Adicionalmente a esta inversión se tuvo gastos como ensayos químicos, pruebas metalúrgicas y de personal operativo, los que no corresponde detallar ya que se contó con los procesos operativos desarrollados dentro de las actividades diarias de la planta.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Adición de carbón

Al iniciar la operación se comenzó con la preparación de la celda electrolítica el encendido del caldero, calentamiento de la solución y carguío de carbón fino al reactor.

A continuación, se detallan las cantidades adicionadas al reactor de desorción para el proceso

Primer proceso de desorción (bloque A).

En esta primera etapa de la desorción se adicionaron carbones zarandeados de las primeras campañas de proceso planta. Inicialmente con 622 kg de carbón siendo la cantidad de carbón finos más representativa que se generó dentro de las operaciones.

En general para la primera etapa (bloque A) se adicionaron 2556.72 kg de carbón húmedo, con una humedad de 15.12% y una ley ponderada de 0.162 g/kg de carbón.

Tabla 19. Inventario de carbones que pertenecen (bloque A)

	Campañas	Peso carbón %H	Ley Au (g/kg)	% Humedad	Peso carbón seco	Au en carbón (g)
BLOQUE A	C#09 - 23	633.92	0.195	16.46%	529.58	103.27
	C#10 - 23	183.93	0.195	16.46%	153.66	29.96
	C#11 - 23	142.97	0.197	14.29%	122.54	24.14
	C#12 - 23	154.87	0.161	14.81%	131.93	21.24
	C#1 - 24	164.92	0.151	15.01%	140.17	21.16
	C#2 - 24	139.81	0.165	13.95%	120.31	19.85
	C#3 - 24	177.03	0.157	14.66%	151.08	23.72
	C#4 - 24	213.52	0.186	12.55%	186.72	34.73
	C#5 - 24	125.84	0.177	15.91%	105.82	18.73
	C#6 - 24	153.00	0.166	17.54%	126.16	20.94
	C#7 - 24	219.33	0.0650	11.68%	193.71	12.59
	C#8 - 24	247.58	0.0980	15.80%	208.46	20.43
	TOTAL	2556.72	0.162	15.12%	2170.14	350.77

Segundo proceso de desorción (bloque B).

Para esta segunda etapa se adicionaron el stock de carbón fino pertenecientes a las siguientes campañas del 24 – 25.

En general para la segunda etapa (bloque B) se adicionaron 2269.27 kg de carbón húmedo, con una humedad de 13.97% y una ley ponderada de 0.190 g/kg de carbón.

Tabla 20. Inventario de carbones que pertenecen (bloque B)

	Campañas	Peso carbón %H	Ley Au (g/kg)	% Humedad	Peso carbón seco	Au en carbón (g)
BLOQUE B	C#9 - 24	271.46	0.1310	16.59%	226.42	29.66
	C#10 - 24	297.23	0.2240	13.32%	257.64	57.71
	C#11 - 24	215.95	0.1440	14.62%	184.38	26.55
	C#12 - 24	272.06	0.1310	12.84%	237.13	31.06
	C#1 - 25	119.93	0.1740	12.17%	105.33	18.33
	C#2 - 25	431.89	0.1940	14.16%	370.73	71.92
	C#3 - 25	209.01	0.2840	13.92%	179.92	51.10
	C#4 - 25	281.05	0.2630	13.92%	241.93	63.63
	C#5 - 25	170.69	0.1470	12.83%	148.79	21.87
	TOTAL	2269.27	0.190	13.97%	1952.27	371.83

En total se contó con 4825.99 kg de carbón húmedo, con 14.58% de humedad presente en el carbón y una ley ponderada de 0.175 g/kg de carbón.

Las leyes obtenidas fueron brindadas por el área de laboratorio químico con el que contamos dentro de la planta.

4.2.2. Control de parámetros en desorción

A. Bloque A

Tabla 21. Control de parámetros de operación del Bloque A

Hora	IN	OUT	Fuerza CN %	pH	T°	Vol.	Amp.	(Ew %)	Au g	Au (g) Acumulados	Eficiencia de desorción (%)
0	0.000	0.000	0.000	0	0.0	0.0	0	0.0%	0.0	0.0	0.00%
2	2.682	2.315	0.050	14	54.0	4.5	413	13.7%	4.0	4.0	1.13%
4	5.800	2.820	0.100	14	64.0	4.6	452	51.4%	32.2	36.1	10.31%
6	9.850	2.550	0.150	14	83.0	4.6	468	74.1%	78.8	115.0	32.78%
8	9.235	2.005	0.190	14	83.0	4.6	495	78.3%	78.1	193.1	55.04%
10	6.850	1.565	0.170	14	84.0	4.6	473	77.2%	57.1	250.1	71.31%
12	4.772	1.110	0.160	14	84.0	4.6	414	76.7%	39.5	289.7	82.59%
14	2.792	0.890	0.160	14	84.0	4.5	411	68.1%	20.5	310.2	88.45%
16	1.744	0.825	0.150	14	85.0	4.1	410	52.7%	9.9	320.2	91.27%
18	1.298	0.540	0.150	13	84.0	4.0	410	58.4%	8.2	328.4	93.61%
20	0.764	0.641	0.130	13	84.0	3.9	402	16.1%	1.3	329.7	93.99%
22	0.381	0.225	0.130	13	84.0	3.9	395	40.9%	1.7	331.4	94.47%
24	0.334	0.215	0.130	13	85.0	3.9	393	35.7%	1.3	332.7	94.84%
26	0.352	0.193	0.120	13	84.0	3.9	390	45.2%	1.7	334.4	95.33%
28	0.300	0.293	0.120	13	85.0	3.9	374	2.3%	0.1	334.4	95.35%
30	0.185	0.133	0.110	13	84.0	3.9	358	28.1%	0.6	335.0	95.51%
32	0.175	0.142	0.110	13	84.0	3.7	350	18.9%	0.4	335.4	95.61%
34	0.198	0.184	0.100	13	84.0	3.9	337	7.1%	0.2	335.5	95.65%
36	0.158	0.102	0.100	13	84.0	3.7	334	35.4%	0.6	336.1	95.82%
38	0.098	0.074	0.100	13	84.0	3.5	305	24.5%	0.3	336.4	95.90%
40	0.120	0.093	0.100	13	84.0	3.5	302	22.5%	0.3	336.7	95.98%
42	0.096	0.073	0.090	13	84.0	3.5	266	24.0%	0.2	336.9	96.05%
44	0.098	0.065	0.080	13	84.0	3.4	222	33.7%	0.4	337.3	96.15%
46	0.072	0.054	0.060	13	84.0	3.4	3.88	25.0%	0.2	337.5	96.21%
48	0.073	0.056	0.040	13	84.0	3.2	3.54	23.3%	0.2	337.7	96.26%

