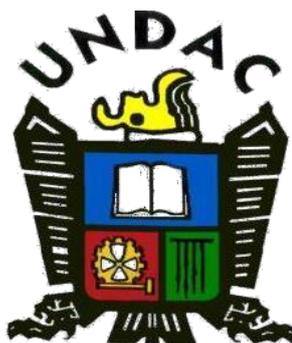


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA

METALÚRGICA



T E S I S

**Recuperación del oro del mineral ripio oxidado mediante procesos
hidrometalúrgicos en la Empresa Corporación Minera Centauro S.A.C –
2020**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Metalurgista

Autor:

Bach. Margot Lourdes PANEZ TORRES

Asesor:

Dr. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO

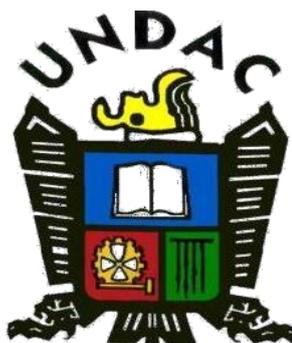
Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA

METALÚRGICA



T E S I S

**Recuperación del oro del mineral ripio oxidado mediante procesos
hidrometalúrgicos en la Empresa Corporación Minera Centauro S.A.C –
2020**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Eusebio ROQUE HUAMÁN
MIEMBRO

Mg. José Elí CASTILLO MONTALVÁN
MIEMBRO

Mg. Manuel Antonio HUAMÁN DE LA CRUZ
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides

Carión Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 030-2024-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:

“Recuperación del oro del mineral ripio oxidado mediante procesos hidrometalúrgicos en la Empresa Corporación Minera Centauro S.A.C – 2020”

Apellidos y nombres de los tesisistas:

Bach. PANEZ TORRES Margot Lourdes

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. SURICHAQUI HIDALGO Marco Antonio

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Metalurgia

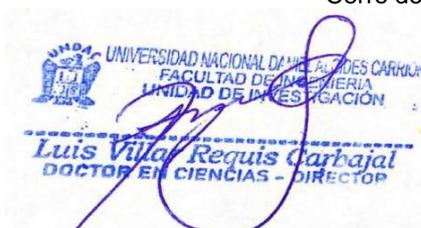
Índice de Similitud

19%

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 31 de enero del 2024


UNDA- UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villar Requies Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

A mi madre Alejandrina por apoyarme y motivarme cada día para poder lograr mis objetivos.

A mis hermanas(os): Yovanna, Amelia, Matt, Yerson, por sus consejos motivándome para poder culminar con la presente investigación.

A mi alma mater la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, a los ingenieros de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Metalúrgica que me transmitieron sus experiencias y conocimientos.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud a Dios que me acompaño en cada momento de mi vida, seguidamente a mi madre por su ejemplo, coraje; inculcándome cada día y a mis hermanos(as) por apoyarme de manera incondicional en todo momento para lograr y conquistar este peldaño más.

Agradezco a la Empresa Corporación Minera Centauro S.A.C: por haberme permitido ser parte de esta gran familia minera y a los compañeros de la planta metalúrgica, que sin ocultar nada de sus conocimientos me enseñaron lo mucho que sabían y me apoyaron constantemente en los trabajos que realizaba. También a los ingenieros por su orientación y enseñanzas para poder realizar esta investigación, y a todas aquellas personas que son motivo de fortaleza para seguir logrando mis objetivos y metas.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo la recuperación de oro de un mineral ripio oxidado y así poder realizar el escalamiento a un nivel industrial, las pruebas metalúrgicas se realizaron en las instalaciones de la Empresa Corporación Minera Centauro S. A.C en la unidad Minera Quicay I. La metodología usada es una investigación inductivo- deductivo y de nivel descriptiva, la cual describe los diferentes procesos y pruebas realizadas. En lo cual se realizaron pruebas metalúrgicas, para determinar las condiciones operativas óptimas de las principales variables de los procesos de conminución (granulometría), extracción (la alteración o mineralogía del mineral, el tipo de extracción) y recuperación del oro (concentración del cianuro) del mineral ripio oxidado, la cual se muestran en los cuadros metalúrgicos.

Teniendo como resultado lo siguiente: la granulometría del mineral ripio oxidado para su recuperación es de -13 mm con una dosificación de ratio de cal de 0,8 kg/t y 0,9 kg/t. Y en cuanto a las alteraciones mineralógicas con la cual se hizo las pruebas, se obtuvo los siguientes resultados la recuperación de oro en brechas de 51% a 59% y en sílice transicional una recuperación de 39 % a 44 %. En el proceso de curado la concentración de cianuro para las 6 pruebas de cianuración en columnas se utilizaron las siguientes :0,1 % NaCN;0,12% NaCN y 0,15% NaCN con un ph 11,0; en la cual solo la prueba N°7 se realizó sin el proceso de curado para poder ver la influencia del curado, que es un 9% en la recuperación de oro, y para la lixiviación una concentración de 0,012% NaCN. Asimismo, en la extracción del mineral ripio oxidado, la extracción por hebras es el más adecuado este proceso genera menor dilución reduciendo el ratio de ripio de desmonte entre mineral a 2, 4.

Palabras claves: Mineral ripio oxidado, curado, alteración mineralógica, desmonte, extracción de mineral por hebras, fuerza de cianuro en porcentaje.

ABSTRACT

The objective of this research work is to recover gold from an oxidized gravel mineral and thus be able to scale it up to an industrial level. The metallurgical tests were carried out at the facilities of the Corporación Minera Centauro S. A.C in the Minera Quicay I unit. The methodology used is an inductive-deductive and descriptive level research, which describes the different processes and tests carried out. In which metallurgical tests were carried out to determine the optimal operating conditions of the main variables of the comminution processes (granulometry), extraction (the alteration or mineralogy of the mineral, the type of extraction) and gold recovery (cyanide concentration). of the oxidized gravel mineral, which is shown in the metallurgical tables.

The result is the following: the granulometry of the oxidized gravel mineral for recovery is -13 mm with a lime ratio dosage of 0,8 kg/t and 0,9 kg/t. And regarding the mineralogical alterations with which the tests were carried out, the following results were obtained: the recovery of gold in gaps of 51% to 59% and in transitional silica a recovery of 39% to 44%. In the curing process, the cyanide concentration for the 6 cyanidation tests in columns was used as follows: 0,1% NaCN; 0,12% NaCN and 0,15% NaCN with a pH of 11,0; in which only test No. 7 was carried out without the curing process to be able to see the curing flu, which is 9% in gold recovery, and for leaching a concentration of 0,012% NaCN. Likewise, in the extraction of oxidized gravel ore, strand extraction is the most appropriate, this process generates less dilution, reducing the ratio of waste rock to mineral to 2,4.

Keywords: Oxidized gravel mineral, curing, mineralogical alteration, clearing, mineral extraction by strands, cyanide strength in percentage.

INTRODUCCIÓN

La actividad minera en el Perú se remonta a tiempos inmemorables. No cabe duda de que el Perú ha sido y sigue siendo un país minero, sobre la base de su gran potencial geológico, la importancia que ha cobrado la minería en las últimas décadas se fundamenta principalmente en el impacto económico que ésta genera, como nos menciona el Ministerio de Energía y Minas del Perú, Anuario Minero(2020) .que, en los últimos diez años, la minería ha impulsado en promedio aproximadamente el 10% del PBI nacional, ha contribuido con el 60% de las exportaciones nacionales y representado el 23% en la inversión extranjera .(p.3); a través del empleo directo e indirecto a las áreas de influencia, y en general a nuestro país.

Lo cual conlleva a la rentabilidad de los proyectos de inversión en metales preciosos (Au) debido a su valor y comercialización, a la vez nos permiten analizar la recuperación de este metal en los residuos mineros generados en un proceso de lixiviación en pilas; ya que en un proceso de lixiviación no se logra extraer la totalidad del elemento metálico que la contiene.

En este trabajo de investigación se presenta el estudio de recuperación de mineral rípiro oxidado, que es generado a partir de un proceso de lixiviación en pila de mineral de oro; además mencionando que es un proceso nuevo desarrollado en el Perú que servirá para el desarrollo de nuevos proyectos, y como información para los profesionales avocados al mundo de la minería.

Para el desarrollo de la presente tesis consta de los siguientes capítulos:

Capítulo I: Problema de investigación integrada por lo siguiente: la Identificación y determinación del problema, la delimitación de la investigación, la formulación del problema (general y específicos), la formulación de los objetivos (general y específicos), la justificación y las limitaciones de la investigación.

Capítulo II: Da a conocer el marco teórico integrada por lo siguiente: los antecedentes de estudio, las bases teóricas – científicas, la definición de términos básicos, la formulación de las hipótesis (general y específicos) la identificación de las variables y la definición operacional de las variables e indicadores.

Capítulo III: Da a conocer de la metodología y técnicas de investigación la cual está conformada por: tipo, nivel, método y diseño de la investigación, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación, técnicas de procesamiento y análisis de datos, tratamiento estadístico, la orientación ética filosófica y epistémica.

Capítulo IV: Se da a conocer los resultados y discusión conteniendo la: descripción del trabajo de campo, presentación, análisis e interpretación de resultados, la prueba de hipótesis y discusión de resultados. Y al final las conclusiones, recomendaciones y anexos.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

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.....	2
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.....	3
1.6.	Limitaciones de la investigación	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	5
2.1.1.	Antecedentes a nivel internacional	5
2.1.2.	Antecedentes a nivel nacional	8
2.2.	Bases teóricas – científicas	9
2.2.1.	Residuo minero Masivo.....	9
2.3.	Definición de términos básicos	31
2.4.	Formulación de hipótesis.....	33
2.4.1.	Hipótesis general	33
2.4.2.	Hipótesis específicas	33
2.5.	Identificación de variables.....	33
2.5.1.	Variable independiente	33
2.5.2.	Variable dependiente	33
2.5.3.	Variable interviniente	33
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	34

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	35
3.2.	Nivel de investigación	35
3.3.	Método de investigación.....	35
3.4.	Diseño de la investigación.....	36
3.5.	Población y muestra	37
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
3.6.1.	Equipos	37

3.6.2. Materiales	37
3.6.3. Reactivos	37
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	37
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	38
3.9. Tratamiento estadístico	38
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	38
3.10.1. La ética	38
3.10.2. La ética en la investigación	38
3.10.3. La orientación de la ética.....	38
3.10.4. La Orientación filosófica.....	39
3.10.5. Orientaciones epistemológicas	39

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	40
4.1.1. Ubicación del trabajo de investigación.....	40
4.1.2. Pruebas de cianuración en columnas.....	41
4.2. Presentación análisis e interpretación de resultados.....	43
4.3. Prueba de hipótesis	57
4.3.1. Prueba de hipótesis específica 1: Influencia de la alteración mineralógica y la extracción por hebras que nos permite tener una mayor recuperación de oro.....	57
4.3.2. Prueba de hipótesis específico 2: la granulometría adecuada con la fuerza de cianuro establecida permite mayor contacto con las especies mineralógicas valiosas del oro y se tendría mayor extracción de oro durante la lixiviación del mineral ripio oxidado.....	61

4.4. Discusión de resultados	62
------------------------------------	----

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados de pruebas metalúrgicas.....	42
Tabla 2 Condiciones de la prueba N°1.....	43
Tabla 3 Resultados de la prueba N°1.	43
Tabla 4 Parámetros y resultados de la prueba metalúrgica N°1.....	44
Tabla 5 Condiciones de la prueba N°2.....	45
Tabla 6 Resultados de la prueba N°2	45
Tabla 7 Parámetros y resultados de la prueba metalúrgica N°2.....	46
Tabla 8 Condiciones de la prueba N°3.....	47
Tabla 9 Resultados de la prueba N°3.	47
Tabla 10 Parámetros y resultados de la prueba metalúrgica N°3.....	48
Tabla 11 Parámetros y resultados de la prueba metalúrgica N°3.....	49
Tabla 12 Resultados de la prueba N°4.	49
Tabla 13 Parámetros y resultados de la prueba metalúrgica N°4.....	50
Tabla 14 Condiciones de la prueba N°5.....	51
Tabla 15 Resultados de la prueba N°5.	51
Tabla 16 Parámetros y resultados de la prueba metalúrgica N° 5.....	52
Tabla 17 Condiciones de la prueba N°6.....	53
Tabla 18 Resultados de la prueba N°6	53
Tabla 19 Parámetros y resultados de la prueba metalúrgica N°6.....	54
Tabla 20 Condiciones de la prueba N°7.....	55
Tabla 21 Resultados de la prueba N°7.	55
Tabla 22 Parámetros y resultados de la prueba metalúrgica N°7.....	56
Tabla 23 Alteración mineralógica vs recuperación de oro.....	57
Tabla 24 Curado vs recuperación de oro.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Secuencia de etapas físico- químicas de la Hidrometalurgia.....	13
Figura 2 Lixiviación en botaderos.....	16
Figura 3 Lixiviación en pilas o en montón.....	18
Figura 4 Tanque percolador.....	19
Figura 5 Tanque impeler, lixiviación por agitación	21
Figura 6 Representación esquemática del sistema poroso de un carbón y clasificación de los poros según su tamaño	23
Figura 7 Estructura del carbón activado	24
Figura 8 Teoría de la adsorción del carbón activado.....	25
Figura 9 Plan de investigación metalúrgica.....	36
Figura 10 Ubicación de la mina Quicay	41
Figura 11 Muestra de brecha con clastos de sílice transicional.....	58
Figura 12 Muestra de brecha con clastos de sílice transicional.....	59
Figura 13 Grafica de resultados de prueba de cianuración en columnas	59
Figura 14 Hebras En Un Talud.....	60

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La Mina Quicay I de la Empresa Corporación Minera Centauro S.A.C en el año 2011, culminó su vida útil (años 2002 – 2011), durante su operatividad el mineral extraído principalmente fue de oro.

Actualmente debido al agotamiento de reservas de minerales de oro y al alto valor de este metal precioso, el tratamiento y recuperación de la misma, resultan viables para poder invertir. Es por ello que surge el interés de recuperar los residuos de minerales generados en un proceso de lixiviación de oro, teniendo en cuenta la mineralogía, reservas, ley y la distribución del oro en el mineral.

La reserva de mineral ripio oxidado que se encuentra en la empresa Corporación Minera Centauro S.A.C tiene las siguientes alteraciones: (sílice transicional, sílice masiva, brecha, cuarzo alunita, caolín, pirita), que cuenta con reservas probadas de 20 044 500 toneladas de ripios distribuidos en 6 pads, con una ley promedio de oro 1,18 g/t.

En el año 2016, se inició el proceso de recuperación del mineral de ripio de la mina Quicay que se tiene en los pads, pero debido a que no se encontraba resultados tuvo paralizaciones y reinicios.

1.2. Delimitación de la investigación

Este trabajo de investigación está delimitado según:

- **Delimitación espacial**

La investigación se va realizar en las instalaciones del laboratorio metalúrgico de la empresa Corporación Minera Centauro S.A.C, que se ubica en la Comunidad Campesina Santa Ana de Pacoyán, distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco.

- **Delimitación poblacional**

La Empresa Minera Corporación Minera Centauro S.A.C, cuenta con mineral ripio oxidado en los pads de 1 al 6, que se generó durante su época de operación, en la cual extraían oro mediante el proceso hidrometalúrgico de lixiviación en pilas.

1.3. Formulación del problema

Para el reaprovechamiento del oro del mineral ripio oxidado que se tiene en los pads, se requiere determinar a través de las pruebas metalúrgicas parámetros y las variables operativas de la extracción y recuperación del oro. Así mismo es importante el análisis mineralógico del mineral ripio oxidado, ya que presenta alteraciones mineralógicas (sílice transicional, sílice masiva, brecha, cuarzo alunita, caolín, pirita). Por los considerandos antes mencionados, procedemos a formular el problema:

1.3.1. Problema general

¿De qué manera, determinamos la factibilidad de la recuperación del oro del mineral ripio oxidado que nos permita desarrollar a un nivel industrial en la Empresa Corporación Minera Centauro S.A.C?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cuáles son los parámetros óptimos de las principales variables operativas para la extracción y recuperación del oro del mineral ripio oxidado?

¿Cuáles son los parámetros óptimos de las principales variables operativas para los procesos de conminución y lixiviación del mineral ripio oxidado?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar la evaluación para determinar la factibilidad para la recuperación del oro del mineral ripio oxidado, que nos permita desarrollar a un nivel industrial en la Empresa Corporación Minera Centauro S.A.C.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar los parámetros óptimos de las principales variables operativas para la extracción y recuperación del oro del mineral ripio oxidado.

Determinar los parámetros óptimos de las principales variables operativas, para los procesos de conminución y lixiviación del mineral ripio oxidado.

1.5. Justificación de la investigación

El presente trabajo de investigación se justifica por las siguientes razones:

Una de las necesidades de realizar este proyecto, es llevar a cabo la evaluación metalúrgica en la extracción y recuperación del oro del mineral ripio

oxidado en la Empresa Corporación Minera Centauro S.A.C, mediante pruebas metalúrgicas de cianuración en columnas.

La recuperación de residuos mineros, generados de un proceso de lixiviación u otras operaciones, da inicio a nuevos proyectos minero metalúrgicos, que así generan un impacto económico sobre los diferentes países y la sociedad en general.

En el 2019 el aporte al PBI del Perú por parte de los proveedores al sector minero representaba el 4%, mientras que el de la minería llegó al 9%, y ambos representaron el 15% del total de la producción de la economía nacional.