B. Bloque B

Tabla 22. Control de parámetros de operación del Bloque B

Hora	IN	OUT	Fuerza CN %	pH	T°	Vol.	Amp.	(Ew %)	Au g	Au (g) Acumulados	Eficiencia de desorción (%)
0	0.058	0.000	0.040	14	14.0	3.2	326	100.0%	0.6	0.6	0.2%
2	4.062	1.075	0.950	14	65.0	4.3	344	73.5%	32.3	32.9	8.8%
4	7.063	1.532	0.130	14	73.0	4.6	402	78.3%	59.7	92.6	24.9%
6	9.145	3.005	0.190	14	74.0	4.5	498	67.1%	66.3	158.9	42.7%
8	9.225	3.035	0.230	14	75.0	4.5	396	67.1%	66.9	225.8	60.7%
10	7.360	2.289	0.225	14	76.0	4.5	394	68.9%	54.8	280.6	75.5%
12	3.556	1.256	0.220	14	76.0	4.5	392	64.7%	24.8	305.4	82.1%
14	2.235	0.450	0.215	14	77.0	4.5	391	79.9%	19.3	324.7	87.3%
16	1.535	0.354	0.200	14	78.0	4.5	383	76.9%	12.8	337.4	90.7%
18	1.225	0.360	0.190	14	81.0	4.5	365	70.6%	9.3	346.8	93.3%
20	0.956	0.295	0.175	14	82.0	4.5	359	69.1%	7.1	353.9	95.2%
22	0.635	0.185	0.170	14	83.0	4.4	354	70.9%	4.9	358.8	96.5%
24	0.375	0.136	0.170	14	83.0	4.3	338	63.7%	2.6	361.3	97.2%
26	0.286	0.106	0.160	14	83.0	4.3	338	62.9%	1.9	363.3	97.7%
28	0.125	0.105	0.160	14	84.0	4.3	329	16.0%	0.2	363.5	97.8%
30	0.175	0.148	0.130	14	84.0	4.3	317	15.4%	0.3	363.8	97.8%
32	0.150	0.106	0.125	14	84.0	4.3	316	29.3%	0.5	364.3	98.0%
34	0.130	0.089	0.125	14	84.0	4.3	315	31.5%	0.4	364.7	98.1%
36	0.165	0.098	0.125	14	84.0	3.9	314	40.6%	0.7	365.4	98.3%
38	0.123	0.094	0.110	14	84.0	3.6	310	23.6%	0.3	365.8	98.4%
40	0.092	0.056	0.100	14	84.0	3.6	308	39.1%	0.4	366.1	98.5%
42	0.078	0.068	0.100	14	84.0	3.5	308	12.8%	0.1	366.2	98.5%
44	0.046	0.038	0.080	14	84.0	3.4	307	17.4%	0.1	366.3	98.5%
46	0.058	0.045	0.075	14	84.0	3.1	306	22.4%	0.1	366.5	98.6%
48	0.068	0.048	0.075	14	84.0	3.1	304	29.4%	0.2	366.7	98.6%

La recuperación estimada en el desarrollo de la desorción nos arrojó buenos resultados, llegando a una recuperación estimada del bloque A en un 96.26% y un acumulado de finos en 337.7 gramos en la celda electrolítica.

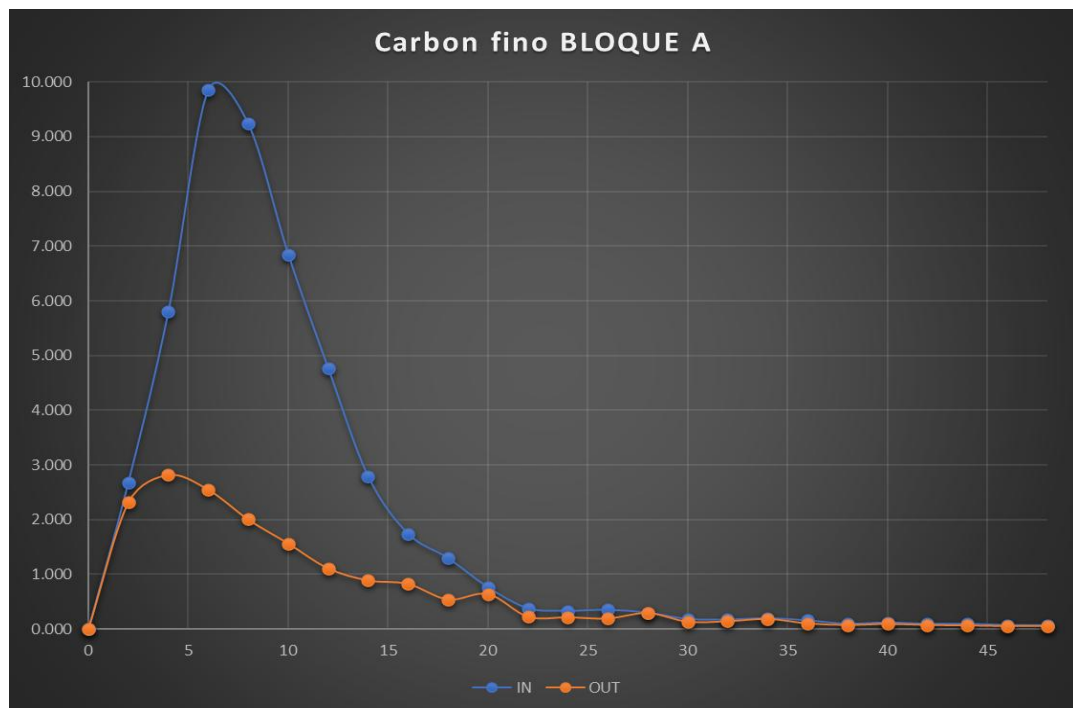
La recuperación estimada del bloque B en un 98.6% y un acumulado de finos en 366.7 gamos también depositados en la celda electrolítica, sin embargo, la recuperación real lo determinamos con un balance metalúrgico de carbones y la fundición del bullón de todo el precipitado obtenido.

4.2.3. Análisis de la ciencia de desorción

Bloque A.

En el bloque A se puedo llegar a desorber 9.85 gr/m3 como pico más alto durante las 6 primeras horas en el proceso de desorción de carbón fino.

Figura 10. Curva de desorción y electrodeposición del bloque A

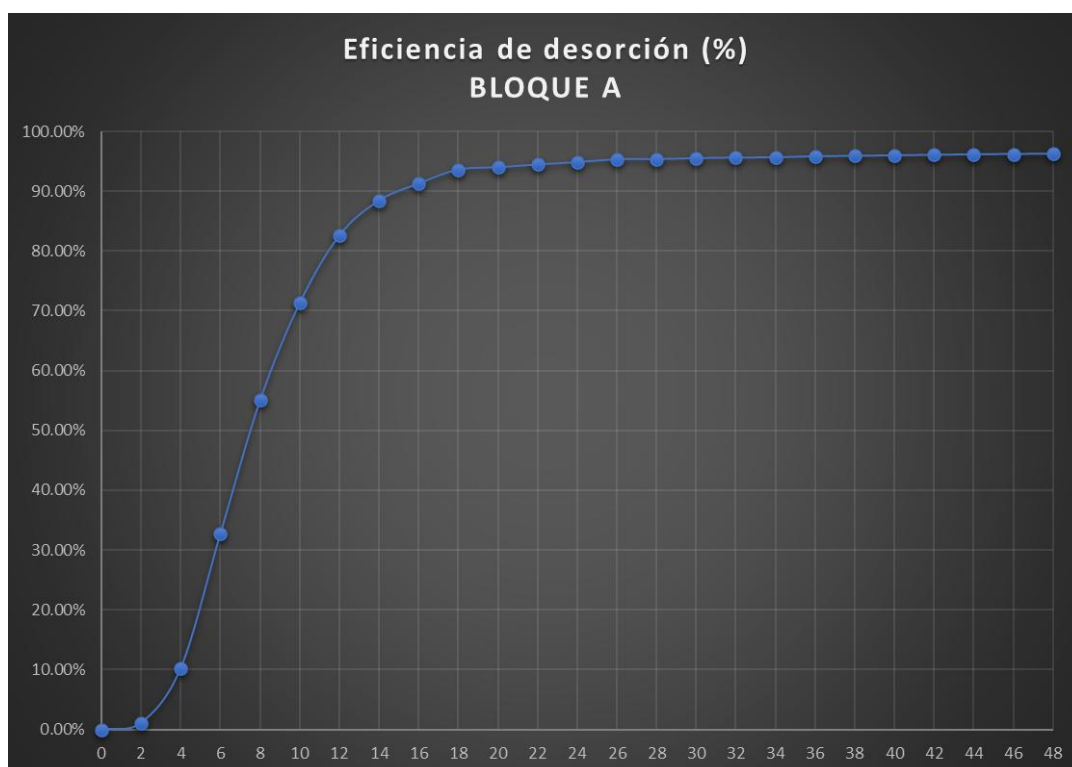


Referente a la eficiencia de desorción del bloque A podemos apreciar que en las primeras 24 horas la eficiencia de desorción con referencia al oro

podemos llegar a un 94.84 % el otro 1.43% de recuperación se da en las próximas 48 horas de proceso.

Esto lo realizamos para dejar las colas mas bajas en carbón ya que después de este proceso no se realizará ningún tratamiento al carbón residual.

Figura 11. Eficiencia de desorción del bloque A



Nota: *Elaboración propia*

En el bloque B se puede llegar a desorber 9.225 gr/m³ como pico más alto durante las 8 primeras horas en el proceso de desorción de carbón fino.

Con los 2 cuadros de cinéticas presentadas se logra apreciar que se obtuvo una desorción favorable en cuanto a la precipitación de gramos de oro en la celda electrolítica.

A continuación, se presenta el balance de fundición de bullón obtenido en el tratamiento del carbón fino.

4.2.4. Balance de desorción

Balance de bloque A.