1.6. Limitaciones de la investigación

En el desarrollo de la investigación se ha tenido la siguiente limitación:

Respecto al tema de investigación existen escasa bibliografía y publicaciones ya que la recuperación de oro de un mineral ripio oxidado de un proceso de lixiviación, todavía no se desarrolla en el Perú; lo que constituye un factor limitante para ubicar los antecedentes y plantear de esta forma perspectivas de impacto con mayor importancia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

Vicente A., Sanz J. (2013); escribieron el artículo sobre, El reto de la recuperación viable de metales en los residuos mineros (en la revista Ingeopres actualidad técnica de ingeniería civil minería geología y medio ambiente, 2013; 18-20;39-42); en la cual realizan una revisión de las técnicas de recuperación viables de los metales contenidos en los estériles o residuos mineros referidas por diversos autores en publicaciones recientes y se ha estructurado en cinco apartados atendiendo a las técnicas analizadas; técnicas SRB (Sulfate Reducing Bacteria), recuperación por flotación, procesos físicos de concentración, técnicas de fitoextracción y técnicas hidrometalúrgicas, haciéndose mayor hincapié en estas últimas al resultar de mayor interés para la recuperación de metales presentes en estériles mineros de baja ley. El objetivo es permitir augurar un futuro prometedor en el campo de la recuperación de metales contenidos en estériles mineros de balsas y escombreras.

Y como en un caso de la técnica hidrometalúrgica se describe la recuperación de oro y plata mediante biooxidación de los residuos contenidos en las balsas mineras de una mina de galena, esfalerita, plata nativa, arsenopirita, estibina y calcopirita en Ticapampa (Perú). Las balsas mineras de estériles de flotación contenían 1 639 130 t de residuos con unas concentraciones de 1,65 g/t Au; 34,5 g/t Ag; 7,74% Fe; 5,91% S; 3,2% As; 0,75% Zn y 0,05% Cu.

Como consecuencia de la posterior cianuración de los sulfuros biooxidados se obtuvieron unas recuperaciones del 97 % del oro y del 50% de la plata con respecto al contenido en dichos metales del concentrado inicial. Así mismo se menciona como la recuperación de oro y la plata puede reducir significativamente el coste de remediación de las balsas.

Como conclusión del presente artículo menciona que la recuperación de los metales que contienen, las balsas y escombreras permiten un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y contribuir a la remediación medioambiental de dichas instalaciones pudiendo incluso significar una vía para la financiación de los trabajos de remediación mediante la comercialización de los metales recuperados.

Vicente A. (2015), realizó una tesis de investigación “Metodología para la remediación de instalaciones de residuos mineros procedentes de la minería metálica orientada a la reducción del riesgo ambiental y al aprovechamiento de sus residuos”, En la presente tesis doctoral se ha desarrollado una metodología de análisis que puede servir de herramienta útil para la toma de decisiones en los procesos de remediación de instalaciones de residuos mineros procedentes de la minería metálica. Asimismo, la posibilidad de proceder al aprovechamiento de los residuos mineros presentes en las instalaciones mediante la extracción de sus

metales, ya que las actividades extractivas en sus procesos metalúrgicos e hidrometalúrgicos de concentración tuvieron una eficiencia de recuperación inferiores a las obtenibles con técnicas extractiva actuales.

En la cual presenta casos prácticos de tres presas de instalaciones de residuos mineros abandonadas procedentes de la flotación de plomo en las antiguas minas de San Quintín, situadas en el término municipal de Villamayor de Calatrava (Ciudad Real). identificadas con los códigos 809 II 1 001, 809 II 1 002 y 809 II 1 003.

En la cual la presa 809 II 1 001 ocupa una superficie de 92 620 m², posee un volumen estimado de 270 000 m³ presentan una granulometría muy fina con un P80= 175 µm y tiene un 65% de sus partículas con una granulometría inferior a los 74 µm. Con leyes de cromo 0,013%; cobalto 0,0006 %; níquel 0,0019; cobre 0,034%; zinc del 0,37%; molibdeno del 0,0002 %; hierro 0,042%; plomo del 2,68%. La siguiente presa 809 II 1 002 ocupa una superficie de 74 860 m², posee un volumen estimado de 500 000 m³ presentan una granulometría muy fina con un P80= 200 µm y tiene 42,5% de sus partículas con una granulometría inferior a los 74 µm. Con leyes de cromo 0,016%; cobalto 0,0006 %; níquel 0,0019 %; cobre 0,004%; zinc 0,12 %; molibdeno del 0,0002 %; hierro 2,45 %; plomo del 0,15 %. La tercera presa 809 II 1 003 ocupa una superficie de 144 440 m², posee un volumen estimado de 600 000 m³ presenta una granulometría muy fina caracterizada por un P80= 52 µm y por tener 85 % de sus partículas con una granulometría inferior a los 74 µm. Con leyes de cromo 0,019%; cobalto 0,0001%; níquel del 0,0033 %; cobre 0,01%, zinc 0,14%; molibdeno del 0,0002 %; hierro 2,29%; plomo del 0,15 %.

En el caso del oro, se dispone de 7 análisis con valores contradictorios, por una parte, los 4 análisis realizados con técnicas FRX, que mostrarían un valor medio de 84,5 g/t, y por otra parte los 3 resultados obtenidos por análisis AAS, según los cuales las concentraciones de oro se encontrarían por debajo del límite de detección (< 0,1 g/t) en las presas 809 II 1 002 y 809 II 1 003. Dichos valores contradictorios no permitirían extraer a priori ninguna conclusión acerca de la presencia de oro en las presas.

Asimismo después de los resultados obtenidos del análisis de las leyes en cada una de las de las presas los siguientes metales no son viables : el cromo, cobalto, níquel, cobre, zinc, molibdeno, hierro, plomo,; solo en el caso de análisis de la viabilidad de la extracción de oro de las presas 809 II 1 002 y 809 II 1 003 respecto únicamente puede recomendarse el desarrollo de una nueva campaña de muestreo y análisis que permita conocer si las presas podrían presentar leyes medias superiores a los 4 g/t, valor en torno al cual se podría comenzar a pensar en la conveniencia de estudiar el proyecto con más detalle conforme al análisis realizado.

Como conclusión de la presente investigación aborda alternativas de remediación de las instalaciones de residuos mineros abandonadas procedentes de la minería metálica, la posibilidad de proceder al aprovechamiento de sus residuos mediante la extracción de metales, así como de punto de partida para futuras investigaciones en el campo de la remediación y el aprovechamiento de los residuos mineros.

2.1.2. Antecedentes a nivel nacional

Salazar (2015), realizó una tesis de investigación “Estudio de investigación para lixiviar relaves de cobre y oro”, en la Empresa Minera El Misti

Gold S.A.C. En la presente tesis de pregrado analiza el tratamiento adecuado para la recuperación de oro a partir de relaves o rípios con contenido Au-Cu que contienen alto contenido de cobre. El objetivo es buscar encontrar un proceso que permita la separación adecuada del cobre y otras especies del oro, considerando además que tenga alta rentabilidad técnica y económica.

Donde los resultados que obtuvieron de las pruebas experimentales, el consumo máximo de ácido que consume los relaves de 77 kg ácido/t relave, la velocidad de disolución de cobre máxima es a las 24 horas, con una recuperación del 92%. y el consumo de cianuro con pre-tratamiento de los rípios que fue de 2,51 kg cianuro/t relave, con una velocidad de disolución oro máxima que ocurre a las 72 horas, con el 92% de recuperación.

Las pruebas que se realizaron nos indican la factibilidad del proceso adecuado para los relaves investigados.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Residuo minero Masivo

Según la Subsecretaría de Economía Consejo Nacional de Producción Limpia de Chile, un residuo minero masivo es la cual provenga de las operaciones de extracción, beneficio o procesamiento de minerales: estériles, minerales de baja ley, residuos de minerales tratados por lixiviación, relaves y escorias. (CPL ,2002, p. 10).

Clasificación de Residuos Mineros

Residuos de extracción

En función de las características de los yacimientos, se hace necesario para su explotación remover grandes cantidades de material, el cual debe posteriormente ser reubicado en el entorno del yacimiento o planta de

procesamiento. Los residuos sólidos que se generan en esta etapa. (CPL ,2002, p. 11).

- **Estéril o lastre**

Se generan en grandes tonelajes, incluyen aquellos materiales sin valor económico, que sólo han sido removidos del yacimiento y que a lo más han pasado por un proceso de chancado antes de su disposición. Estos residuos provienen de todos aquellos sectores del yacimiento cuyo contenido de mineral valioso es muy bajo para hacer atractiva su recuperación, pero que de todas maneras es necesario remover para poder acceder a zonas más ricas del mismo. El estéril una vez removido del yacimiento se dispone formando las características "tortas" de estéril en las cercanías de los yacimientos mineros. (CPL ,2002, p. 11)

- **Minerales de baja ley**

El tonelaje de minerales de baja ley (mineral cuyo contenido de metal no hace rentable su procesamiento en la actualidad) varía de una faena a otra y son considerables las cantidades que se deben acopiar, para su probable procesamiento en un futuro. (CPL ,2002, p. 11)

- **Desmontes de minas subterráneas**

En la construcción de galerías, piques y rampas para acceder al yacimiento subterráneo y durante la explotación de él se generan materiales estériles que deben ser dispuestos ya sea en el interior de la mina o en el exterior en forma similar a la minería a cielo abierto. (CPL ,2002, p. 11)

Residuos de Flotación

En el proceso de flotación, concentración de los minerales de cobre y oro, se producen los residuos llamados relaves. (CPL ,2002, p. 12).

- **Relaves**

Son los residuos que están compuestos por una suspensión fina de sólidos (mezcla de 50% en peso de sólidos y 50% de agua), constituidos fundamentalmente por el mismo material presente in-situ en el yacimiento, al cual se le ha extraído la fracción con mineral valioso. (CPL,2002, p. 12)

Residuos de fundición

En los procesos de fusión y conversión se generan escorias.

- **Escoria**

Es el residuo producido durante la etapa de fundición de los concentrados de cobre. Las escorias principalmente fijan el hierro y otros metales presentes en el concentrado, mediante la generación de compuestos estables con la sílice que se utiliza como fundente. Las escorias son retiradas desde los hornos y son dispuestas en vertederos. (CPL ,2002, p. 12)

Residuos de lixiviación

En el proceso de lixiviación del mineral oxidado y sulfuros secundarios, se generan los residuos sólidos llamados rípios:

- **Rípios**

En este proceso el mineral chancado, con un tamaño aproximado de un cuarto de pulgada, se dispone formando una pila a la cual se le hace pasar un fluido lixivante durante un período de tiempo definido, (ácido sulfúrico en el caso de minerales de cobre y cianuro en el caso del oro), el cual solubiliza el metal de interés contenido en la pila. Una vez extraído el metal valioso, el mineral "agotado" que queda recibe el nombre de rípio de lixiviación o de cianuración. Los rípios pueden ser compactados y sobre ellos construirse una nueva pila o bien pueden ser removidos y dispuestos finalmente en otro sitio.

Para el depósito de los rípios de lixiviación se utilizan normalmente sitios preparados e impermeabilizados, con el objeto de evitar el escurrimiento de soluciones generalmente ácidas.

Estos residuos masivos mineros provenientes de las operaciones de extracción, beneficio o procesamiento de minerales son considerados no peligrosos. (CPL ,2002, p. 12)

Procesos Hidrometalúrgicos

Hidrometalurgia

Para Yoplac se entiende “la hidrometalurgia es la rama de la metalurgia extractiva que comprende los procesos de obtención de metales y compuestos, a partir de minerales o fuentes secundarias, mediante reacciones que tienen lugar en soluciones acuosas u orgánicas y por lo tanto se desarrollan a temperaturas relativamente bajas” (p.3).

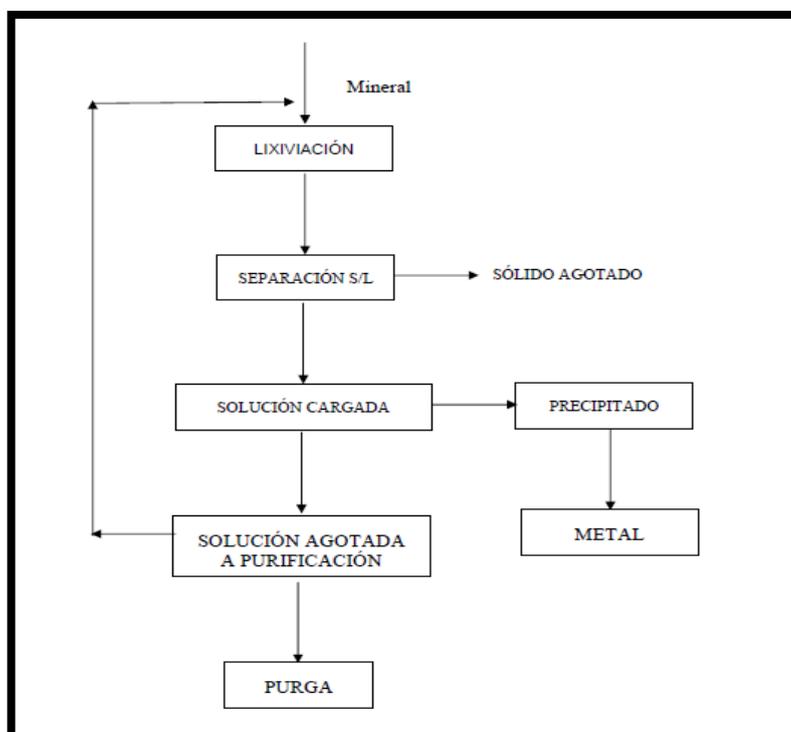
Según Gaviria, Restrepo, Bustamante. (2007), son varios las etapas que involucra un proceso hidrometalúrgico. La primera etapa, lixiviación: corresponde a la disolución selectiva de los metales de interés, contenidos en los minerales hacia el medio acuoso, el cual porta los reactivos modificadores adecuados y el agente lixivante encargado de realizar la disolución por reacción de oxido / reducción.

La etapa de separación sólido/líquido se encarga de recoger adecuadamente, bien sea por decantación, sedimentación y/o filtración, la solución enriquecida con los metales disueltos, mientras que el sólido agotado es enviado para tratamiento y desecho, teniendo cuidado de neutralizar la acción de reactivos que puedan afectar el entorno.

La solución cargada con los metales disueltos, pasa a la etapa de recuperación selectiva o precipitación de donde pasa a otros procesos metalúrgicos (pirometalúrgicos o electrometalúrgicos), en donde se recupera el metal como un producto sólido.

La solución estéril, es enviada luego de su regeneración, al proceso en la etapa de lixiviación o bien, si su capacidad se ha agotado, es desechada como purga del sistema y debidamente neutralizada antes de su descarga al medio ambiente. (p.3)

Figura 1 *Secuencia de etapas físico- químicas de la Hidrometalurgia*



Nota: Gaviria Cartagena *et al.* (2007). Notas de clase programa de la asignatura: hidrometalurgia aplicada línea de metales preciosos.

Lixiviación

Para Cárdenas, F., Díaz, M., Guajardo, C., Oliva, M. (s.f.), “la lixiviación consiste en la disolución del elemento de interés del mineral, por acción de un

agente lixivante externo o suministrado directamente por el mineral en condiciones apropiadas” (p.3).

El cianuro es utilizado universalmente debido a su costo relativamente bajo, menciona Internet (2014), su gran efectividad para la disolución del oro (y plata) y su selectividad para el oro y plata en lugar de otros metales. Además, a pesar del interés en la toxicidad del cianuro, este puede aplicarse con un riesgo menor en la salud y el medio ambiente. El oxidante más comúnmente utilizado en la lixiviación con cianuro es el oxígeno, suministrado por el aire, el cual contribuye con el atractivo del proceso. (p.1).

Métodos de lixiviación

Los diferentes métodos de lixiviación tienen el objetivo de alcanzar el máximo de beneficio económico con el mínimo de costos y procesos posibles.

En esta búsqueda, Gaviria, Restrepo, Bustamante. (2007), es necesario involucrar operaciones unitarias cuyo carácter es fundamentalmente físico y solo en ocasiones (cuando se involucra la concentración por flotación o algún pretratamiento químico), físico – químico. Estas operaciones son:

- Explotación minera y transporte del mineral útil.
- Procesos asociados al beneficio del mineral tales como: trituración, clasificación en seco, molienda o conminución y clasificación en húmedo.
- Procesos de concentración empleando la propiedad preferencial más acorde a las características entre el mineral útil y la ganga. Como son: la gravedad específica, la susceptibilidad magnética y eléctrica; y aspectos asociados a la química de superficie como la concentración por flotación. El factor más determinante para alcanzar el objetivo de la lixiviación es el parámetro tiempo; es decir la duración del proceso extractivo. (p.13,14)

- **Lixiviación In-Situ- in place**

La lixiviación in place, Cárdenas, F., Díaz, M., Guajardo, C., Oliva, M. (s.f.), “consiste en la lixiviación de residuos fragmentados dejados en minas abandonadas” (p.3,4).

La lixiviación de metales (s.f.) “la lixiviación in- situ es muy usado para menas de cobre y oro de bajo grado, en la cual no se justifica costos de minado y transporte. La mena es simplemente fisurada y lixiviada en el lugar por periodos grandes de tiempo (ciclos de años)” (p.7).

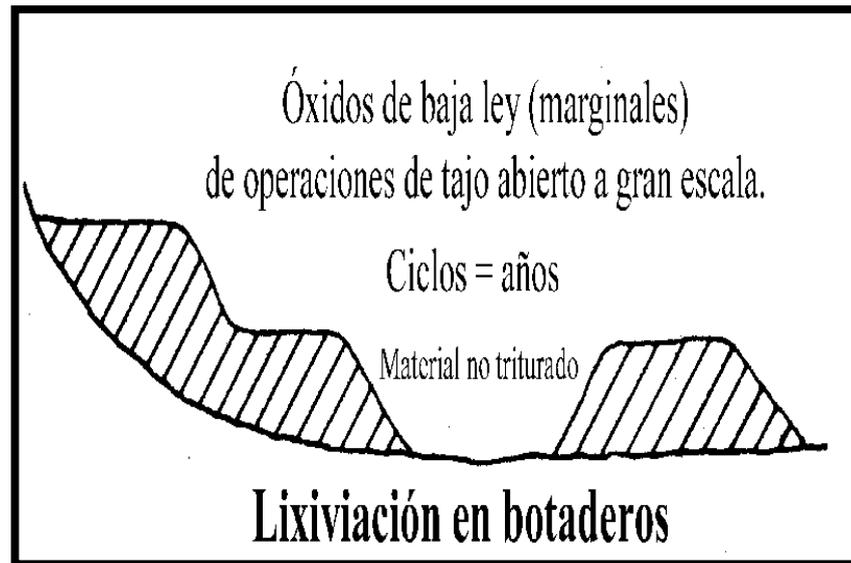
Por este tipo de lixiviación menciona Cárdenas, F., Díaz, M., Guajardo, C., Oliva, M. (s.f.). “puede recuperarse metales de yacimientos minerales en los que no son aplicables métodos convencionales de la minería mecanizada debido a su baja ley, profundidad de emplazamiento, diseminación y que poseen alto grado de permeabilidad natural o creada artificialmente mediante técnicas como la hidrofracturación del yacimiento” (p.14).