Tabla 23. Eficiencia y balance de desorción del bloque A

Códigos de carbón	Peso Húmedo (kg)	% Humedad	Peso Seco (kg)	% Factor de ensuciamiento (*)	Peso seco total (kg)	Ley Inicio Carbón (g/kg)	Ley Final Carbón (g/kg)	Au inicial (g)	Au final (g)	Au extraído (g)	Eficiencia de desorción (%)	Vol. Solución barren (m3)	Ley solución barren (g/m3)	Au en solución barren (g)	Au extraído (g)	Extracción (%)
C#09 - 23	633.92	16.46%	529.58	0.00%	529.58	0.195	0.013	103.27	6.88	96.383	93.33	2.73	0.058	0.16	322.401	91.91
C#10 - 23	183.93	16.46%	153.66	0.00%	153.66	0.195		29.96	2.00	27.965	93.33					
C#11 - 23	142.97	14.29%	122.54	0.00%	122.54	0.197		24.14	1.59	22.547	93.40					
C#12 - 23	154.87	14.81%	131.93	0.00%	131.93	0.161		21.24	1.72	19.526	91.93					
C#1 - 24	164.92	15.01%	140.17	0.00%	140.17	0.151		21.16	1.82	19.343	91.39					
C#2 - 24	139.81	13.95%	120.31	0.00%	120.31	0.165		19.85	1.56	18.287	92.12					
C#3 - 24	177.03	14.66%	151.08	0.00%	151.08	0.157		23.72	1.96	21.755	91.72					
C#4 - 24	213.52	12.55%	186.72	0.00%	186.72	0.186		34.73	2.43	32.303	93.01					
C#5 - 24	125.84	15.91%	105.82	0.00%	105.82	0.177		18.73	1.38	17.354	92.66					
C#6 - 24	153.00	17.54%	126.16	0.00%	126.16	0.166		20.94	1.64	19.303	92.17					
C#7 - 24	219.33	11.68%	193.71	0.00%	193.71	0.065		12.59	2.52	10.073	80.00					
C#8 - 24	247.58	15.80%	208.46	0.00%	208.46	0.098		20.43	2.71	17.719	86.73					
	2556.72	15.12%	2170.14	0.00%	2170.14	0.162	0.013	350.77	28.21	322.559	91.96	2.730	0.06	0.158	322.401	91.91

En el balance metalúrgico de carbones del bloque A se dejó como carbón fino pobre una ley de 0.013 g/kg de carbón una ley muy baja como para ser tratada en cualquier otro proceso de recuperación, también se logró una recuperación de 91.91% siendo un dato más exacto entre la recuperación de carbón rico vs carbón pobre.

Balance del bloque B

Tabla 24. Eficiencia y balance de desorción del bloque

Códigos de carbón	Peso Húmedo (kg)	% Humedad	Peso Seco (kg)	% Factor de ensuciamiento (*)	Peso seco total (kg)	Ley Inicio Carbón (g/kg)	Ley Final Carbón (g/kg)	Au inicial (g)	Au final (g)	Au extraído (g)	Eficiencia de desorción (%)	Vol. Solución barren (m3)	Ley solución barren (g/m3)	Au en solución barren (g)	Au extraído (g)	Extracción (%)
C#9 - 24	271.46	16.59%	226.42	0.00%	226.42	0.131	0.015	29.66	3.40	26.265	88.55	2.73	0.049	0.13	342.415	92.09
C#10 - 24	297.23	13.32%	257.64	0.00%	257.64	0.224		57.71	3.86	53.847	93.30					
C#11 - 24	215.95	14.62%	184.38	0.00%	184.38	0.144		26.55	2.77	23.785	89.58					
C#12 - 24	272.06	12.84%	237.13	0.00%	237.13	0.131		31.06	3.56	27.507	88.55					
C#1 - 25	119.93	12.17%	105.33	0.00%	105.33	0.174		18.33	1.58	16.748	91.38					
C#2 - 25	431.89	14.16%	370.73	0.00%	370.73	0.194		71.92	5.56	66.361	92.27					
C#3 - 25	209.01	13.92%	179.92	0.00%	179.92	0.284		51.10	2.70	48.397	94.72					
C#4 - 25	281.05	13.92%	241.93	0.00%	241.93	0.263		63.63	3.63	59.998	94.30					
C#5 - 25	170.69	12.83%	148.79	0.00%	148.79	0.147		21.87	2.23	19.640	89.80					
	2269.27	13.97%	1952.27	0.00%	1952.27	0.190	0.015	371.83	29.28	342.549	92.12	2.730	0.05	0.134	342.415	92.09

Nota: Elaboración propia

En el balance metalúrgico de carbones del bloque B se dejó como carbón fino pobre una ley de 0.015 g/kg de carbón una ley muy baja como para ser tratada en cualquier otro proceso de recuperación, también se logró una recuperación de 92.09% siendo este segundo el proceso en el cual se obtuvo mejores resultados de recuperación.

Balance general de bullón.

Se detalla el balance general de carbones de los diferentes procesos realizados con respecto al los gramos de fino obtenido. Entre los dos procesos se logró una obtención del 92.00% de recuperación con una ley de 0.014 gramos por kg de carbón

Tabla 25. Eficiencia y balance general de desorción de Au

Códigos de carbón	Peso Húmedo (kg)	% Humedad	Peso Seco (kg)	Ley Inicio Carbón (g/kg)	Ley Final Carbón (g/kg)	Au inicial (g)	Au final (g)	Au extraído (g)	Eficiencia de desorción (%)	Vol. Solución barren (m3)	Ley solución barren (g/m3)	Au en solución barren (g)	Au extraído (g)	Extracción (%)
Carbón fino BLOQUE A	2556.72	15.12%	2,170.14	0.162	0.013	350.77	28.21	322.559	91.96	2.73	0.058	0.16	322.401	91.91
Carbón fino BLOQUE B	2269.27	13.97%	1,952.27	0.190	0.015	371.83	29.28	342.549	92.12	2.73	0.049	0.13	342.415	92.09
	4825.99	14.58%	4122.41	0.175	0.014	722.60	57.50	665.108	92.04	5.460	0.05	0.292	664.816	92.00

Se detalla el balance general de carbones de los diferentes procesos realizados con respecto a los gramos de planta obtenido dentro del precipitado, para estimar el contenido de plata presente que se tendrá dentro del bullón a obtener.

Tabla 26. Eficiencia y balance de desorción de Ag

Ley Inicio Carbón (g/kg)	Ley Final Carbón (g/kg)	Ag extraída (g)	Ley solución barren (g/m3)	Ag en solución barren (g)	Ag extraída (g)	Extracción (%)
0.265	0.078	405.815	0.047	0.128	405.687	70.57%
0.622	0.088	1042.513	0.055	0.150	1042.363	85.85%
		1448.329		0.28	1448.050	80.94

Con los valores obtenidos en el balance de desorción de pueden estimar el bullón a obtener, a continuación, se detallas la proyección de entrega de bullón, para esto estimamos un 18% de impurezas presentes en el bullón.