- **Lixiviación en botaderos**

Según Gaviria, Restrepo, Bustamante. (2007) “se aplica al mineral estéril que, debido a su bajo tenor, no clasifica para pasar a planta de beneficio; sin embargo, es llevado a superficie después de haber sido minado; también se aplica a las colas de procesos antiguos”. (p.15)

Lixiviación de metales (s.f.) “el material que se trata por este método es generalmente sin triturar y el ciclo de tratamiento es de 3 a 20 años, se trata por lo menos 5×10^6 t de mineral.” (p.9)

Figura 2 Lixiviación en botaderos



Nota: Lixiviación de metales (s.f)

- **Lixiviación en pilas**

La lixiviación en pila con cianuro Misari Chuquipoma (2010) es una técnica hidrometalúrgica desarrollada para la explotación de minerales de baja ley de oro, materiales de desecho de mina o depósitos pequeños: La técnica seleccionada depende largamente de la forma de ocurrencia de oro, de las características físicas y composición mineralógica del mineral y de la escala de operación.

Todas las operaciones de lixiviación en pila con cianuro a nivel comercial están siendo conducidas con material almacenado sobre una base impermeable. pads (bases) impermeables son requeridos para captar las soluciones impregnadas y eliminar las posibilidades de pérdidas de soluciones de cianuro de oro y plata por la base, lo que puede conducir a la contaminación de las corrientes locales y fuentes de aguas subterráneas.

Básicamente, dos métodos de lixiviación con cianuro en pila son empleados comercialmente: Lixiviación en tiempos cortos de mineral chancado y la lixiviación en tiempos largos de mineral tal como sale de la mina. (p.113)

Los métodos de lixiviación Misari Chuquipoma (1993)

Mineral tal como sale de la mina: Este método se usa principalmente para extraer oro y plata de material no chancado. El material tal como sale de la mina se genera usualmente por voladura y, por lo general, contiene material que varía en tamaño, desde finos hasta grandes bloques. Este tipo de lixiviación en pila puede operarse por años, terminando cuando el límite económico del impregnado ha sido alcanzado.

Mineral con operación de chancado: En esta operación, el mineral generalmente se chanca a menos de 1” o menos de ½” y se apila a 5 – 10 pies de altura sobre el lecho de lixiviación. La altura de la pila depende de la permeabilidad del material, así como la máxima altura que alcanza la cuchara del cargador frontal. (p. 119)

Lixiviación de metales (s.f.), señala: “En el caso de menas de oro, se tratan minerales con leyes entre 0,3 a 2 g/t de Au y la altura de los módulos pueden variar entre 6 a 10 m “(p. 10).

Según Gaviria, Restrepo, Bustamante. (2007), las pilas pueden ser dinámicas, cuando el mineral, terminada la lixiviación, se envía a botaderos y la base de la pila puede ser reutilizada o permanentes en las que las nuevas pilas se cargan sobre las anteriores aprovechando la permeabilidad existente. El tiempo del proceso puede tomar varios

meses, según el tipo de mineral a tratar, el tenor del elemento o especie de interés y el tamaño de las partículas a lixiviar. (p. 17)

Figura 3 Lixiviación en pilas o en montón



Nota: Lixiviación de metales (s.f)

- **Lixiviación en bateas**

Para Cárdenas, F., Díaz, M., Guajardo, C., Oliva, M. (s.f.),” la lixiviación en bateas conocido también como sistema de lixiviación por percolación, consiste en la utilización de una estructura de hormigón con forma de paralelepípedo, en donde se deposita el mineral previamente chancado para posteriormente cubrirlo con las soluciones de lixiviación hasta 1/2 o 3/4 de su volumen. El molde de hormigón posee un fondo falso de madera, cubierto con una tela filtrante que permite la recirculación en sentido ascendente o descendente de la solución, de modo de favorecer la dilución del mineral. En la utilización de este método se dispone de una serie de bateas ubicadas en serie una contigua a la otra, donde cada batea está conectada a la siguiente de manera de permitir la circulación de la disolución entre estas, tal que las sucesivas recirculaciones

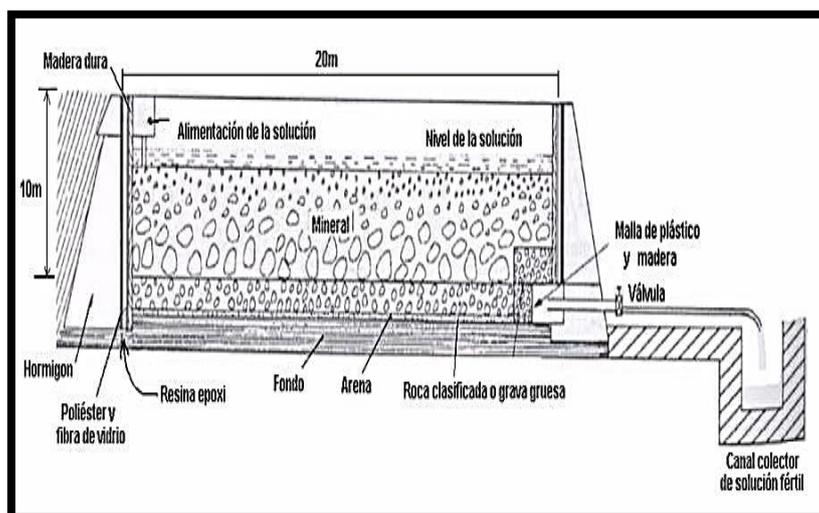
permiten subir el contenido del metal de interés (generalmente cobre), tanto como para poder enviarlas a recuperación electrolítica directa.

Dado que las bateas son sistemas de operación muy dinámica, son apropiados solamente para lixiviar minerales que presentan una cinética de disolución muy rápida. El ciclo de lixiviación en bateas es normalmente muy corto del orden de 6 a 12 días.

La utilización de este método otorga una mayor rapidez al proceso de lixiviación ya que al estar el mineral total o parcialmente sumergido en la solución facilita la dilución de este. El proceso permite el tratamiento de un volumen considerable de mineral ya que tiene la facilidad de conectar una serie de estas, aumentando la productividad del mismo.

Las desventajas del método son su reducido campo de aplicación donde como ya se dijo debido a sus características dinámicas requiere de minerales de rápida cinética de dilución, además de la elevada inversión inicial requerida para la construcción de las bateas junto con la necesidad del tratamiento del mineral. (p. 3).

Figura 4 Tanque percolador



Nota: Lixiviación de metales (s.f.)

- **Lixiviación por agitación**

Este método de lixiviación de metales (s.f.), se aplica para menas de altas leyes, que pueden estar comprendidas para el caso del cobre entre 5 y 30% Cu y en el caso de calcinas entre 30 y 40 % Cu, es usualmente preparado para lixiviación de un material molido ($55\% < 200 \mu$).

Los tiempos de lixiviación toman lugar entre 2 a 5 horas. La agitación puede ser por agitación mecánica y/o neumática. (p.13)

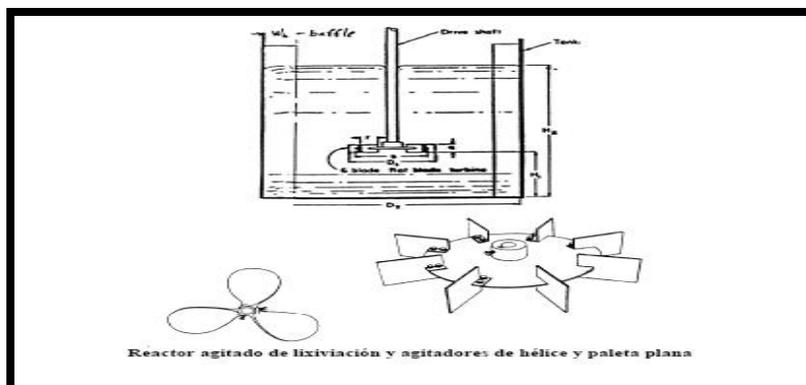
(Eberardo, 2014), la agitación mecánica: Son estanques agitados mediante un impulsor o rotor en el fondo del tanque que recibe la rotación a través de un eje vertical. Todo el sistema está suspendido en una estructura que descansa en la boca superior del estanque. (p.24)

Según Gaviria, Restrepo, Bustamante. (2007), la agitación mecánica asistida con la inyección de aire, ha demostrado ser un método excelente en los procesos extractivos de metales preciosos. El mineral que se trata por este método debe ser de alto tenor y su granulometría debe ser fina (para minerales auríferos debe estar en la malla 200), requiere alta inversión de capital, pero esta se recupera debido a la dinámica del proceso que suele tomar entre 6 a 24 horas.

La extracción puede alcanzar el 95% y la concentración de agente lixivante en las soluciones debe estar entre media a alta. Después del proceso de lixiviación, se requiere hacer la separación sólida/ líquido, la cual generalmente se ejecuta mediante un lavado en contracorriente para lograr eliminar los sólidos agotados y que no queden impregnados de la solución cargada, para esto se instalan en planta los espesadores y en

algunas ocasiones la separación puede hacerse mediante un filtro rotatorio. (p. 20)

Figura 5 Tanque impeler, lixiviación por agitación



Nota: Gaviria Cartagena *et al.* (2007). Notas de clase programa de la asignatura: Hidrometalurgia aplicada línea de metales preciosos.

Para (Eberardo ,2014), “la agitación neumática: se realiza en estanques cilíndricos verticales, con fondo cónico, el aire comprimido se inyecta por el fondo. Dimensiones típicas: 6 m de diámetro y 15 m de altura. Ventaja: carencia de partes móviles. Desventaja: se requiere moler más fino para lograr una agitación adecuada” (p.23).

Carbón activado

El carbón activado Internet (s.f.): “Es un carbón con una gran área superficial ($>1000 \text{ m}^2 /\text{g}$) debido a una estructura íntimamente porosa al cual se le han eliminado las sustancias volátiles y destruido algunos enlaces moleculares” (p. 22).

Refiere E.U. Politécnica U. Sevilla (s.f.):” La activación de cualquier carbón consiste en " multiplicar" el área superficial creando una estructura porosa. Es importante mencionar que el área superficial del carbón activado es interna al activar el carbón logramos multiplicar de 200 o 300 veces este valor” (p. 10).

Internet (s.f.): “Se fabrica calentando materiales orgánicos (carbón de madera, pepa de melocotón, cascara de coco, etc.) hasta temperaturas de 700–

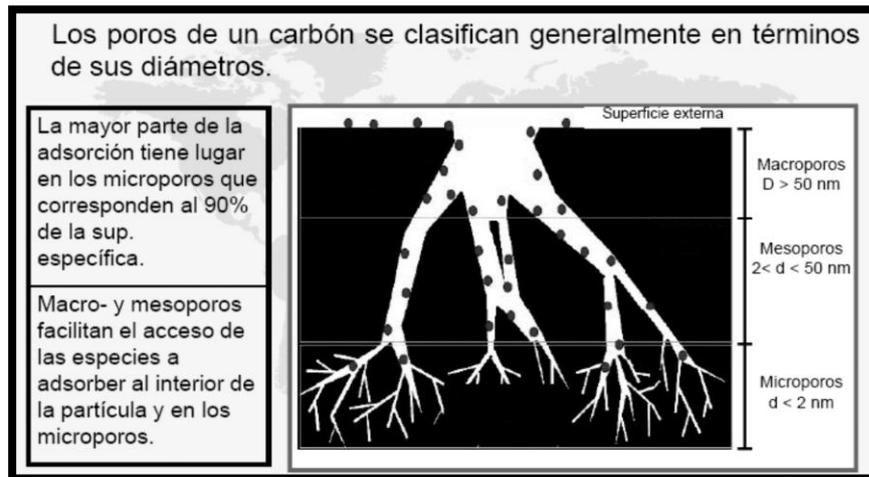
1000°C en una atmósfera controlada, de vapor de agua, dióxido de carbono y oxígeno, eliminando los enlaces débiles” (p. 22).

La capacidad de un carbón activo para retener una sustancia determinada no solo está dada por su área superficial, sino por la proporción de poros cuyo tamaño sea el adecuado, es decir, de una a cinco veces el diámetro de la molécula de dicha sustancia.

De acuerdo con la terminología de la IUPAC, los poros cuyo tamaño no excede de 2 nm son llamados microporos, que son donde ocurre el fenómeno de adsorción en mayor medida, los que exceden de 50 nm son llamados microporos, menciona La Chira (2010):

Estos juegan un papel importante en el transporte del adsorbato a través de los mesoporos hasta los microporos, los mesoporos son de tamaño intermedio a los valores mencionados (entre 2 y 50 nm). El volumen de los microporos es en general mayor de 0,2 cm³ pudiendo alcanzar elevados valores de área de superficie específica interna. (p.13)

Figura 6 Representación esquemática del sistema poroso de un carbón y clasificación de los poros según su tamaño

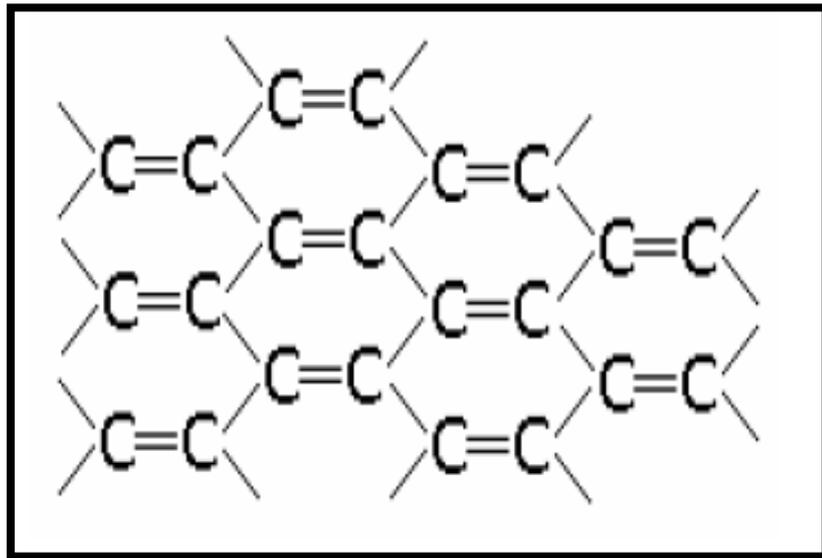


Nota: Colorado V. (s.f.). Curso de procesamiento de minerales de adsorción, precipitación, fundición y refinación del oro - Internet Consultores Metalúrgicos [presentación de diapositivas].

En definitiva, la estructura del carbón activo, se encuentra combinados en forma de placas graníticas que menciona. U. Politécnica U. Sevilla (s.f.), que pueden representarse de acuerdo a la siguiente figura:

Las placas están separadas y tienen distintas orientaciones, por lo que existen espacios entre ellas, a los que se les denominan poros, que brindan al carbón activo su principal característica: una gran área superficial, y por lo tanto, una alta capacidad adsorbente. El área de la mayoría de los carbones activados comerciales está entre $500 - 1500 \text{ m}^2/\text{g}$. (p.11)

Figura 7 Estructura del carbón activado



Nota: E.U. Politécnica U. Sevilla. (s.f.). Manual del carbón activo

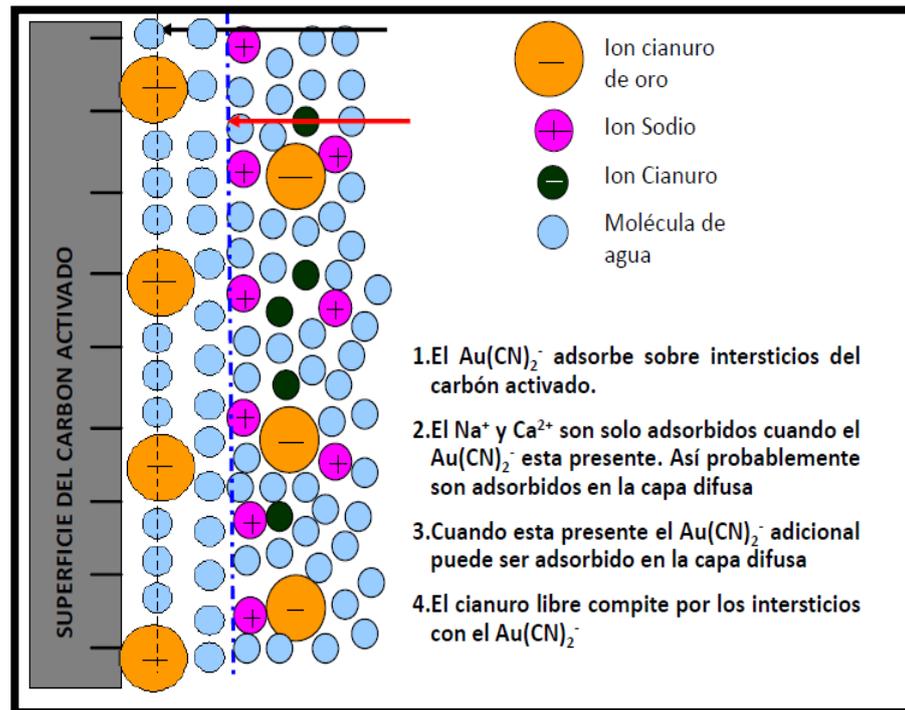
- **Teoría de la adsorción en el carbón activado**

Es el proceso en donde el compuesto aurocianuro, en forma de ion queda en las estructuras y microestructuras (aberturas) de carbón absorbidos, refiere Internet (s.f.):

La adsorción es el proceso mediante el cual las moléculas de los fluidos se adhieren a la superficie por fuerzas químicas o físicas (o una combinación de ambas). En la adsorción física, las fuerzas van der Waals de bajo nivel dejan las impurezas en la superficie del carbón. En la adsorción química utilizando carbones impregnados, las fuerzas son relativamente fuertes y ocurren en los lugares impregnados de la superficie.