Tabla 27. Proyección de precipitado Au - Ag.

Proyección del precipitado Au - Ag.		
Au	Ag	PESO BULLON kg
664.816	1,448.05	2,112.87
26.67%	58.08%	2,493.18
(*)18% de Impurezas		

4.2.5. Balance de fundición

Se obtuvo un bullón de 26.96% de pureza en Au y 59.98%. En cuanto a las impurezas presentes en el bullón se encuentra por debajo del estimado, las impurezas presentes son de 13.06%

Tabla 28. Doré obtenido del precipitado

N° barra	Peso (g)	Au (%)	Ag (%)	Otros (%)	Au (g)	Ag (g)	Otros (g)
1	2,448.00	26.96%	59.98%	13.06%	659.981	1,468.310	319.709
1	2,448.00	26.96	59.98	13.06	659.98	1,468.31	319.71

Se detallan el contenido de Au y Ag residual en las escorias, para esto el porcentaje de fundente a usar fue de un 75% de peso con respecto al lodo precipitado, se obtuvo 1.869 kg de escoria en la fundición.

Tabla 29. Gramos de Au retenido en escoria.

Peso (kg)	Ley Au (Oz/TC)	Ley Ag (Oz/tc)	Ley Au(g/Kg)	Ley Ag(g/Kg)	Au (g)	Ag (g)
1.869	33.711	51.828	1.16	1.78	2.160	3.321
1.869	33.711	51.828	1.156	1.777	2.160	3.321

El contenido de Au en toda la escoria obtenía es de 2.16 gramos.

Tabla 30. Eficiencia de fundición - fundición/desorción

Au (g) en precipitado	Au (g) doré	% Ef. en fundición	% Ef. desorción + fundición.	g. que no se fundieron
664.816	659.981	99.27%	91.33%	2.675

La cantidad de gramos que no fundieron (la merma) dentro del proceso de fundición fue de 2.675 gramos.

Eficiencia de fundición

Tabla 31. Beneficio del proyecto.

Au (g) doré	VALOR DE MERCADO Au.	TOTAL, S/.	INVERSIÓN EN MATERIALES	INVERSIÓN EN INSUMOS Y PERSONAL	BENEFICIO TOTAL.
659.981	440.730	290,873.426	5,477.380	14,311.570	271,084.476

4.3. Prueba de hipótesis

A) Hipótesis General

Con los datos obtenidos en las desorciones de los bloques A y B podemos verificar que el diseño implementado para la desorción y electrodeposición del carbón fino es el adecuado logrando obtener buenas recuperaciones de hasta un 92.00 % de desorción y electrodeposición como recuperación real. Se dejaron mínimas cantidades de oro presentes en el carbón fino con una ley ponderada de 0.014 g/kg de carbón.

Adicional a esto en el desarrollo de la fundición no se tubo complicaciones operativas que ya el precipitado obtenido en la electrodeposición se encontraba limpio de impurezas y partículas finas de carbón, llegando a un 99.27 % de eficiencia en la fundición.

B) Hipótesis Específica

- a. Se determinó las óptimas condiciones de trabajo mediante un análisis granulométrico llegando al dato que la granulometría de los 80% pasante se encuentra entre las mallas 15.14 y 15.27. Instalando una malla #30 en los filtros del reactor y una malla #50 en el filtro cónico, se redujo en gran medida el paso de carbón fino en la solución eluyente esto permitió que no se tenga problemas de circulación en a la desorción ni en el precipitado de oro en la electrodeposición.

- b. Se determinaron condiciones y factores de proceso para el desarrollo de la desorción como temperatura no máxima a 83°C donde la eficiencia es mayor en la desorción, debido a que mantiene la concentración de alcohol en los 18% que me adiciono inicial mente.

Condiciones como el voltaje en la celda electrolítica llegando a un máximo de 4.6 voltios donde también la eficiencia de la electrodeposición es la más optima llegando a 78.3%.

Estas condiciones y factores de proceso como las modificaciones realizadas ayudaron a obtener un precipitado áurico limpio y sin carbón fino que pueda perjudicar a la fundición.

La solución eluyente encargada de la extracción del oro del carbón fino se encontraba prácticamente limpio de carbón fino y de pajillas que era el problema principal del proyecto debido a las mallas instaladas en las modificatorias realizadas fueron determinadas de manera optimas, así como su funcionabilidad.

En cuanto a las condiciones de los reactivos como la soda y el CN se manejaron en 2.29 y 0.2% respectivamente, en cuanto al alcohol se manejó en 18.31% de pureza y en cuanto a la temperatura y voltaje se manejaron fuera de lo considerado para esto se determinó 4.6 voltios y una temperatura de 83 °C siendo los mejores parámetros para el proceso.

4.4. Discusión de resultados

La investigación realizada referente a la desorción de los carbones finos obtenidos en la abrasión de los mismos, tubos excelentes resultados.

Se realizaron 2 desorción con todo el carbón fino con el que se contaba, tratando 4825.99 kg de carbón húmedo con una ley de 0.175 g/kg de carbón. llegando a recuperar

un 92.00% en desorción y electrodeposición generando leyes muy bajas de 0.014 g/ kg de carbón.

En la fundición se llegó a una eficiencia de 99.27% sin ninguna complicación presentada por la presencia de carbón fino, llegando a una recuperación total en desorciones electrodeposición y fundición a 91.33% los que generaron 659.981 gramos de Au presentes en el bullón.

Datos obtenidos en la desorción electrodeposición y fundición de Au.