La adsorción física predomina cuando se utilizan carbones activados en la purificación de agua, y la eficiencia del carbón dependerá de su superficie disponible. La adsorción de elementos disueltos es compleja, porque en muchos casos la impureza sólida y elementos disueltos tienen afinidad por la superficie carbonosa. (p. 10)

Figura 8 Teoría de la adsorción del carbón activado



Nota: Colorado V. (s.f.). Curso de procesamiento de minerales de adsorción, precipitación, fundición y refinación del oro - Internet Consultores Metalúrgicos [presentación de diapositivas]

Técnicas de adsorción

La reactivación o regeneración, es la remoción de las impurezas depositadas en el carbón durante la adsorción y la regeneración de su estructura porosa y su actividad. Durante este proceso, el carbón sufrirá un pequeño daño, el cual debe minimizarse. Para la regeneración del carbón comúnmente se utilizan dos métodos Carbón activado en la hidrometalurgia del oro. (s.f, p.13)

- **Reactivación química**

Los métodos químicos como extracción por solventes, lavado ácido y alcalino y tratamiento con peróxido, se emplean para remover solventes específicos o incrustaciones inorgánicas del carbón. Estos tratamientos únicamente logran una regeneración parcial del carbón. En la industria de

metales preciosos se realiza el lavado ácido para la eliminación de incrustaciones inorgánicas. (s.f, p.13)

- **Reactivación térmica**

En el proceso de reactivación térmica el lavado ácido logra sólo una parcial regeneración del carbón utilizado en la recuperación de metales preciosos. Esto se debe fundamentalmente a que el carbón tiene contacto con una gran variedad de especies presentes en los circuitos de lixiviación, que pueden adsorberse. En esta situación se afectan los poros de todos los tamaños, macro, meso y microporos, por los adsorbidos, los cuales continúan acumulándose afectando progresivamente la capacidad de adsorción. (s.f, p.14)

TECSUP virtual (s.f), refiere el proceso de reactivación térmica “elimina impurezas como Fe^{+2} , S, NaOH y reactivos orgánicos que podrían envenenar el carbón, disminuyendo su eficiencia para el reúso. Después de su reactivación, el carbón puede ser reutilizado durante unos 10 a 12 ciclos, reduciendo de esta manera el costo de operación, por ahorrar gasto excesivo de este insumo” (p.18). ´

Procesos de adsorción con carbón activado

La tecnología del uso del carbón activado comprende 3 técnicas de aplicación y son el carbón en pulpa (CIP), el carbón en columna (CIC) y el carbón en lixiviación (CIL).

La técnica de adsorción varía dependiendo del tipo de cianuración:

- **Carbón en pulpa (CIP)**

En este proceso la pulpa rica ingresa al circuito de adsorción, formado normalmente por 4 estanques agitadores, en cada uno de los cuales se encuentra una cantidad de carbón activado refiere TECSUP virtual (s.f),

La pulpa avanza en forma continua de un estanque a otro, efectuando el traspaso mediante el airlift central y evitando que el carbón progrese al estanque siguiente, tamizando la pulpa y reteniéndolo sobre una zaranda.

El avance o traspaso del carbón entre estanques, es intermitente y se efectúa cíclicamente, en intervalos que permiten el enriquecimiento del carbón en el primer estanque, hasta una concentración del orden de 300 a 400 oz/t de Au.

El carbón nuevo se agrega siempre al estanque que se va retirar debido a que se encuentra saturado. Por lo tanto, el carbón debe avanzar por los estanques en sentido inverso a la pulpa en contracorriente. (p.9,10)

- **Carbón en lixiviación (CIL)**

Para Carbón Activado en la hidrometalurgia del oro (s.f), es una variante del proceso CIP donde las etapas de lixiviación y adsorción se realizan simultáneamente en los mismos tanques: “Las principales ventajas de este tipo de arreglo son: menores costos de capital y mejor extracción de metales preciosos de minerales que contengan componentes que provoquen el fenómeno de auto adsorción (p.9).

- **Carbón en columna (CIC)**

Los licores de lixiviación generados en la mayoría de las operaciones de lixiviación en montones, de minerales de oro y plata de baja ley, están prácticamente libres de sólidos suspendidos, que menciona TECSUP virtual

(s.f) En tales operaciones, la solución madre es puesto en contacto con carbón activado, en columnas o en tanques con agitación:

El buen contacto sólido líquido es logrado mediante la fluidización de las partículas de carbón en la columna o por agitación suave dentro del tanque. Se utilizan columnas o tanque en serie. La solución madre es alimentada a la primera columna que contiene el carbón más cargado de oro y sale como solución empobrecida de la última columna que contiene carbón fresco o que está menos cargado. (p.15,16)

Desorción del oro en el carbón activado

El sistema de desorción es un fenómeno de transferencia de masa inverso a la adsorción, refiere Internet (s.f.), la sustancia que ha sido adsorbida en el carbón es extraída por medio de una solución, que atraviesa el lecho de carbón cargado en un reactor especialmente construido para el proceso:

El carbón activado previamente cargado con oro y otros metales en el proceso de adsorción debe ser sometido a una etapa de elución para desorber los metales del carbón. Eso produce un volumen pequeño de solución con alta concentración en oro, adecuada para su posterior recuperación, y permite al carbón ser reciclado hacia el circuito de adsorción. (p.152)

Durante los últimos 10 años, se ha visto la aparición de cuatro técnicas de elución.

- Proceso Atmosférico Zadra

Este proceso fue desarrollado por Zadra en la U.S. Bureau of Mines, comprende la reextracción de oro, a partir del carbón cargado usando una solución conteniendo 0,1% de NaCN y 1% NaOH a una temperatura de 85°C – 95°C.

El proceso es llevado a presión atmosférica y el tiempo total requerido para desorber el carbón hasta un nivel lo suficientemente bajo de oro puede estar en el rango de 24 - 60 horas, dependiendo de la solución y modo de operación.

Este proceso es simple y los costos de capital y operación son relativamente bajos, los cuales lo hacen altamente apropiado para operaciones a pequeña escala. Sin embargo, el ciclo de tiempo largo requerido para la elución efectiva puede ser un factor limitante para plantas a mayor escala.

- **Proceso de Reextracción con Alcohol**

Este proceso fue desarrollado por Heinen en la U.S. Bureau of Mines y es básicamente una extensión del proceso atmosférico Zadra. El carbón cargado es desorbido usando una solución conteniendo 0,1% de NaCN, 1% de NaOH y 20% de alcohol en volumen a una temperatura de 80°C.

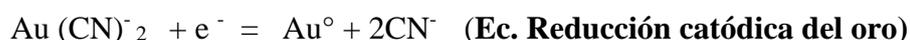
El proceso es operado a presión atmosférica y la adición de alcohol a la solución de desorción reduce significativamente el ciclo de elución a 5-6 horas. La ventaja de alcohol en la reextracción es reducir el tamaño de la sección de reextracción.

Las principales desventajas de este proceso incluyen el alto riesgo de incendio asociado con el alcohol y mayores costos de operación debido a las pérdidas de alcohol por volatilización. Un número de dispositivos de seguridad para minimizar los riesgos de incendio ha sido incorporado en el diseño de un circuito y la instalación de un sistema de recuperación efectiva de vapor es esencial para mantener un balance económico. Se afirma que el carbón no requiere regeneración tan frecuente con esta técnica.

Electrodeposición del oro

La electrodeposición refiere Internet (s.f.), “proporciona un medio barato y eficiente para recuperar el oro desde las soluciones producidas en la elución del carbón cargado: En la electro-obtención el oro disuelto se deposita en el cátodo reduciéndose a oro metálico junto a una evolución de hidrógeno por descomposición del agua, mientras que el ánodo, el ion hidroxilo se oxida a agua con evolución de oxígeno, según las siguientes ecuaciones electroquímicas” (p.160).

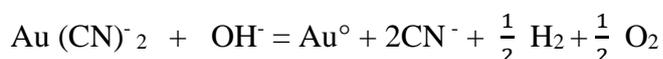
Cátodo



Ánodo



Reacción total



Tipo de celdas

Las celdas emplean electrodos empacados de lecho poroso y según su geometría pueden dividirse en dos tipos:

- Celdas tipo zadra

La primera empleada industrialmente, consiste básicamente en un recipiente cilíndrico con un cátodo central de lana de acero protegido dentro de un canasto de plástico perforado para aislamiento y un ánodo concéntrico de malla de acero inoxidable. La solución de alimentación ingresa por el centro siendo distribuida a diferentes alturas del cátodo y abandona la celda por rebalse, atravesando el canasto perforado.

- **Celdas rectangulares**

Difiere de la anterior no solo en su geometría sino además en su concepción que comprende la intervención de varios cátodos y ánodos planos, dispuestos alternadamente de manera paralela y equidistante.

La solución ingresa por un extremo de la celda y sale por el otro, atravesando los cátodos de lana de acero, lo que minimiza la posibilidad de corto circuito.

El primer cátodo es retirado periódicamente de la celda cuando alcanza la carga programada de oro, mientras que los otros se hacen avanzar un lugar, instalándose un cátodo fresco en el último.

Fundición

Los cátodos de oro y plata obtenidos del proceso de electrodeposición son calcinados según el contenido de impurezas de Fe, Cu, Zn, etc. y posteriormente son mezclados con el flux de fundentes y alimentados al crisol para proceder a la fundición a temperatura que alcanza los 1100 °C, de la que finalmente se obtiene la barra doré.

2.3. Definición de términos básicos

Alteración

Una alteración es un proceso (hidratación, oxidación, etc.) generalmente tardío y superficial, que transforma un mineral en otro (u otros). Los tipos de procesos de alteración son múltiples y complejos, varían dependiendo del tipo de mineral y tienen lugar por cambios de temperatura, cambios químicos, exposición atmosférica con abundancia de agua y oxígeno, cambios de pH, etc.

Cianuro

La definición de cianuro procede del vocablo francés cyanure, alude a un anión que dispone de un átomo de carbono vinculado a un átomo de nitrógeno a

través de un enlace triple. La forma más usual del cianuro es la sal de cianuro de hidrógeno, también conocido como ácido cianhídrico, esta sustancia se caracteriza por su alta toxicidad, que puede resultar letal para el ser humano. Sus usos son variados: la fabricación de plásticos y pinturas; la elaboración de plaguicidas; el desarrollo de medicamentos; y la extracción de plata y oro.

Solución pregnant

Es la solución de cianuro cargada con plata y oro producto de la cianuración de los minerales de las distintas pilas bajo riego, ya sean tanto dinámicas como permanentes, producto de la lixiviación, luego todas estas soluciones forman un solo flujo que es enviado a planta para su posterior procesamiento.

Solución barren

Llamada solución pobre, solución que contiene bajas cantidades de oro (menor a 0,020 mg/l) y otros metales, donde queda concentrada en cobre y cianuro libre.

El p80

Es el tamaño de tamiz que deja pasar 80% de las partículas del producto del circuito, ambos expresados en micrones.

Ley de corte (Cut- off grade)

Es el grado mínimo requerido para que un mineral o metal sea extraído económicamente (o procesado). El material que se encuentra por encima de este grado se considera mena, mientras que el material por debajo de este grado se considera escombros.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Al desarrollar las pruebas metalúrgicas a nivel laboratorio, entonces es posible determinar los parámetros óptimos de las principales variables de los procesos de: conminución, extracción y recuperación del oro del mineral ripio oxidado, que nos permita desarrollar a escala industrial en la Empresa Corporación Minera Centauro S.A.C.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Las principales variables que influyen el proceso de extracción del oro del mineral ripio oxidado, son: clasificación por alteración mineralógica y la extracción por hebras de mineral ripio oxidado nos permite tener una mayor recuperación de oro.
- La conminución disminuye la granulometría del mineral ripio oxidado lo cual permitiría que la solución cianurada con la fuerza de cianuro establecida tendría mayor contacto con las especies mineralógicas valiosas del oro y se tendría mayor extracción de oro durante la lixiviación del mineral ripio oxidado.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Procesos hidrometalúrgicos: conminución, cianuración, carbón activado,

2.5.2. Variable dependiente

- % extracción del oro
- % recuperación del oro

2.5.3. Variable interviniente

- La alteración mineralógica del mineral ripio

- El tipo de extracción del mineral ripio

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Variables	Definición Conceptual	Indicadores	Instrumentos
Variable Independiente Procesos hidrometalúrgicos (Conminución, cianuración, carbón activado)	Son procesos que se desarrollan para la extracción y obtención del oro del mineral	Porcentaje, milímetros	Análisis granulométrico Pruebas metalúrgicas de cianuración en columnas
Variable Dependiente Porcentaje de extracción de oro	Consiste en la cantidad de oro que se logra extraer mediante los procesos hidrometalúrgicos de un mineral	Porcentaje de datos e interpretación	Tablas de pruebas metalúrgicas Reporte de análisis químico
Porcentaje de recuperación de oro	Consiste en la cantidad de oro que se logra recuperar de un mineral.	Porcentaje de composición química	Tablas de pruebas metalúrgicas, reporte de análisis químico
Variable interviniente La alteración mineralógica del mineral ripio	Se refiere al cambio en la composición mineralógica del mineral	Característica mineralógica del mineral	Reconocimiento de las características de las alteraciones mineralógicas mediante la observación
El tipo de extracción del mineral ripio	Consiste en extraer del mineral ripio oxidado las alteraciones que son rentables, pero teniendo menor dilución entre mena y desmonte.	Dilución entre mena y desmonte	Toma de muestra Reporte de análisis químico

Nota: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Por ser una investigación que plantea soluciones concretas, recuperar los valores metálicos valiosos del mineral ripio oxidado por medio de la cianuración, carbón activado, por ello el presente trabajo es de carácter **Descriptiva**, porque se describe los procedimientos experimentales y los cálculos metalúrgicos.

3.2. Nivel de investigación

La presente investigación es de nivel **Descriptiva**, porque simultáneamente se describe los procedimientos experimentales y los cálculos metalúrgicos.

3.3. Método de investigación

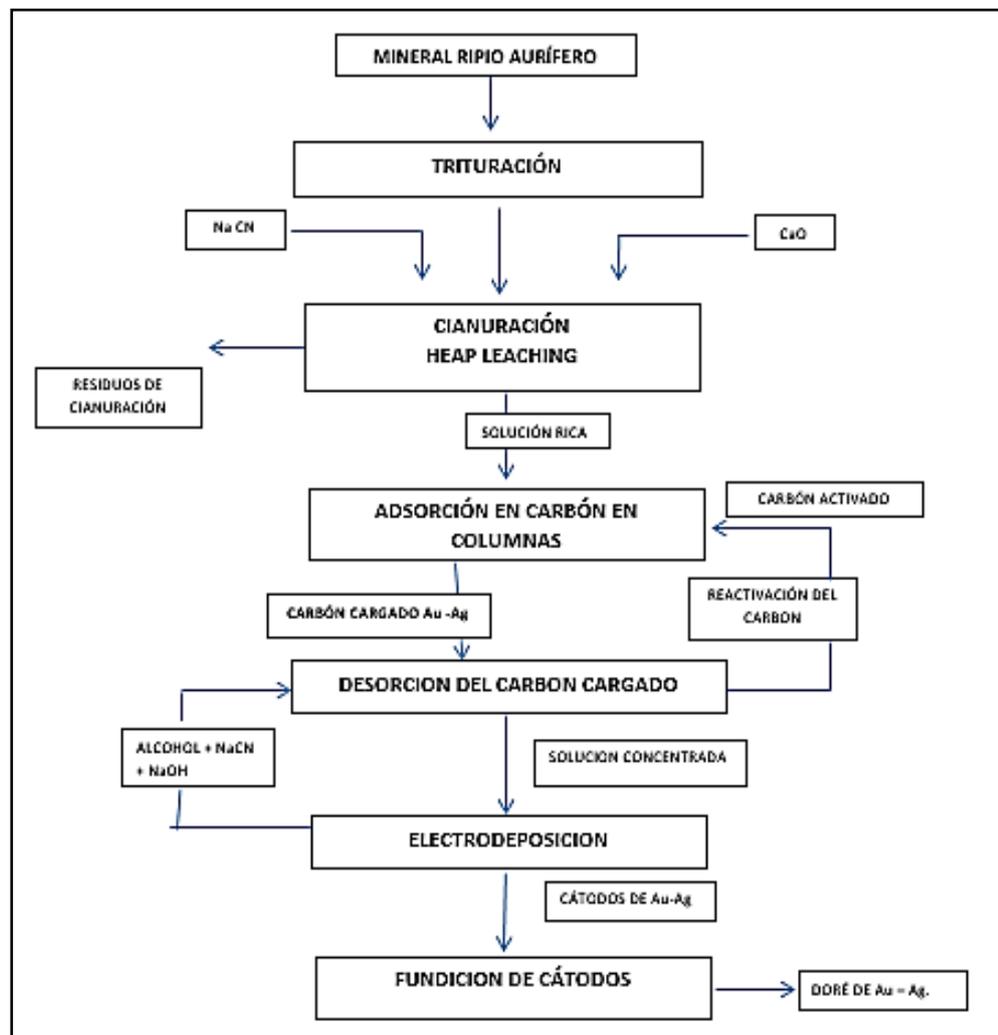
El método que se aplicó en el presente estudio es inductivo - deductivo, porque permite llegar a conclusiones partiendo de lo particular a lo general.

3.4. Diseño de la investigación

La estrategia que se adopta para responder al problema de investigación planteado en el estudio, el **diseño es experimental**. Específicamente a través de la implementación e instalación de los equipos experimentales, se podrá realizar los estudios de los comportamientos metalúrgicos del mineral de ripio oxidado frente a los procesos mencionados y bajo un plan de investigación (Figura 9).

De esta manera se obtendrá los parámetros operativos óptimos del tratamiento de mineral aurífero y con ello realizarlo a nivel industrial.

Figura 9 Plan de investigación metalúrgica



Nota: Elaboración propia

3.5. Población y muestra

Población

La población está conformada por el mineral de ripio oxidado, depositado en los pads :1 al pad 6 ; que son 20 044 500 toneladas.

Muestra

El método de muestreo que se usó fue aleatorio, tomando muestras de diferentes puntos, con una característica mineralógica: Sílice transicional con clastos de brecha 70 kg, brecha con clastos de sílice transicional 60 kg, sílice transicional con clastos de sílice masiva 360 kg.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el presente trabajo se utilizó la técnica de la observación y para los instrumentos de recolección de datos realizará las siguientes actividades:

Pruebas metalúrgicas a nivel laboratorio los datos obtenidos se anotarán en tablas previamente establecidas.

Los instrumentos para la recolección de datos:

3.6.1. Equipos

Potenciómetro, balanza analítica y eléctrica.

3.6.2. Materiales

Columnas de PVC, palas, tela o hule, envases de plástico, bandejas y tubos de ensayo.

3.6.3. Reactivos

Agua destilada, acetona, nitrato de plata, cianuro de sodio y óxido de calcio.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Las pruebas metalúrgicas se realizaron en los laboratorios de la empresa

Corporación Minera Centauro S.A.C, asimismo las muestras fueron trabajadas con el máximo cuidado, para obtener la validación de los datos y cálculos de la presente investigación. Así como también, los equipos utilizados fueron certificados por las empresas proveedoras.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La información recopilada será procesada en el programa Excel los datos procesados se presentarán en forma tabular y mediante gráficas.

3.9. Tratamiento estadístico

El análisis e interpretación de datos procesados se efectuarán de acuerdo a los resultados que se obtiene, mediante la hoja de cálculo y herramientas del programa Excel.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

3.10.1. La ética

La definición de ética proviene etimológicamente del griego ἠθική ēthiké que remite tanto a “carácter” como “costumbre”, proyectándose como la disciplina filosófica que analiza la fundamentación de las normas que rigen las conductas humanas según parámetros relacionados con el bien y el mal (Rocha,2023).

3.10.2. La ética en la investigación

Se refiere a un conocimiento teórico práctico que regula la moralidad del investigador desde el momento que idealiza los temas de investigación y la elaboración del marco teórico (Ruth M. Romero Huamani, 2016, pág. 46).

3.10.3. La orientación de la ética

Se refiere a que es un aspecto de la Filosofía Terapéutica en el cual se da un asesoramiento sobre valores, creencias e ideales en torno a la reflexión del

ethos o actitud ética privada: Esta orientación se formula desde dos campos de la vida: La vida profesional y la vida personal (Orientación Ética.,2012).

3.10.4. La Orientación filosófica

Las bases filosóficas en una tesis de grado se refieren a las ideas y corrientes de pensamiento que fundamentan la investigación y proporcionan el marco para la reflexión y análisis de los resultados. La filosofía de tu disciplina mejora tu enfoque crítico y ético en la investigación y asegura la responsabilidad social de tus hallazgos. Las bases filosóficas son una parte fundamental de cualquier tesis de grado, ya que te permiten reflexionar críticamente sobre las cuestiones éticas y valores subyacentes en tu investigación (Carrero, s. f).

3.10.5. Orientaciones epistemológicas

Expresa el compromiso de aclarar y explicar entre los caminos del tratamiento de la teoría y de la relación con la práctica. La primera dimensión de la orientación epistemológica hace referencia a la distinción gnoseológica, en tanto su alusión al “saber” o a la fuente del “saber” en una investigación, que implica exaltar la fuente del conocimiento que da sustento a la investigación que se trate. La segunda dimensión de la orientación epistemológica de los trabajos científicos, hace referencia a la distinción ontológica; según la cual existen dos subdimensiones en el tratamiento de la relación entre el sujeto que investiga y el objeto investigado o realidad abordada (De Berríos y Briceño de Gómez,2009, p.48).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación del trabajo de investigación

El proyecto de reproceso de ripios de la Mina Quicay I está ubicada en la Sierra Central del Perú en el distrito de Simón Bolívar, provincia y región Pasco. Se sitúa a 4 250 ms.n.m en la Comunidad Campesina Santa Ana de Pacoyán, Figura 10. Quicay es accesible desde Lima y el puerto del Callao a través de una carretera pavimentada a una distancia de 325 kilómetros.

Del departamento de Pasco se continúa por una carretera afirmada unos 19,5 km que conduce a la Comunidad Campesina Santa Ana de Pacoyán, luego de la mencionada comunidad se toma un desvío hasta llegar al proyecto.

Figura 10 Ubicación de la mina Quicay



Nota: Memoria descriptiva Quicay

4.1.2. Pruebas de cianuración en columnas

Las pruebas de cianuración en columnas son efectuadas para obtener información preliminar sobre el consumo total de reactivos que intervienen en el proceso de curado y lixiviación, tales como el NaCN, CaO; así mismo podemos obtener el porcentaje de recuperación de Au en cada prueba realizada.

El tamaño del mineral que será utilizada en cada prueba, varía desde una granulometría de 9 mm a 13 mm. Este material se homogeniza y cuartea, de aquí se toman muestras para análisis de cabeza que son enviadas al laboratorio químico.

La recolección de muestras para las pruebas metalúrgicas, se realizaron por caracterización mineralógica del mineral, la muestra de mineral a trabajar, es sílice transicional con clastos de brecha, brecha con clastos de sílice transicional y sílice con clastos de sílice masiva.

Las pruebas se realizan con las siguientes condiciones:

Las pruebas metalúrgicas; se inician con 4 horas de curado (con fuerza de cianuro de 1500ppm ;1200ppm ;1000 ppm y un pH: 11,0) y con 4 horas de reposo,

de manera continua hasta poder completar 32 horas de proceso curado. Luego se ingresa a un proceso de reposo de 32 horas; para dar inicio al regado con solución lixivante con fuerza de cianuro de 120 ppm y un pH: 11,0.

El ratio de cal a utilizar en las pruebas es de 0,8 kg/t a 0,9kg/t.

Las muestras de solución percolada en cada prueba de cianuración en columnas, se envían en tubos de ensayo al laboratorio químico para análisis de oro, asimismo a cada una de las muestras se miden su pH y cianuro libre.

Tabla 1 Resultados de pruebas metalúrgicas.

Pruebas de cianuración en columnas y su recuperación de oro		
N° de prueba	Alteración mineralógica	Recuperación de oro
1	Sílice transicional con clastos de brecha	51,18%
2	Brecha con clastos de sílice transicional	59,20%
3	Sílice transicional con clastos de sílice masiva	44,25%
4	Sílice transicional con clastos de sílice masiva	39,95%
5	Sílice transicional con clastos de sílice masiva	39,62%
6	Sílice transicional con clastos de sílice masiva	20,63%
7	Sílice transicional con clastos de sílice masiva	11,02%

Nota: Elaboración propia

En la tabla 1 se muestra las 7 pruebas metalúrgicas de cianuración en columnas realizadas y el porcentaje de recuperación de oro obtenida en cada una de ellas.

4.2. Presentación análisis e interpretación de resultados

Las pruebas metalúrgicas de cianuración en columnas; realizadas se presentan a continuación, son 7 pruebas.

Tabla 2 Condiciones de la prueba N°1.

Condiciones de la prueba	
Tipo de mineral:	Sílice transicional con clastos de brecha
Ley de cabeza Au (g/t)	0,259
Contenido metálico de cabeza (g)	17,04
Granulometría:	p80: 10,07 mm
Peso seco de mineral (kg):	65,8
Peso húmedo de mineral (kg):	70
% Humedad:	6
Fuerza de cianuro(ppm):	120
Dosificación de cal (g):	52,64

Nota: Elaboración propia

Se puede visualizar en tabla 2, las condiciones para esta prueba el tipo de mineral a utilizar es sílice transicional con clastos de brecha.

Tabla 3 Resultados de la prueba N°1.

Resultados de la prueba	
Ley de ripio Au (g/t)	0,174
Contenido metálico de ripio (g)	11,45
Consumo de CaO (kg/t)	0,858
Consumo de NaCN (kg/t)	0,423

Nota: Elaboración propia

En esta tabla 3, se muestra los resultados de la prueba realizada.

Tabla 4 Parámetros y resultados de la prueba metalúrgica N°1.

Condición	N°	Tiempo		Solución lixivante						Solución rica				Recuperación de oro					
		de lixiv.	Hora	Sol.de Riego	Adición	NaCN ppm	pH	Adición	pH	Vol. solución	NaCN	pH	ley ppm Au en soluc.	Acumulado	% Recup.	Días de lixiviación	% Recup. Au		
																		de lixiv.	Inicio
curado	1	0,00	08:00	2,290	2,337	1000	8,21	0,06	11,60				0,000	0,000	0,00				
reposo	1	4,00	12:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	0,000	0,00				
curado	1	8,00	16:00	2,290	2,337	1000	8,21	0,05	11,25				0,000	0,000	0,00				
reposo	1	12,00	20:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	0,000	0,00				
curado	2	16,00	00:00	2,290	2,337	1000	8,21	0,05	11,25				0,000	0,000	0,00				
reposo	2	20,00	04:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	0,000	0,00				
curado	2	24,00	08:00	2,290	2,337	1000	8,21	0,05	11,25	3,076	353,75	11,39	0,674	2,073	2,073	12,17	1	12,17	
reposo	2	28,00	12:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	2,073	12,17				
curado	2	32,00	16:00	2,290	2,337	1000	7,95	0,053	11,28				0,000	2,073	12,17				
reposo	2	36,00	20:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	2,073	12,17				
curado	3	40,00	00:00	2,290	2,337	1000	7,95	0,053	11,28				0,000	2,073	12,17				
reposo	3	44,00	04:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	2,073	12,17				
curado	3	48,00	08:00	2,290	2,337	1000	7,95	0,053	11,28	6,936	665,00	11,18	0,414	2,872	4,945	29,01	2	29,01	
reposo	3	52,00	12:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	4,945	29,01				
curado	3	56,00	16:00	2,290	2,337	1000	7,95	0,053	11,28	4,986	717,50	11,13	0,223	1,112	6,057	35,54	2	35,54	
reposo	3	60,00	20:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	6,057	35,54				
reposo	4	64,00	00:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	6,057	35,54				
reposo	4	72,00	04:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	6,057	35,54				
reposo	4	84,00	08:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	6,057	35,54				
reposo	4	96,00	12:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	6,057	35,54				
reposo	4	120,00	16:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	6,057	35,54				
reposo	4	144,00	20:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	6,057	35,54				
reposo	4	168,00	04:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	6,057	35,54				
lixiviación	5	192,00	04:00	13,741	1,683	120	8,17	0,401	11,27	13,012	316,25	10,93	0,105	1,366	7,423	43,56	3	43,56	
lixiviación	6	216,00	04:00	13,741	1,683	120	8,22	0,406	11,16	11,946	133,75	10,79	0,035	0,418	7,841	46,01	4	46,01	
lixiviación	7	240,00	04:00	13,741	1,683	120	8,55	0,406	11,12	15,500	100,00	10,63	0,025	0,388	8,228	48,28	5	48,28	
lixiviación	8	264,00	04:00	13,741	1,683	120	7,56	0,457	11,15	14,072	90,00	10,60	0,012	0,169	8,397	49,27	6	49,27	
lixiviación	9	288,00	04:00	13,741	1,683	120	7,93	0,522	11,17	14,720	82,50	10,56	0,011	0,162	8,559	50,22	7	50,22	
lixiviación	10	312,00	04:00	13,741	1,683	120	7,6	0,600	11,24	13,606	70,00	10,42	0,008	0,109	8,668	50,86	8	50,86	
lixiviación	11	336,00	05:00	13,741	1,683	120	7,9	0,601	11,28	13,362	82,50	10,48	0,004	0,053	8,722	51,18	9	51,18	
Total					30,474				3,813		2,611								

Nota: Elaboración propia

Tabla 5 Condiciones de la prueba N°2.

Condiciones de la prueba	
Tipo de mineral:	Brecha con clastos de sílice transicional
Ley de cabeza Au (g/t)	0,345
Contenido metálico de cabeza (g)	18,82
Granulometría:	p80: 12,7 mm
Peso seco de mineral (kg):	54,55
Peso húmedo de mineral (kg):	60
% Humedad:	9,09
Fuerza de cianuro(ppm):	120
Dosificación de cal (g):	43,64

Nota: Elaboración propia

Se puede visualizar en la tabla 5, las condiciones para esta prueba el tipo de mineral a utilizar es brecha con clastos de sílice transicional.

Tabla 6 Resultados de la prueba N°2

Resultados de la prueba	
Ley de ripio Au (g/t)	0,202
Contenido metálico de ripio (g)	11,02
Consumo de CaO (kg/t)	0,856
Consumo de NaCN (kg/t)	0,635

Nota: Elaboración propia

En esta tabla 6, se muestra los resultados de la prueba realizada

Tabla 7 Parámetros y resultados de la prueba metalúrgica N°2.

Condición	N°	Tiempo		Solución lixivante						Solución rica				Recuperación de oro					
		de lixiv.	Hora	Sol.de Riego	Adición	NaCN ppm	pH	Adición	pH	Vol. solución	NaCN	pH	ley ppm	Au en soluc.	Acumulado	% Recup.	Días de	%	
		días	Horas	inicio	cargado (l)	cianuro (g)	Lixivante	inicial	cal (g)	final	rica (l)	ppm	Au	mg	mg	Au	lixivación	Recup.	
curado	0	0,00	14:00	2,124	3,251	1500	8,76	0,06	11,40										
reposo	0	4,00	18:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A										
curado	0	8,00	22:00	2,124	3,251	1500	8,76	0,05	11,39				0,000	0,000	0,00				
reposo	0	12,00	02:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	0,000	0,00				
curado	1	16,00	06:00	2,124	3,251	1500	8,66	0,058	11,37				0,000	0,000	0,00				
reposo	1	20,00	10:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	0,000	0,00				
curado	1	24,00	14:00	2,124	3,251	1500	8,66	0,058	11,37				0,000	0,000	0,00				
reposo	1	28,00	18:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	0,000	0,00				
curado	1	32,00	22:00	2,124	3,251	1500	8,69	0,056	11,35				0,000	0,000	0,00				
reposo	1	36,00	02:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	0,000	0,00				
curado	2	40,00	06:00	2,124	3,251	1500	8,69	0,056	11,35				0,000	0,000	0,00				
reposo	2	44,00	10:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	0,000	0,00				
curado	2	48,00	14:00	2,124	3,251	1500	8,47	0,047	11,00	7,500	392,50	9,93	0,842	6,315	6,315	33,56	1	33,56	
reposo	2	52,00	18:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	6,315	33,56				
curado	2	56,00	22:00	2,124	3,251	1500	8,47	0,047	11,00				0,000	6,315	33,56				
reposo	2	60,00	02:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	6,315	33,56				
reposo	3	64,00	06:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	6,315	33,56				
reposo	3	72,00	10:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	6,315	33,56				
reposo	3	84,00	14:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	4,600	782,50	10,40	0,369	1,697	8,012	42,58	2	42,58	
lixiviación	4	96,00	18:00	12,742	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	8,012	42,58				
lixiviación	5	120,00	22:00	12,742	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	8,012	42,58				
lixiviación	6	144,00	02:00	12,742	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	8,012	42,58				
lixiviación	7	168,00	06:00	12,742	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	8,012	42,58				
lixiviación	8	192,00	10:00	12,742	1,560	120	8,67	0,404	11,35	0,300	235,00	10,74	0,327	0,098	8,111	43,10	3	43,10	
lixiviación	9	216,00	10:00	12,742	1,560	120	8,65	0,400	11,37	11,000	427,50	10,35	0,179	1,969	10,080	53,56	4	53,56	
lixiviación	10	240,00	10:00	12,742	1,560	120	8,56	0,417	11,30	12,200	145,00	10,32	0,042	0,512	10,592	56,28	5	56,28	
lixiviación	11	264,00	10:00	12,742	1,560	120	8,27	0,334	11,16	13,100	80,0	10,21	0,018	0,236	10,828	57,54	6	57,54	
lixiviación	12	288,00	10:00	12,742	1,560	120	8,33	0,334	11,20	10,800	80,0	10,18	0,013	0,140	10,968	58,28	7	58,28	
lixiviación	13	312,00	10:00	12,742	1,560	120	7,79	0,361	11,31	11,500	75,0	10,26	0,008	0,092	11,060	58,77	8	58,77	
lixiviación	14	312,00	10:00	12,742	1,560	120	7,81	0,354	11,27	16,000	67,5	10,27	0,005	0,080	11,140	59,20	9	59,20	
TOTAL					36,928			3,036			2,285								

Nota: Elaboración propia

Tabla 8 Condiciones de la prueba N°3.

Condiciones de la prueba	
Tipo de mineral:	Sílice transicional con clastos de sílice masiva
Ley de cabeza Au (g/t)	0,233
Contenido metálico de cabeza (g)	15,46
Granulometría:	p80: 9,06 mm
Peso seco de mineral (kg):	66,36
Peso húmedo de mineral (kg):	70
% Humedad:	5,2
Fuerza de cianuro(ppm):	120
Dosificación de cal (g):	59,72

Nota: Elaboración propia

Se puede visualizar en la tabla 8, las condiciones para esta prueba el tipo de mineral a utilizar es sílice transicional con clastos de sílice masiva.