Los parámetros y resultados óptimos obtenidos en desorción son los siguientes:

- Concentración de CN = 0.190 %
- Concentración de soda. = 2.29 %
- Concentración de alcohol = 18.31 %
- Caudal de circulación = 5.2 m³/h
- Tiempo de operación = 48 horas
- Temperatura de solución = 83 °C
- Eficiencia en desorción = 92.00 %

Los parámetros y resultados óptimos obtenidos en electrodeposición son los siguientes:

- Voltaje. = 4.6 Vol.
- Amperaje. = 498 Amp.
- Numero de ánodos. = 15 und.
- Numero de cátodos. = 14 und.
- Eficiencia electrodeposición = 78.3%

Los resultados obtenidos en fundición del lodo áurico precipitado son los siguientes:

- Peso de bullón. = 2,448 g

- Ley de oro. = 26.96 %
- Ley de plata. = 59.98 %
- % de impurezas. = 13.06 %
- Gramos de oro. = 659.98 g
- Gramos de plata. = 1467.31 g
- Gramos de impurezas. = 319.71 g
- Eficiencia de fundición. = 99.27 %
- Eficiencia de desorción + fundición. = 91.33%

Cabe recalcar que para realizar la fundición se usaron un aproximado de 75 % de fundente en relación a la cantidad de lodo áurico precipitado.

Con los gramos de Au obtenidos se recupera la inversión y en gran medida una ganancia representativa sobre el proyecto realizado, la ganancia real está ligada o va dependiendo al precio spot del oro en el que se encuentre cuando se realice la venta.

Para esto al ser un bullón que no preste las características de venta, se tuvo que incluir a los bullones de entrega mensual de producción en la campaña realizada.

CONCLUSIONES

- ❖ Se determinó que los cambios realizados en los parámetros de operación y en el circuito de desorción como la implementación de filtro cónico y la determinación de mallas adecuadas instaladas, determinaron una gran influencia para tener una solución eluyente limpia, esto también permitió la buena eficiencia en desorción que se tubo. Según los cálculos de operaciones se llegó a un 97.82 % de recuperación en las primeras 24 horas de proceso. Las próximas 24 horas de operación para completar las 48 horas totales fueron complementarias al proceso para asegurar la recuperación una máxima.
- ❖ Según los análisis realizados se determinó que la presencia de carbón fino en la solución y esta precipita en la celda electrolítica se tiene complicaciones en la fundición del bullón. Para eliminar esta influencia se instalaron mallas adecuadas por muy debajo a la granulometría en la que se encontraba el carbón fino, eliminando así cualquier influencia perjudicial que pueda tener el carbón fino dentro de nuestro proceso.
- ❖ Al instalar las mallas adecuadas y eliminar la presencia del carbón fino en la solución eluyente se obtuvo una solución limpia en la que no se tubo influencias negativas en la electrodeposición del oro. Modificando los parámetros de las celdas electrolíticas se logró obtener buena eficiencia en la electrodeposición y un precipitado un poco más limpio con menos impurezas extrañas. Llegando a una recuperación total de 91.33% en general.
- ❖ Los parámetros obtenidos fueron óptimos para la desorción y electrodeposición del oro del carbón fino, siendo estos parámetros los siguientes:

Descripción	Parámetro	Unidad
Concentración de CN	0.190	%
Concentración de soda	2.29	%
Concentración de alcohol	18.31	%
Caudal de circulación	5.2	m3/h
Temperatura de solución	83	°C
Voltaje.	4.6	Vol.
Amperaje	498 Amp.	498 Amp.

RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda un reajuste en cuando a las concentraciones de reactivos, con más porcentaje de alcohol y de soda esto se pueda lograr de manera que el tiempo de la desorción disminuye, ya que se cuenta con una solución eluyente limpia debido a la instalación de mallas, viendo que la eficiencia de la desorción en las primeras 24 horas recupera cantidades más del 97.2 %, según cálculos realizados.
- ❖ Para un buen trabajo de las mallas instaladas se recomienda llenar el carbón fino por encima de estas, ya que el mismo carbón también funciona como un tipo de filtro entre sí mismas no dejando que la malla instalada se sature con suciedad o pajillas que puedan obstaculizar el paso de la solución eluyente.
- ❖ Se recomienda realizar el análisis granulométrico de cada bloque a procesar en desorción para instalar mallas adecuadas que impidan el paso de carbón fino. Así como el cambio continuo de mallas ya que al ser mallas bastante finas se pueden averiar fácilmente en contacto con el carbón o cuando son sometidas a presiones excedentes.
- ❖ Con las soluciones limpias obtenidas se recomienda trabajar en la electrodeposición como una desorción normal, pero siempre considerando que se está trabajando con soluciones más pobres, por lo mismo que las eficiencias de desorción y electrodeposición no se pueden comparar con recuperaciones cuando se trabaje con a una ley rica de mayor concentración de oro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberto , C., & Daniel Ojeda, E. (2008). Fenómenos de transporte: operaciones unitarias. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas .
- Briones, G. (1996). *Metodología de la Investigación Cuantitativa en las ciencias sociales*. Bogotá, Colombia.
- Cabrera Ramos, A., & Cuyubamba Cainicela, A.-I. (2023). *Optimización de la eficiencia de adsorción de carbón activado modificando las condiciones de reactivación química en la Planta de Beneficio Paltarumi S.A.C*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.
- Condori Mamani, E. (2024). *Ampliación y Optimización del proceso de desorción en la Recuperación de oro en la planta de beneficio La Joya Mining S.A.C*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Habashi, F. (1999). *Hydrometallurgy: Fundamentals and Applications*.
- Hughes, E. (1975). *Patente n° 3,920,40*. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/US3920403A>
- Korolev, I., Spathariotis, S., Yliniemi, K., Wilson, B., Abbott, A., & Lundstrom, M. (2020). Mecanismo de extracción selectiva de oro de soluciones multimetálicas por electrodeposición y reemplazo redox. *Gren Chemistry*. doi:<https://doi.org/10.1039/D0GC00985G>
- Marsden, J., & House, I. (2006). The chemistry of gold extraction. En *Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME)* (2 ed.).
- Oshogwue, N., Gonzalez, G., & Parga, J. (2024). Efficient gold-cyanide recovery from activated carbon by electrocoagulation technology. 10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2018.03.012>

Panayotov, V., & Panayotova, M. (2024). *Valuable Metals Recovery by Mineral Processing and Hydrometallurgy*. Bulgaria: MDPI AG.

S.A.C., P. Y. (2024). *Informe técnico de operaciones metalúrgicas*. Arequipa.

Training, D. o. (2005). *Leaching & adsorption resource book*. Australia.

Trujillo, W. (1987). *Desorción y electrodeposición de oro/plata a partir de carbón activado*.
Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

Yannopoulos, J. (2012). *The extractive metallurgy of gold*. Springer Science & Business Media.

ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Análisis granulométrico de carbón de 500 gr.

19)	209.01	<u>Análisis granulométrico de carbón</u> <u>500 gramos</u>	
20)	281.05		
21)	170.69		
<u>Red</u>	<u>Peso 1</u>	<u>Peso 2</u>	
+14	3.56	2.86	
+16	169.55	153.46	
+20	132.12	134.98	
+30	112.52	120.92	
+50	54.20	67.81	
+100	12.06	10.64	
+140	8.10	5.10	
+200	3.56	2.25	
+325	2.18	2.13	
+400	1.91	2.71	
-400	0.24	0.14	
Total	500	500	

Pesos de carbón fino

Pesos de Carbon Fino	
- Inventario General	
1)	633.92
2)	183.93
3)	142.97
4)	154.87
5)	164.92
6)	134.81
7)	177.03
8)	213.52
9)	125.84
10)	153.00
11)	219.33
12)	242.58
13)	271.46
14)	297.23
15)	215.95
16)	272.06
17)	119.93
18)	431.89
19)	209.01
20)	281.05
21)	170.69
<u>Analisis granulometrico de ca</u> 500 gramos	

Controles de desorción del carbón fino N°1 Y 2

Hora	IN	OUT	Fuerza CN %	pH	T°	Vol.	Amp.	(Ew %)	Au g	Au (g) Acumulados	Eficiencia de desorción (%)
0	0.000	0.000	0.000	0	0.0	0.0	0	0.0%	0.0	0.0	0.00%
2	2.682	2.315	0.050	14	54.0	4.5	413	13.7%	4.0	4.0	1.13%
4	5.800	2.820	0.100	14	64.0	4.6	452	51.4%	32.2	36.1	10.31%
6	9.850	2.550	0.150	14	83.0	4.6	468	74.1%	78.8	115.0	32.78%
8	9.235	2.005	0.190	14	83.0	4.6	495	78.3%	78.1	193.1	55.04%
10	6.850	1.565	0.170	14	84.0	4.6	473	77.2%	57.1	250.1	71.31%
12	4.772	1.110	0.160	14	84.0	4.6	414	76.7%	39.5	289.7	82.59%
14	2.792	0.890	0.160	14	84.0	4.5	411	68.1%	20.5	310.2	88.45%
16	1.744	0.825	0.150	14	85.0	4.1	410	52.7%	9.9	320.2	91.27%
18	1.298	0.540	0.150	13	84.0	4.0	410	58.4%	8.2	328.4	93.61%
20	0.764	0.641	0.130	13	84.0	3.9	402	16.1%	1.3	329.7	93.99%
22	0.381	0.225	0.130	13	84.0	3.9	395	40.9%	1.7	331.4	94.47%
24	0.334	0.215	0.130	13	85.0	3.9	393	35.7%	1.3	332.7	94.84%
26	0.352	0.193	0.120	13	84.0	3.9	390	45.2%	1.7	334.4	95.33%
28	0.300	0.293	0.120	13	85.0	3.9	374	2.3%	0.1	334.4	95.35%
30	0.185	0.133	0.110	13	84.0	3.9	358	28.1%	0.6	335.0	95.51%
32	0.175	0.142	0.110	13	84.0	3.7	350	18.9%	0.4	335.4	95.61%
34	0.198	0.184	0.100	13	84.0	3.9	337	7.1%	0.2	335.5	95.65%
36	0.158	0.102	0.100	13	84.0	3.7	334	35.4%	0.6	336.1	95.82%
38	0.098	0.074	0.100	13	84.0	3.5	305	24.5%	0.3	336.4	95.90%
40	0.120	0.093	0.100	13	84.0	3.5	302	22.5%	0.3	336.7	95.98%
42	0.096	0.073	0.090	13	84.0	3.5	266	24.0%	0.2	336.9	96.05%
44	0.098	0.065	0.080	13	84.0	3.4	222	33.7%	0.4	337.3	96.15%
46	0.072	0.054	0.060	13	84.0	3.4	3.88	25.0%	0.2	337.5	96.21%