Tabla 9 Resultados de la prueba N°3.

Resultados de la prueba	
Ley de ripio Au (g/t)	0,124
Contenido metálico de ripio (g)	8,23
Consumo de CaO (kg/t)	0,94
Consumo de NaCN (kg/t)	0,407

Nota: Elaboración propia

En esta tabla 9, se muestra los resultados de la prueba realizada.

Tabla 10 Parámetros y resultados de la prueba metalúrgica N°3.

Condición	N°	Tiempo		Solución lixivante				Solución rica				Recuperación de oro						
		de lixiv.	Hora	Sol.de Riego	Adición	NaCN ppm	pH	Adición	pH	Vol. solución	NaCN	pH	ley ppm Au en soluc.	Acumulado	% Recup.	Días de	% Recup.	
		días	Horas	inicio	cargado (l)	cianuro (g)	Lixivante	inicial	cal (g)	final	rica (l)	ppm	Au	mg	mg	Au	lixivación	Au
curado	0	0,00	13:00	2,124	2,600	1200	5,18	0,09	11,38									
reposo	0	4,00	17:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A									
curado	0	8,00	21:00	2,124	2,600	1200	5,17	0,09	11,45				0,000	0,000	0,00			
reposo	1	12,00	01:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	0,000	0,00			
curado	1	16,00	05:00	2,124	2,600	1200	5,17	0,09	11,45	0,225	277,5	12,84	0,795	0,179	0,179	1,16	1	1,16
reposo	1	20,00	09:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	0,179	1,16			
curado	1	24,00	13:00	2,124	2,600	1200	5,17	0,09	11,41				0,000	0,179	1,16			
reposo	1	28,00	17:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	0,179	1,16			
curado	1	32,00	21:00	2,124	2,600	1200	5,17	0,09	11,41				0,000	0,179	1,16			
reposo	2	36,00	01:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	0,179	1,16			
curado	2	40,00	05:00	2,124	2,600	1200	5,17	0,09	11,41	4,506	587,5	12,96	0,609	2,744	2,923	18,90	2	18,90
reposo	2	44,00	09:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	2,923	18,90			
curado	2	48,00	13:00	2,124	2,600	1200	4,87	0,09	11,23				0,000	2,923	18,90			
reposo	2	52,00	17:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	2,923	18,90			
curado	2	56,00	21:00	2,124	2,600	1200	4,87	0,09	11,23	5,836	860,00	13,10	0,253	1,477	4,400	28,45	3	28,45
reposo	3	60,00	01:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	4,400	28,45			
reposo	3	64,00	05:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	4,400	28,45			
reposo	3	72,00	09:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	4,400	28,45			
reposo	3	84,00	13:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	4,400	28,45			
lixiviación	4	96,00	09:00	12,742	1,560	120	4,91	0,50	11,38	10,800	570,0	13,21	0,125	1,350	5,750	37,19	4	37,19
lixiviación	5	120,00	09:00	12,742	1,560	120	5,30	0,50	11,48	11,312	237,5	12,86	0,042	0,475	6,225	40,26	5	40,26
lixiviación	6	144,00	09:00	12,742	1,560	120	5,46	0,467	11,58	11,962	195,0	12,54	0,025	0,299	6,524	42,19	6	42,19
lixiviación	7	168,00	09:00	12,742	1,560	120	7,90	0,200	11,57	12,614	160,00	12,36	0,015	0,189	6,713	43,42	7	43,42
lixiviación	8	192,00	09:00	12,742	1,560	120	8,69	0,150	11,42	12,602	140,00	12,23	0,006	0,076	6,789	43,90	8	43,90
lixiviación	9	216,00	09:00	12,742	1,560	120	8,09	0,133	11,27	13,356	112,5	12,03	0,004	0,053	6,842	44,25	9	44,25
TOTAL					30,158			2,670		3,140								

Nota: Elaboración propia

Tabla 11 Parámetros y resultados de la prueba metalúrgica N°3.

Condiciones de la prueba	
Tipo de mineral:	Sílice transicional con clastos de Sílice masiva
Ley de cabeza Au (g/t)	0,226
Contenido metálico de cabeza (g)	14,74
Granulometría:	p80: 9,06 mm
Peso seco de mineral (kg):	65,24
Peso húmedo de mineral (kg):	70
% Humedad:	6,8
Fuerza de cianuro(ppm):	120
Dosificación de cal (g):	58,72

Nota: Elaboración propia

Se puede visualizar en la tabla 11, las condiciones para esta prueba el tipo de mineral a utilizar es sílice transicional con clastos de sílice masiva.

Tabla 12 Resultados de la prueba N°4.

Resultados de la prueba	
Ley de ripio Au (g/t)	0,126
Contenido metálico de ripio (g)	8,22
Consumo de CaO (kg/t)	1,04
Consumo de NaCN (kg/t)	0,484

Nota: Elaboración propia

En la tabla 12, se muestra los resultados de la prueba realizada

Tabla 13 Parámetros y resultados de la prueba metalúrgica N°4.

Condición	N°	Tiempo		Solución lixivante					Solución rica				Recuperación de oro					
		de lixiv.	Hora	Sol.de Riego	Adición	NaCN ppm	pH	Adición	pH	Vol. solución	NaCN	pH	ley ppm Au	en soluc.	Acumulado	% Recup.	Días de	% Recup.
		días	Horas	inicio	cargado (l)	cianuro (g)	lixiviante	inicial	cal (g)	final	rica (l)	ppm	Au	mg	mg	Au	lixiviación	Au
curado	0	0,00	13:00	2,124	3,251	1500	5,18	0,9	11,50									
reposo	0	4,00	17:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A									
curado	0	8,00	21:00	2,124	3,251	1500	5,17	0,9	11,43				0,000	0,000	0,00			
reposo	1	12,00	01:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A				0,000	0,000	0,00			
curado	1	16,00	05:00	2,124	3,251	1500	5,17	0,9	11,43	0,532	475	12,92	0,484	0,257	0,257	1,75	1	1,75
reposo	1	20,00	09:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	0,257	1,75		
curado	1	24,00	13:00	2,124	3,251	1500	5,17	0,9	11,36					0,000	0,257	1,75		
reposo	1	28,00	17:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	0,257	1,75		
curado	1	32,00	21:00	2,124	3,251	1500	5,17	0,9	11,36					0,000	0,257	1,75		
reposo	2	36,00	01:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	0,257	1,75		
curado	2	40,00	05:00	2,124	3,251	1500	5,17	0,9	11,36	4,318	657,5	12,93	0,61	2,638	2,896	19,64	2	19,64
reposo	2	44,00	09:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	2,896	19,64		
curado	2	48,00	13:00	2,124	3,251	1500	4,87	0,9	11,29					0,000	2,896	19,64		
reposo	2	52,00	17:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	2,896	19,64		
curado	2	56,00	21:00	2,124	3,251	1500	4,87	0,9	11,29	5,684	1070,00	13,14	0,229	1,302	4,197	28,47	3	28,47
reposo	3	60,00	01:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	4,197	28,47		
reposo	3	64,00	05:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	4,197	28,47		
reposo	3	72,00	09:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	4,197	28,47		
reposo	3	84,00	13:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	4,197	28,47		
lixiviación	4	96,00	09:00	12,742	1,560	120	4,91	0,5	11,38	10,400	610,0	13,30	0,080	0,832	5,029	34,11	4	34,11
lixiviación	5	120,00	09:00	12,742	1,560	120	5,30	0,5	11,48	11,536	292,5	13,16	0,035	0,404	5,433	36,85	5	36,85
lixiviación	6	144,00	09:00	12,742	1,560	120	5,46	0,467	11,58	12,230	230,0	13,05	0,015	0,183	5,617	38,09	6	38,09
lixiviación	7	168,00	09:00	12,742	1,560	120	7,90	0,200	11,57	12,216	177,5	12,78	0,013	0,159	5,775	39,17	7	39,17
lixiviación	8	192,00	09:00	12,742	1,560	120	8,69	0,150	11,42	11,742	130,0	12,50	0,006	0,070	5,846	39,65	8	39,65
lixiviación	9	216,00	09:00	12,742	1,560	120	8,09	0,133	11,27	14,732	127,5	12,23	0,003	0,044	5,890	39,95	9	39,95
TOTAL					35,358			9,150		3,770								

Nota: Elaboración propia

Tabla 14 Condiciones de la prueba N°5.

Condiciones de la prueba	
Tipo de mineral:	Sílice transicional con clastos de Sílice masiva
Ley de cabeza Au (g/t)	0,242
Contenido metálico de cabeza (g)	16,19
Granulometría:	p80: 9,06 mm
Peso seco de mineral (kg):	66,92
Peso húmedo de mineral (kg):	70
% Humedad:	4,4
Fuerza de cianuro(ppm):	120
Dosificación de cal (g):	60,23

Nota: Elaboración propia

Se puede visualizar en la tabla 14, las condiciones para esta prueba el tipo de mineral a utilizar es sílice transicional con clastos de sílice masiva.

Tabla 15 Resultados de la prueba N°5.

Resultados de la prueba	
Ley de ripio Au (g/t)	0,135
Contenido metálico de ripio (g)	9,03
Consumo de CaO (kg/t)	0,94
Consumo de NaCN (kg/t)	0,474

Nota: Elaboración propia

En la tabla 15, se muestra los resultados de la prueba realizada.

Tabla 16 Parámetros y resultados de la prueba metalúrgica N° 5.

Condición	Tiempo			Solución lixivante						Solución rica				Recuperación de oro				
	N°	de lixiv.	Hora	Sol.de Riego	Adición	NaCN ppm	pH	Adición	pH	Vol. solución	NaCN	pH	ley ppm Au	en soluc.	Acumulado	% Recup.	Días de	% Recup.
	días	Horas	inicio	cargado (l)	cianuro (g)	Lixivante	inicial	cal (g)	final	rica (l)	ppm		Au	mg	mg	Au	lixiviación	Au
curado	0	0,00	13:00	2,124	3,251	1500	5,18	0,09	11,38									
reposo	0	4,00	17:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A									
curado	0	8,00	21:00	2,124	3,251	1500	5,17	0,09	11,45					0,000	0,000	0,00		
reposo	1	12,00	01:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	0,000	0,00		
curado	1	16,00	05:00	2,124	3,251	1500	5,17	0,09	11,45	0,160	25	12,85	0,547	0,088	0,088	0,54	1	0,54
reposo	1	20,00	09:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	0,088	0,54		
curado	1	24,00	13:00	2,124	3,251	1500	5,17	0,09	11,41					0,000	0,088	0,54		
reposo	1	28,00	17:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	0,088	0,54		
curado	1	32,00	21:00	2,124	3,251	1500	5,17	0,09	11,41					0,000	0,088	0,54		
reposo	2	36,00	01:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	0,088	0,54		
curado	2	40,00	05:00	2,124	3,251	1500	5,17	0,09	11,41	4,736	812,5	12,89	0,679	3,216	3,303	20,40	2	20,40
reposo	2	44,00	09:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	3,303	20,40		
curado	2	48,00	13:00	2,124	3,251	1500	4,87	0,09	11,23					0,000	3,303	20,40		
reposo	2	52,00	17:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	3,303	20,40		
curado	2	56,00	21:00	2,124	3,251	1500	4,87	0,09	11,23	5,076	1175,00	13,15	0,206	1,046	4,349	26,85	3	26,85
reposo	3	60,00	01:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	4,349	26,85		
reposo	3	64,00	05:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	4,349	26,85		
reposo	3	72,00	09:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	4,349	26,85		
reposo	3	84,00	13:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	4,349	26,85		
lixiviación	4	96,00	09:00	12,742	1,560	120	4,91	0,5	11,38	11,100	782,5	13,32	0,113	1,254	5,603	34,60	4	34,60
lixiviación	5	120,00	09:00	12,742	1,560	120	5,30	0,5	11,48	12,142	272,5	13,13	0,034	0,413	6,016	37,15	5	37,15
lixiviación	6	144,00	09:00	12,742	1,560	120	5,46	0,467	11,58	12,378	222,5	12,89	0,015	0,186	6,202	38,29	6	38,29
lixiviación	7	168,00	09:00	12,742	1,560	120	7,90	0,200	11,57	12,478	155,0	12,43	0,010	0,125	6,326	39,07	7	39,07
lixiviación	8	192,00	09:00	12,742	1,560	120	8,69	0,150	11,42	12,452	110,0	12,29	0,004	0,050	6,376	39,37	8	39,37
lixiviación	9	216,00	09:00	12,742	1,560	120	8,09	0,133	11,27	13,336	117,5	12,00	0,003	0,040	6,416	39,62	9	39,62
TOTAL					35,358			2,670			3,673							

Nota: Elaboración propia

Tabla 17 Condiciones de la prueba N°6.

Condiciones de la prueba	
Tipo de mineral:	Sílice transicional con clastos de sílice masiva
Ley de cabeza Au (g/t)	0,116
Contenido metálico de cabeza (g)	7,66
Granulometría:	38,1 mm
Peso seco de mineral (kg):	66
Peso húmedo de mineral (kg):	75
% Humedad:	12
Fuerza de cianuro(ppm):	120
Dosificación de cal (g):	52,8

Nota: Elaboración propia

Se puede visualizar en la tabla 17, las condiciones para esta prueba el tipo de mineral a utilizar es sílice transicional con clastos de sílice masiva.

Tabla 18 Resultados de la prueba N°6

Resultados de la prueba	
Ley de ripio Au (g/t)	0,082
Contenido metálico de ripio (g)	5,41
Consumo de CaO (kg/t)	0,844
Consumo de NaCN (kg/t)	0,427

Nota: Elaboración propia

En esta tabla 18, se muestra los resultados de la prueba realizada.

Tabla 19 Parámetros y resultados de la prueba metalúrgica N°6.

Condición	N°	Tiempo		Solución lixiviante					Solución rica				Recuperación de oro						
		de lixiv.	hora	sol.de Riego	Adición	NaCN ppm	pH	Adición	pH	Vol. solución	NaCN	pH	ley ppm	Au en soluc.	Acumulado	% Recup.	Días de lixiviación	% Recup.	
		días	Horas	inicio	cargado (l)	cianuro (g)	Lixivante	inicial	cal (g)	final	rica (l)	ppm	Au	mg	mg	Au		Au	
curado	1	0,00	11:00	2,027	3,102	1500	7,55	0,045	11,29	0,860	7,50	9,01	0,090	0,077	0,077	1,01	1	1,01	
reposo	1	4,00	15:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	0,077	1,01			
curado	1	8,00	19:00	2,027	3,102	1500	7,34	0,042	11,35	2,002	92,50	10,46	0,137	0,274	0,352	4,59	1	4,59	
reposo	1	12,00	23:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	0,352	4,59			
curado	2	16,00	03:00	2,027	3,102	1500	7,34	0,042	11,35	1,950	462,50	10,69	0,102	0,199	0,551	7,19	2	7,19	
reposo	2	20,00	07:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	0,551	7,19			
curado	2	24,00	11:00	2,027	3,102	1500	8,27	0,054	11,41	2,100	692,50	10,90	0,078	0,164	0,714	9,33	2	9,33	
reposo	2	28,00	15:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	0,714	9,33			
curado	2	32,00	19:00	2,027	3,102	1500	8,27	0,054	11,41	1,990	630,00	11,20	0,060	0,119	0,834	10,89	2	10,89	
reposo	2	36,00	23:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	0,834	10,89			
curado	3	40,00	03:00	2,027	3,102	1500	7,65	0,057	11,26	2,000	892,5	10,94	0,042	0,084	0,918	11,99	3	11,99	
reposo	3	44,00	07:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	0,918	11,99			
curado	3	48,00	11:00	2,027	3,102	1500	7,65	0,057	11,26	2,100	1010,00	10,95	0,040	0,084	1,002	13,08	3	13,08	
reposo	3	52,00	15:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	1,002	13,08			
curado	3	56,00	19:00	2,027	3,102	1500	8,10	0,045	11,20	2,000	785,00	11,11	0,033	0,066	1,068	13,95	3	13,95	
reposo	3	60,00	23:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	1,068	13,95			
reposo	4	64,00	03:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	1,068	13,95			
reposo	4	72,00	07:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	1,068	13,95			
reposo	4	84,00	11:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	1,068	13,95			
reposo	4	96,00	15:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	1,068	13,95			
reposo	4	120,00	19:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	1,068	13,95			
reposo	4	144,00	23:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	1,068	13,95			
reposo	4	168,00	07:00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A					0,000	1,068	13,95			
lixiviación	5	192,00	07:00	12,161	1,489	120	7,37	0,400	11,32	10,850	505,00	11,00	0,016	0,174	1,241	16,21	4	16,21	
lixiviación	6	216,00	07:00	12,161	1,489	120	7,37	0,400	11,32	11,538	182,50	10,75	0,013	0,150	1,391	18,17	5	18,17	
lixiviación	7	240,00	07:00	12,161	1,489	120	6,28	0,433	11,41	11,902	105,00	10,51	0,008	0,095	1,487	19,42	6	19,42	
lixiviación	8	264,00	07:00	12,161	1,489	120	6,44	0,450	11,39	11,796	77,50	10,53	0,003	0,035	1,522	19,88	7	19,88	
lixiviación	9	288,00	07:00	12,161	1,489	120	7,59	0,425	11,26	10,540	72,50	10,35	0,003	0,032	1,554	20,29	8	20,29	
lixiviación	10	312,00	07:00	12,161	1,489	120	7,59	0,425	11,26	12,870	50,00	10,11	0,002	0,026	1,579	20,63	9	20,63	
Total					33,752				2,929			5,565							

Nota: Elaboración propia

Tabla 20 Condiciones de la prueba N°7.

Condiciones de la prueba	
Tipo de mineral:	Sílice transicional con clastos de sílice masiva
Ley de cabeza Au (g/t)	0,135
Contenido metálico de cabeza (g)	8,98
Granulometría:	38,1 mm
Peso seco de mineral (kg):	66,53
Peso húmedo de mineral (kg):	75
% Humedad:	11,3
Fuerza de cianuro(ppm):	120
Dosificación de cal (g):	53,22

Nota: Elaboración propia

Se puede visualizar en la tabla 20, las condiciones para esta prueba el tipo de mineral a utilizar es sílice transicional con clastos de sílice masiva.

Tabla 21 Resultados de la prueba N°7.

Resultados de la prueba	
Ley de ripio Au (g/t)	0,097
Contenido metálico de ripio (g)	6,45
Consumo de CaO (kg/t)	0,841
Consumo de NaCN (kg/t)	0,148

Nota: Elaboración propia

En tabla 21, se muestra los resultados de la prueba realizada

Tabla 22 Parámetros y resultados de la prueba metalúrgica N°7.

Condición	Tiempo		Solución lixivante							Solución rica				Recuperación de oro					
	N° de lixiv.	Hora	Sol.de Riego	Adición	NaCN ppm	pH	Adición	pH	Vol. solución	NaCN	pH	ley ppm	Au en soluc.	Acumulado	% Recup.	Días de lixiviación	% Recup.		
	días	Horas	inicio	cargado (l)	cianuro (g)	Lixivante	inicial	cal (g)	final	rica (l)		ppm	Au	mg	mg	Au	Au		
lixiviación	1	0,00	11:00	12,161	1,489	120	7,55	0,326	11,14	9,284	55,00	10,97	0,057	0,529	0,529	5,89	1	5,89	
lixiviación	2	24,00	11:00	12,161	1,489	120	8,27	0,326	11,04	12,916	92,50	10,63	0,017	0,220	0,749	8,34	2	8,34	
lixiviación	3	48,00	11:00	12,161	1,489	120	7,15	0,401	11,17	12,880	95,00	10,64	0,008	0,103	0,852	9,48	3	9,48	
lixiviación	4	72,00	11:00	12,161	1,489	120	7,53	0,400	11,32	10,956	97,50	10,75	0,005	0,055	0,907	10,09	4	10,09	
lixiviación	5	96,00	11:00	12,161	1,489	120	7,37	0,400	11,32	11,892	92,50	10,57	0,003	0,036	0,942	10,49	5	10,49	
lixiviación	6	120,00	11:00	12,161	1,489	120	6,28	0,433	11,41	12,796	87,5	10,25	0,002	0,026	0,968	10,78	6	10,78	
lixiviación	7	144,00	11:00	12,161	1,489	120	6,44	0,433	11,41	11,040	67,5	10,47	0,002	0,022	0,990	11,02	7	11,02	
TOTAL					10,424			2,719			0,588								

Nota: Elaboración propia

4.3. Prueba de hipótesis

Como hipótesis de investigación me he planteado al desarrollar las pruebas metalúrgicas a nivel laboratorio, entonces es posible determinar los parámetros óptimos de las principales variables de los procesos de: conminución, extracción y recuperación del oro del mineral ripio oxidado, que nos permita desarrollar a escala industrial en la Empresa Corporación Minera Centauro S.A.C.

4.3.1. Prueba de hipótesis específica 1: Influencia de la alteración mineralógica y la extracción por hebras que nos permite tener una mayor recuperación de oro.

Se evaluó la influencia de la alteración mineralógica en la recuperación de oro; para los cuales se realizó cinco pruebas metalúrgicas con diferentes alteraciones. A continuación, paso a detallar.

Tabla 23 Alteración mineralógica vs recuperación de oro.

Alteración mineralógica vs recuperación de oro	
Alteración mineralógica	Recuperación de oro
Brecha con clastos de sílice transicional	59,20%
Sílice transicional con clastos de brecha	51,18%
Sílice transicional con clastos de sílice masiva	44,25%
Sílice transicional con clastos de sílice masiva	39,95%
Sílice transicional con clastos de sílice masiva	39,62%

Nota: Elaboración propia

En la tabla 23, se muestran los resultados de las pruebas de cianuración en columnas como se puede visualizar la mayor recuperación se obtiene en la alteración de brecha con clastos de sílice transicional con un 59,20%, debido a la

característica de esta alteración que tiene presencia de brecha que tiene como característica gran cantidad de poros el cual permite tener mayor contacto entre el cianuro y el oro. Asimismo, por que esta alteración en la época operativa no tuvo las condiciones para su recuperación.

Figura 11 Muestra de brecha con clastos de sílice transicional



Nota: Elaboración propia

A diferencia de la alteración de sílice transicional con clastos de sílice masiva que tiene una recuperación de 39 a 44% debido principalmente a la característica física de esta alteración que como una característica es que tiene clastos de sílice masiva que esta alteración presenta una superficie plana con poca presencia de poros donde el contacto entre el cianuro y oro disminuye por ello es que se tiene menor recuperación con una diferencia porcentual de 17% a 19% de la alteración de brecha con clastos de sílice transicional. Cabe resaltar que la alteración de sílice transicional es la que más se tiene en los pads de mineral ripio oxidado del 1 al 6 pero se encuentran con clastos de las alteraciones como sílice masiva, brecha, cuarzo alunita; debido a la característica física de la misma no nos permite el contacto entre cianuro y el metal valioso. Asimismo, la alteración de cuarzo alunita que al ser una alteración que en la etapa de producción de la mina Quicay I, se pudo recuperar casi la mayor parte del metal valioso, es por

ello en los pads de mineral ripio encontramos a esta alteración con leyes muy bajas 0,060 a 0,2 g/t, con solubilidades entre 40-65% de oro soluble.

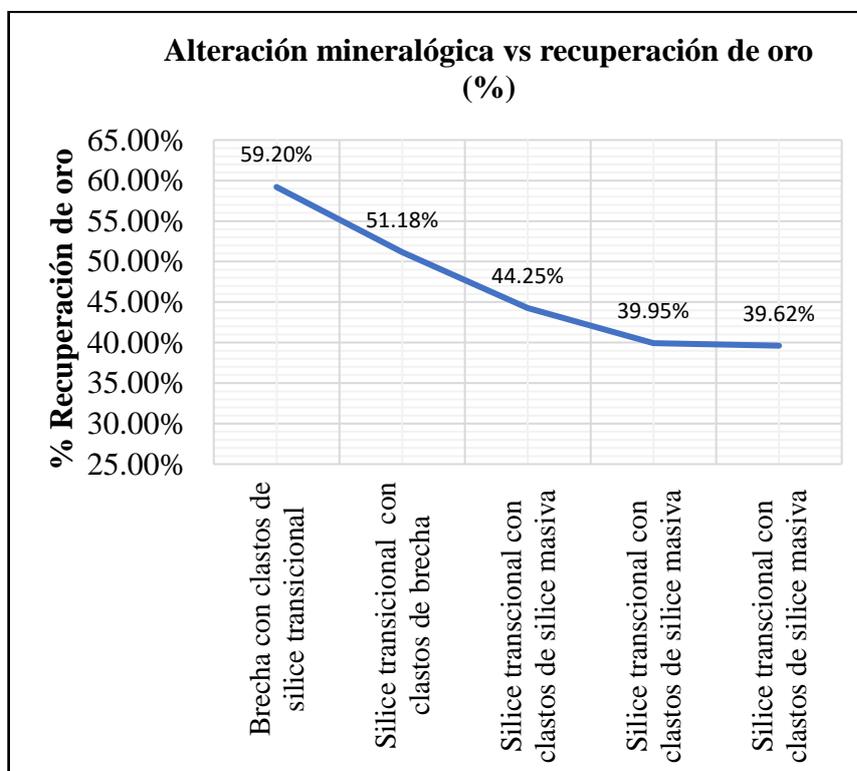
Dando por entendido que ya se recuperó y que en esta de reproceso de ripios no es rentable su lixiviación.

Figura 12 Muestra de brecha con clastos de sílice transicional



Nota: Elaboración propia

Figura 13 Grafica de resultados de prueba de cianuración en columnas



Fuente: Elaboración propia

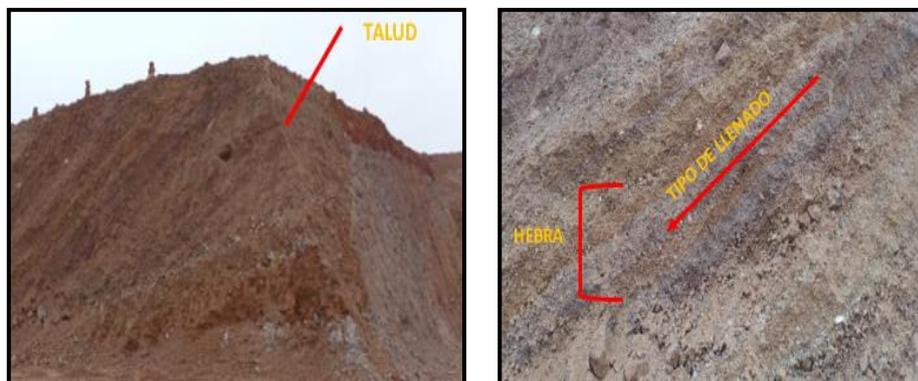
Extracción del mineral ripio por hebras

Como se mencionó el mineral ripio oxidado de la mina Quicay I que se encuentran en los pads del 1 al 6 se depositó tal como sale del proceso de voladura sin una clasificación ya sea por caracterización mineralógica o ley de cabeza, para este reproceso de recuperación de mineral ripio de los pads el tema de extracción es muy importante para poder recuperar el oro.

Por ello después de varios estudios y análisis durante años anteriores, en la actualidad se vio por optar por el método de extracción por hebras; porque generan menor dilución entre desmonte y mena teniendo un ratio de (2,4).

El método de extracción por hebras, consiste en decapar un talud con una excavadora, para poder visualizar el tipo de llenado del mineral, y la caracterización mineralógica que contiene el mineral ripio oxidado

Figura 14 Hebras en un Talud



Nota: Elaboración propia

En consecuencia, se produce relación directa entre alteración mineralógica y recuperación de oro, asimismo en el tipo de extracción por hebras ya que te genera menor dilución por la misma naturaleza del mineral que se encuentra sin una clasificación lo cual valida nuestra hipótesis.

4.3.2. Prueba de hipótesis específico 2: la granulometría adecuada con la fuerza de cianuro establecida permite mayor contacto con las especies mineralógicas valiosas del oro y se tendría mayor extracción de oro durante la lixiviación del mineral ripio oxidado.

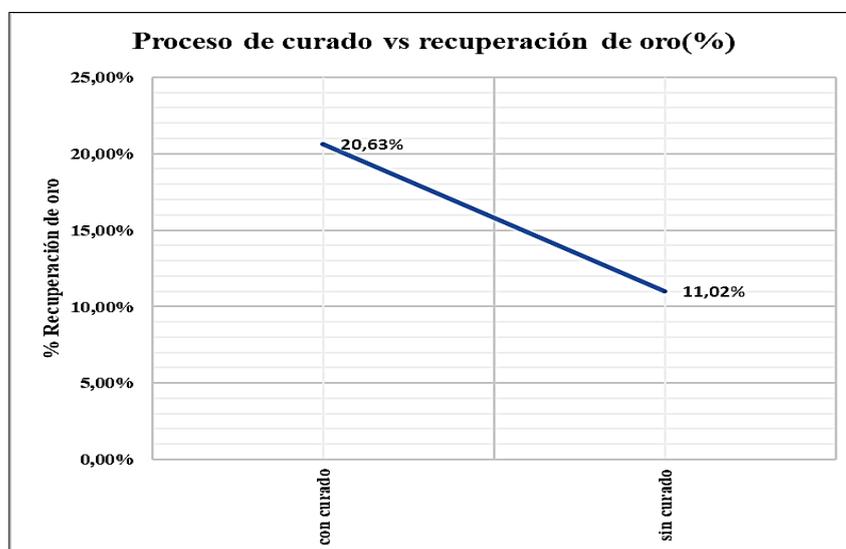
Evaluación del proceso de curado en la recuperación de oro

Tabla 24 Curado vs recuperación de oro.

Alteración mineralógica	Descripción	Recuperación de oro
Sílice transicional con clastos de sílice masiva	con curado	20,63%
Sílice transicional con clastos de sílice masiva	sin curado	11,02%

En la tabla 24, se puede visualizar cuán importante es el curado antes de un proceso de lixiviación.

Figura 15 Grafica de resultados de prueba de cianuración en columnas



Nota: Elaboración propia

Al tener una granulometría menor a 13 mm en las primeras 5 pruebas metalúrgicas obtenemos una recuperación de oro de 59,20% al 39,62% a diferencia de la prueba 6 que obtenemos una recuperación de 20,63% con una

granulometría de 38 mm. Asimismo realizando el proceso de curado obtenemos una recuperación de 20% de oro y sin un proceso de curado la recuperación es de 11%; teniendo una diferencia porcentual del 9%.

Por lo tanto, se produce una relación directa entre la granulometría del mineral ripio oxidado con un proceso de curado obtenemos una mejor recuperación de oro, lo cual valida nuestra hipótesis.

4.4. Discusión de resultados

Los residuos generados de operaciones y procesos metalúrgicos que se desarrollan; su recuperación, nos permite un aprovechamiento más eficiente y sostenible de los recursos naturales disponibles; la reducción de toxicidad del residuo que es un riesgo ambiental del área utilizada para dicho proceso.

La aplicación de técnicas hidrometalúrgicas y especialmente de lixiviación tiene una mayor probabilidad de éxito en la extracción de metales de balsas, escombreras y presas debido a su bajo costo e inversión y su capacidad de recuperación apreciables sobre residuos de baja ley. (Vicente A., Sanz J. 2013).

El mineral ripio oxidado generado por el proceso de lixiviación, en la etapa de producción de la mina Quicay I, que se encuentran en los pads, en la cual el tratamiento metalúrgico para las alteraciones presentes en el mineral tuvo las mismas condiciones de tratamiento, las ratios fueron los siguientes: concentración de cianuro a 80 ppm, cal 0,6 kg/t y flujo de riego de 8 a 10 l/h x m² y una granulometría definida por el proceso de voladura sin proceso de chancado.

Esto nos indica que como no se tuvo un proceso de clasificación y un tratamiento metalúrgico distinto para cada alteración, la recuperación metalúrgica ;no se llegó a recuperar el oro que se encuentra en el mineral, por ello en los pads del 1 al 6 encontramos mineral ripio con leyes de oro: brechas con ley mayores a

1,5 g/t, sílice transicional con ley de 0,35 a 1,5 g/t, cuarzo alunita leyes 0,050 a 0,2 g/t y un porcentaje de solubilidad alta de la alteración de brecha y sílice transicional de 75-85% a excepción del cuarzo alunita de baja solubilidad de 40 a 65%.

Definiendo que para el reproceso de mineral ripio las alteraciones consideradas para poder recuperar son: sílice transicional, brecha, sílice masiva. Es por ello que en las pruebas metalúrgicas realizadas; las muestras de mineral ripio con las alteraciones utilizadas: la alteración de brecha con clastos de sílice transicional y sílice transicional con clastos de brecha; obtenemos una mayor recuperación que se encuentra en el rango de 44 % a 59% a diferencia de las demás alteraciones.

La solubilidad del mineral es también un factor importante que nos permite saber si el mineral ripio fue lixiviado completo y si el tratamiento metalúrgico en la etapa de producción fue la correcta, el porcentaje de solubilidad si se encuentra en el rango de 75 a 85 % nos indica que el mineral ripio es considerado como mineral si están por debajo de este rango son considerados desmonte.

La consideración de la recuperación de un residuo minero producto de un proceso minero se evalúa si se realiza su aprovechamiento o se procede a su remediación. Vicente A., Sanz J. 2013: Por lo que, a la hora de plantearse la extracción de metales de un residuo minero, se considera de especial interés realizar un estudio histórico previo, lo más detallado posible, acerca de las menas que se explotaron y de los métodos de concentración empleados en la actividad extractiva que dio lugar a dicho residuo.

CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos de las pruebas de cianuración en columnas nos indican la factibilidad del proyecto de reproceso de rípios del mineral oxidado en la empresa Corporación Minera Centauro S.A.C, teniendo como resultado la recuperación de oro en brechas 51% a 59% y en sílice transicional de 39 % a 44%.
2. Para tener una extracción de mineral rípio oxidado optima debemos reconocer la alteración mineralógica (sílice transicional, brecha, sílice masiva, cuarzo alunita) que compone cada mineral rípio oxidado, lo cual nos permite tener una mejor clasificación en el proceso de extracción por hebras generando así una menor dilución entre mineral /desmote permitiendo el incremento de la producción de mineral rípio oxidado.
3. Es importante para la recuperación del oro del mineral rípio oxidado que el mineral tiene que ser adecuado a una granulometría menor a -13 mm lo cual nos permite tener mayor contacto la solución cianurada con el metal valioso.
4. Los parámetros que se deben considerar para la lixiviación son: fuerza de cianuro para el curado (NaCN: 0,1%; 0,12 % y 0,15%), se debe de realizar 32 h de curado de manera intermitente (4 h curado y 4 horas de reposo) y para la lixiviación NaCN (0,012%) con un flujo de riego de 10 l/h x m², teniendo en cuenta el ph 11,0 en ambos procesos, el tiempo que dura la lixiviación está en el rango de 6 a 7 días lo cual se va determinar con las leyes en la solución rica. Asimismo, el ratio de cal debe de estar en 0,8 kg/t y 0,9 kg/t

RECOMENDACIONES

1. Capacitar constantemente al personal para el buen reconocimiento entre mineral rípiado oxidado /desmante para mejorar la producción.
2. Controlar los parámetros de lixiviación: pH, fuerza de cianuro, tiempo de curado; las consideraciones de operación: armado de líneas de lixiviación, altura de pila.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astudillo Améstica, A. (2014).** Propuesta de recuperación del cobre y cianuro mediante la aplicación de electro diálisis en solución barren, Compañía Minera Dayton [Tesis de Título, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso].
http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-5500/UCD5750_01.pdf
- Cárdenas, F., Díaz, M., Guajardo, C., Oliva, M. (s.f).** Lixiviación de minerales mediante pilas y bateas, Universidad de Chile Estudiantes de ingeniería en minas Departamentos de Ingeniería de Minas Tupper 2069.
https://www.ucursos.cl/usuario/27d1b90415d4029652708fa347c18e40/mi_blog/r/1_lixiviacion_de_minerales_mediante_pilas_y_bateas1.pdf
- Carrero, E. (s. f).** Bases filosóficas en una tesis de grado: la ética de tu tesis. Todo sobre tesis. <https://todosobretesis.com/bases-filosoficas-en-una-tesis-de-grado-la-etica-de-tu-tesis/>
- Colorado Villar, S. (s.f).** Curso de procesamiento de minerales de adsorción, precipitación, fundición y refinación del oro - Internet Consultores Metalúrgicos [presentación de diapositivas]. Scribd.
<https://es.scribd.com/document/257721570/Proceso-Carbon-Activado>.
- De Berríos, O.G., Briceño de Gómez, M.Y. (2009, junio).** Enfoques epistemológicos que orientan la investigación de 4to nivel. Universidad de los Andes Mérida, Venezuela. Visión Gerencial.
<https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545882009.pdf>
- Eberardo R. (2014).** Métodos de lixiviación [presentación de diapositivas]. Slideshare.
<https://slideplayer.es/user/110748/>

Gaviria Cartagena, A., Restrepo Baena, O., Bustamante Rúa, M. (2007, junio).