Hora	IN	OUT	Fuerza CN %	pH	T°	Vol.	Amp.	(Ew %)	Au g	Au (g) Acumulados	Eficiencia de desorción (%)
0	0.058	0.000	0.040	14	14.0	3.2	326	100.0%	0.6	0.6	0.17%
2	4.062	1.075	0.950	14	65.0	4.3	344	73.5%	32.3	32.9	8.84%
4	7.063	1.532	0.130	14	73.0	4.6	402	78.3%	59.7	92.6	24.91%
6	9.145	3.005	0.190	14	74.0	4.5	498	67.1%	66.3	158.9	42.74%
8	9.225	3.035	0.230	14	75.0	4.5	396	67.1%	66.9	225.8	60.72%
10	7.360	2.289	0.225	14	76.0	4.5	394	68.9%	54.8	280.6	75.45%
12	3.556	1.256	0.220	14	76.0	4.5	392	64.7%	24.8	305.4	82.13%
14	2.235	0.450	0.215	14	77.0	4.5	391	79.9%	19.3	324.7	87.32%
16	1.535	0.354	0.200	14	78.0	4.5	383	76.9%	12.8	337.4	90.75%
18	1.225	0.360	0.190	14	81.0	4.5	365	70.6%	9.3	346.8	93.26%
20	0.956	0.295	0.175	14	82.0	4.5	359	69.1%	7.1	353.9	95.18%
22	0.635	0.185	0.170	14	83.0	4.4	354	70.9%	4.9	358.8	96.49%
24	0.375	0.136	0.170	14	83.0	4.3	338	63.7%	2.6	361.3	97.18%
26	0.286	0.106	0.160	14	83.0	4.3	338	62.9%	1.9	363.3	97.70%
28	0.125	0.105	0.160	14	84.0	4.3	329	16.0%	0.2	363.5	97.76%
30	0.175	0.148	0.130	14	84.0	4.3	317	15.4%	0.3	363.8	97.84%
32	0.150	0.106	0.125	14	84.0	4.3	316	29.3%	0.5	364.3	97.97%
34	0.130	0.089	0.125	14	84.0	4.3	315	31.5%	0.4	364.7	98.09%
36	0.165	0.098	0.125	14	84.0	3.9	314	40.6%	0.7	365.4	98.28%
38	0.123	0.094	0.110	14	84.0	3.6	310	23.6%	0.3	365.8	98.36%
40	0.092	0.056	0.100	14	84.0	3.6	308	39.1%	0.4	366.1	98.47%

Eficiencia y Balance de desorción de la campaña #4-2025

Fecha	Códigos de carbón	Peso Húmedo (kg)	% Humedad	Peso Seco (kg)	Ley Inicio Carbón (g/kg)	Ley Final Carbón (g/kg)	Au inicial (g)	Au final (g)	Au extraído (g)	Eficiencia de desorción (%)	Vol. Solución barrén (m3)	Ley solución barrén (g/m3)	Au en solución barrén (g)	Au extraído (g)	Extracción (%)	Ley Inicio Carbón (g/kg)	Ley Final Carbón (g/kg)	Ag extraído (g)	Ley solución barrén (g/m3)	Ag en solución barrén (g)	Ag extraído (g)	Extracción (%)
27/05/2025	Carbon fino BLOQUE A	2556.72	15.12%	2,170.14	0.162	0.013	350.77	28.21	322.559	91.96	2.73	0.058	0.16	322.401	91.91	0.265	0.078	405.815	0.047	0.128	405.687	70.57%
29/05/2025	Carbon fino BLOQUE B	2269.27	13.97%	1,952.27	0.190	0.015	371.83	29.28	342.549	92.12	2.73	0.049	0.13	342.415	92.09	0.622	0.088	1042.513	0.055	0.150	1042.363	85.85%
Total		4825.99	14.58%	4122.41	0.175	0.014	722.60	57.50	665.108	92.04	5.460	0.05	0.292	#####	92.00			1448.329		0.28	1448.050	80.94
(*) El factor de ensuciamiento es un valor másico porcentual que indica la cantidad de impurezas en el carbón rico.																575.086	169.271					
																1214.31	171.8					
PROYECCION DE PRECIPITADO Au - Ag																1789.399	341.071					
Au	Ag	PESO BULLON kg																				
664.816	1,448.05	2,112.87																				
26.67%	58.08%	2,493.18	(*)18% de Impurezas																			

FOTOGRAFÍAS

Zarandeo de carbón



Muestra de carbón fino malla -14



Modificación de hongos a filtros



Instalación de malla superior N°30



Filtro tipo cono malla N°50



MATRIZ DE CONSISTENCIA				
“Implementación del sistema de Desorción y Electrodeposición en la recuperación del oro del carbón fino. Planta Yuracmayo – Arequipa 2024”				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL ¿Cómo incide la variación de los parámetros operativos en los procesos de desorción y electrodeposición del oro a partir del carbón fino en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024? PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿De qué manera influye la presencia de carbón fino en la eficiencia de la desorción y en la solubilidad del oro en la solución eluyente en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024?	OBJETIVO GENERAL Analizar la influencia de la variación de los parámetros operativos en los procesos de desorción y electrodeposición del oro a partir del carbón fino en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024 OBJETIVOS ESPECÍFICOS Evaluar el efecto del carbón fino en la eficiencia de la desorción y en la solubilidad del oro en la solución eluyente en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024	HIPÓTESIS GENERAL La variación adecuada de los parámetros operativos influye significativamente en la eficiencia de la desorción y electrodeposición del oro a partir del carbón fino en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS: La presencia de carbón fino reduce la eficiencia de la desorción y afecta la solubilidad del oro en la solución eluyente en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024	VARIABLES INDEPENDIENTES: - Implementación del sistema de desorción y electrodeposición VARIABLES DEPENDIENTES: - Recuperación del oro	TIPO: Aplicada MÉTODO: Inductivo DISEÑO: Experimental

• ¿Cómo afecta la composición y concentración de la solución eluyente al proceso de electrodeposición y a la formación del lodo áurico en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024? • ¿Cuáles son los parámetros operativos óptimos para maximizar la recuperación de oro en los procesos de desorción y electrodeposición del carbón fino en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024?	• Determinar la influencia de la composición y concentración de la solución eluyente al proceso de electrodeposición y a la formación del lodo áurico en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024 • Identificar los parámetros operativos óptimos para maximizar la recuperación de oro en los procesos de desorción y electrodeposición del carbón fino en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024	• La composición y concentración óptima de la solución eluyente favorecen la electrodeposición y pureza del lodo áurico en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024 • El control de los parámetros operativos permite optimizar la recuperación de oro durante los procesos de desorción y electrodeposición del carbón fino en la Planta Yuracmayo – Arequipa 2024		
				Bach. VITOR ROSARIO, Jhonel