Notas de clase programa de la asignatura: hidrometalurgia aplicada línea de metales preciosos. Universidad Nacional de Colombia

<https://minas.medellin.unal.edu.co/images/Centro>

[Editorial/Hidrometalurgia_aplicada.pdf](https://minas.medellin.unal.edu.co/images/Centro/Editorial/Hidrometalurgia_aplicada.pdf)

Gil Crespo, P.P. (2009, enero). Atlas de Mineralogía Óptica. Facultad de Ciencia y

Tecnología. <http://www.ehu.eus/mineralogiaoptica/alteraciones.html>

Gregorio Freites, J. (2017, abril). Ley de corte. Cursos Geomin.

<https://www.cursosgeomin.com.ve/ley-corte-cutoff-grade/>

Internet, (2014, noviembre). Lixiviación de oro. Cap. 5.

<https://es.slideshare.net/lhuayapa/cap5orolixi>,

La Chira Reysond, R. (2010, febrero). Columnas de Carbón Activado, EAP. Ing.

Química. <https://es.slideshare.net/renatolachira/carbn-activado>

Metcom Tecnología. (2014, marzo). ¿Qué es exactamente el Índice y cómo podemos

hacer uso de él? <https://www.metcomtech.com/espanol/grindingbulletin-sp5.php>

Misari Chuquipoma, F. (1993). Metalurgia del oro. CEPECT. Primera edición.

Misari Chuquipoma, F. (2010). Metalurgia del oro. San Marcos. Primera edición.

Orientación Ética. (2012,15 diciembre). Blogger.

<https://filosofiatrapeuticayorientacion.blogspot.com/2012/12/orientacion-etica.html>

Ortega, M., (2019). E.U. Politécnica U. Sevilla. Manual del carbón activo. Course Hero.

<https://www.coursehero.com/file/42717234/Manual-del-carb%C3%B3n-activopdf/>

Pérez Porto, J. Merino, M. (20 de septiembre de 2018). Cianuro - Qué es, definición

y concepto. <https://definicion.de/cianuro/>

Roch, M. (2023, abril). Definición de Ética ejemplos, y principios. Enciclopedia Asigna.

<https://enciclopedia.net/etica/>

Salazar F. Wilbert F. (2015), Estudio de investigación para lixiviar relaves de cobre y oro [Tesis de Título, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].

RepositorioUNSA.<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/264/B2-M-18413.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Subsecretaría de Economía Consejo Nacional de Producción Limpia de Chile.

(2002, noviembre). Acuerdo Marco Producción Limpia Sector Gran Minería,

Buenas Prácticas y Gestión Ambiental.

http://biblioteca.unmsm.edu.pe/redlieds/Recursos/archivos/MineriaDesarrolloSostenible/ProduccionLimpia/ampl_residuos_solidos.pdf

TECSUP virtual. Metalurgia Extractiva del Oro. Unidad V Tecnología del Carbón

Activado. <https://es.scribd.com/document/351065241/TECNOLOGIA-DEL-CARBON-ACTIVADO-pdf>

Vicente Fernández, A., Sanz Contreras, J. (2013). El reto de la recuperación viable de

metales en los residuos mineros.

https://www.academia.edu/12178866/El_reto_de_la_recuperaci%C3%B3n_viable_de_metales_en_los_residuos_mineros

Vicente Fernández, A. (2015). Metodología para la remediación de instalaciones de

residuos mineros procedentes de la minería metálica orientada a la reducción del

riesgo ambiental y al aprovechamiento de sus residuos. [Tesis Doctoral,

Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de

Minas y Energía. Departamento de Ingeniería Geológica y Minera]. Archivo

Digital UPM.

ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Anexo 1. Análisis de laboratorio de las pruebas en columnas n°3, n°4 y n°5

1.- Muestras Sólidas

Nº	Código de Muestra	Au	Au Sol.	Recup.	Ag	Cu
		gr/tn	ppm	%	gr/tn	gr/tn
1	Muestra Sólida Cabeza Columna L-18	0.233	0.146	63	N.A	N.A
2	Muestra Sólida Cabeza Columna L-19	0.226	0.136	60	N.A	N.A
3	Muestra Sólida Cabeza Columna L-20	0.242	0.147	61	N.A	N.A

N.A No Analizado.

1.- Soluciones Cianuradas:

Nº	Código Muestra	Au mg/lt	Ag mg/lt	Cu mg/lt	Fe mg/lt
1	Sol. Pregnant columna - L-18 (12 Hrs)	0.795	N.A	N.A	N.A
2	Sol. Pregnant columna - L-18 (24 Hrs)	0.609	N.A	N.A	N.A
3	Sol. Pregnant columna - L-19 (12 Hrs)	0.484	N.A	N.A	N.A
4	Sol. Pregnant columna - L-19 (24 Hrs)	0.611	N.A	N.A	N.A
5	Sol. Pregnant columna - L-20 (12 Hrs)	0.547	N.A	N.A	N.A
6	Sol. Pregnant columna - L-20 (24 Hrs)	0.679	N.A	N.A	N.A

N.A: No Analizado.

1.- Soluciones Cianuradas:

Nº	Código Muestra	Au mg/lt	Ag mg/lt	Cu mg/lt	Fe mg/lt
1	Sol. Pregnant columna - L-18 (24 Hrs) Lixiviación Normal	0.125	N.A	N.A	N.A
2	Sol. Pregnant columna - L-19 (24 Hrs) Lixiviación Normal	0.080	N.A	N.A	N.A
3	Sol. Pregnant columna - L-20 (24 Hrs) Lixiviación Normal	0.113	N.A	N.A	N.A

N.A: No Analizado.

1.- Soluciones Cianuradas:

Nº	Código Muestra	Au mg/lt	Ag mg/lt	Cu mg/lt	Fe mg/lt
1	Sol. Pregnant columna - L-18 (48 Hrs)	0.042	N.A	N.A	N.A
2	Sol. Pregnant columna - L-19 (48 Hrs)	0.035	N.A	N.A	N.A
3	Sol. Pregnant columna - L-20 (48 Hrs)	0.034	N.A	N.A	N.A

N.A: No Analizado.

1.- Soluciones Cianuradas:

Nº	Código Muestra	Au mg/lt	Ag mg/lt	Cu mg/lt	Fe mg/lt
1	Sol. Pregnant columna - L-18 (72 Hrs)	0.025	N.A	N.A	N.A
2	Sol. Pregnant columna - L-19 (72 Hrs)	0.015	N.A	N.A	N.A
3	Sol. Pregnant columna - L-20 (72 Hrs)	0.015	N.A	N.A	N.A

N.A: No Analizado.

1.- Soluciones Cianuradas:

Nº	Código Muestra	Au mg/lt	Ag mg/lt	Cu mg/lt	Fe mg/lt
1	Sol. Pregnant columna - L-18 (96 Hrs)	0.015	N.A	N.A	N.A
2	Sol. Pregnant columna - L-19 (96 Hrs)	0.013	N.A	N.A	N.A
3	Sol. Pregnant columna - L-20 (96 Hrs)	0.010	N.A	N.A	N.A
4	Sol. Pregnant columna - L-18 (120 Hrs)	0.006	N.A	N.A	N.A
5	Sol. Pregnant columna - L-19 (120 Hrs)	0.006	N.A	N.A	N.A
6	Sol. Pregnant columna - L-20 (120 Hrs)	0.004	N.A	N.A	N.A

N.A: No Analizado.

1.- Soluciones Cianuradas:

Nº	Código Muestra	Au mg/lt	Ag mg/lt	Cu mg/lt	Fe mg/lt
1	Sol. Pregnant columna - L-18 (144 Hrs)	0.004	N.A	N.A	N.A
2	Sol. Pregnant columna - L-19 (144 Hrs)	0.003	N.A	N.A	N.A
3	Sol. Pregnant columna - L-20 (144 Hrs)	0.003	N.A	N.A	N.A

N.A: No Analizado.

1.- Muestras Sólidas

Nº	Código de Muestra	Au	Au Sol.	Recup.	Ag	Cu
		gr/tn	ppm	%	gr/tn	gr/tn
1	Muestra Sólida Cola Columna L-18	0.124	0.055	44	N.A	N.A
2	Muestra Sólida Cola Columna L-19	0.126	0.061	48	N.A	N.A
3	Muestra Sólida Cola Columna L-20	0.135	0.066	49	N.A	N.A

N.A No Analizado.

Anexo 2. Prueba de cianuración en columnas



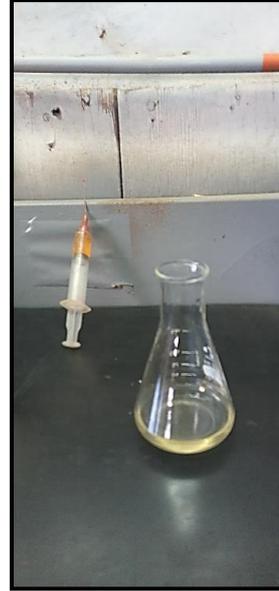
Anexo 3. Muestras de las pruebas en columnas para enviar para su análisis químico.



Anexo 4. Pozas 1,2,3 y 4



Anexo 5. Titulación y medición de pH de las muestras pregnant de las pruebas de cianuración en columnas.



Anexo 6. Análisis Granulométrico



Anexo 7. Celdas de lixiviación



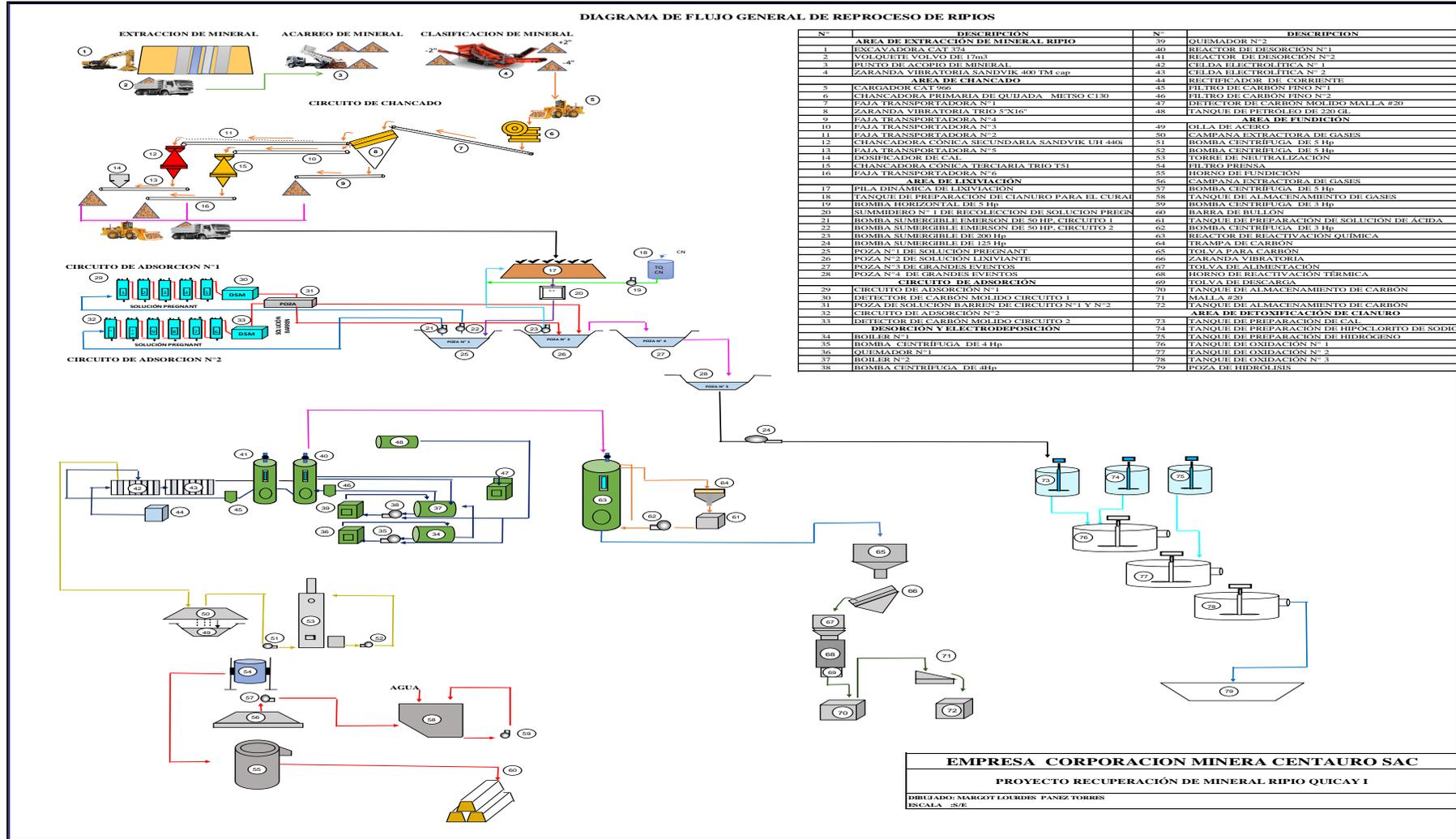
Anexo 8. Área de chancado



Anexo 9. Área de Planta ADR



Anexo 10. Diagrama de flujo general de reproceso de rípios



MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO

Recuperación del oro del mineral ripio oxidado mediante procesos hidrometalúrgicos en la Empresa Corporación Minera Centauro S.A.C – 2020

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>PROBLEMA GENERAL ¿De qué manera, determinamos la factibilidad de la recuperación del oro del mineral ripio oxidado que nos permita desarrollar a un nivel industrial en la Empresa Corporación Minera Centauro S.A.C?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS A. ¿Cuáles son los parámetros óptimos de las principales variables operativas para la extracción y recuperación del oro del mineral ripio oxidado? B. ¿Cuáles son los parámetros óptimos de las principales variables operativas para los procesos de conminución y lixiviación del mineral ripio oxidado?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Realizar la evaluación para determinar la factibilidad para la recuperación del oro del mineral ripio oxidado, que nos permita desarrollar a un nivel industrial en la Empresa Corporación Minera Centauro S.A.C.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS A. Determinar los parámetros óptimos de las principales variables operativas para la extracción y recuperación del oro del mineral ripio oxidado. B. Determinar los parámetros óptimos de las principales variables operativas, para los procesos de conminución y lixiviación del</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL Al desarrollar las pruebas metalúrgicas a nivel laboratorio, entonces es posible determinar los parámetros óptimos de las principales variables de los procesos de: conminución, extracción y recuperación del oro del mineral ripio oxidado, que nos permita desarrollar a escala industrial en la Empresa Corporación Minera Centauro S.A.C.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS A. Las principales variables que influyen el proceso de extracción del oro del mineral ripio oxidado, son: clasificación por alteración mineralógica y la extracción por hebras de mineral ripio</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE Procesos hidrometalúrgicos: conminución, cianuración, carbón activado, VARIABLE DEPENDIENTE -% de extracción de oro -% de recuperación de oro VARIABLE INTERVINIENTE -La alteración mineralógica del mineral ripio oxidado. -El tipo de extracción del mineral ripio.</p>	<p>X = Eficiencia de los procesos hidrometalúrgicos.</p> <p>Y = % de recuperación del oro del mineral ripio oxidado.</p>	<p>- Hoja de registro de control de parámetros de las pruebas de cianuración en columnas. -Tablas de pruebas de cianuración en columnas -Reporte de análisis químicos - Reconocer las características de las alteraciones mineralógicas mediante la observación</p>	<p>Tipo: Descriptiva Nivel: Descriptiva Método: Inductivo-Deductivo Diseño: Experimental</p>	<p>Población: Está conformada por el mineral de ripio oxidado, depositado en los pads :1 al pad 6; que son 20 044 500 toneladas. Muestra: El método de muestreo que se uso fue aleatorio tomando muestras de diferentes puntos con una característica mineralógica. Sílice transicional con clastos de brecha 70 kg, brecha con clastos de sílice transicional 60 kg, sílice transicional con clastos de sílice masiva 360 kg.</p>

	mineral ripio oxidado.	oxidado nos permite tener una mayor recuperación de oro. B. La conminución disminuye la granulometría del mineral ripio oxidado lo cual permitiría que la solución cianurada con la fuerza de cianuro establecida tendría mayor contacto con las especies mineralógicas valiosas del oro y se tendría mayor extracción de oro durante la lixiviación del mineral ripio oxidado.					
--	------------------------	---	--	--	--	--	--