



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



**EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA EL ANÁLISIS DE ORO EN
SOLUCIONES CIANURADAS, APLICANDO EL METODO DIRECTO Y
METODO DE PRECIPITACION SIN EL HCL, EN LA C.M. CORIRE**

TESIS

PRESENTADA POR:

JULIAN HILARIO PARI FLORES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO METALURGISTA

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA EL
ANÁLISIS DE ORO EN SOLUCIONES CIAN
URADAS, APLICANDO EL METODO DIRE
CTO**

AUTOR

JULIAN HILARIO PARI FLORES

RECUENTO DE PALABRAS

17413 Words

RECUENTO DE CARACTERES

93418 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

104 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

21.3MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 16, 2024 1:44 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 16, 2024 1:46 PM GMT-5

● **5% de similitud general**

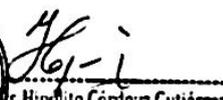
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)


Dr. Esteban Rey Chavez Gutierrez
INGENIERO METALURGISTA
CIP. 82288



Mr. Hipólito Córdova Gutiérrez
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA

Resumen



DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada:

A Dios por permitirme haber llegado hasta aquí, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy.

A mis padres Jesusa Flores Huallpa y Mario Ramirez Huarcusi, por su inquebrantable apoyo, amor y sacrificio a lo largo de mi vida. A mi pareja Monica, por incondicional apoyo en todo momento brindándome su aliento y cariño. A mi hermanito Etson por su apoyo y mi motivación para seguir adelante. A mis amigos, por su aliento y compañía en los momentos más difíciles. A todas las personas que de alguna manera contribuyeron a la realización de este trabajo, les dedico este logro con profundo agradecimiento y reconocimiento.

Julian Hilario Pari Flores



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, por haberme acompañado durante mi formación profesional, por ser mi fe y esperanza en mi camino.

quiero agradecer a mis padres: Jesusa y Mario, a mi hermanito Etson y mi pareja Monica por el apoyo en los momentos más difíciles.

Agradezco sinceramente a mi director de tesis, D.Sc. Esteban Rey Chávez Gutiérrez, por su guía experta, apoyo constante y valiosos consejos a lo largo de este proceso de investigación. Su dedicación y compromiso fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de este trabajo

Finalmente, agradezco a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a la realización de este trabajo, así como a las instituciones que facilitaron los recursos necesarios para llevarlo a cabo.

Julian Hilario Pari Flores



ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|--|-----------|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTOS | |
| ÍNDICE GENERAL | |
| ÍNDICE DE TABLAS | |
| ÍNDICE DE FIGURAS | |
| ÍNDICE DE ANEXOS | |
| ACRÓNIMOS | |
| RESUMEN | 14 |
| ABSTRACT..... | 15 |
| CAPÍTULO I | |
| INTRODUCCIÓN | |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 17 |
| 1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | 19 |
| 1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 19 |
| 1.3.1. Problema general..... | 19 |
| 1.3.2. Problemas específicos | 19 |
| 1.4. HIPÓTESIS DEL TRABAJO..... | 20 |
| 1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO | 20 |
| 1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... | 21 |
| 1.6.1. Objetivo general | 21 |
| 1.6.2. Objetivos específicos | 21 |

CAPÍTULO II



REVISIÓN DE LITERATURA

| | |
|--|-----------|
| 2.1. ANTECEDENTES | 22 |
| 2.1.1. A nivel internacional | 22 |
| 2.1.2. A nivel nacional | 24 |
| 2.1.3. A nivel local | 28 |
| 2.2. MARCO TEÓRICO | 32 |
| 2.2.1. Extracción de oro en el Perú | 32 |
| 2.2.2. Análisis de oro en soluciones cianuradas | 33 |
| 2.2.3. Reactivo cianuro de sodio | 35 |
| 2.2.4. Factores que afectan la disolución de oro | 36 |
| 2.2.5. Soluciones cianuradas | 42 |
| 2.2.6. Separación solido-liquido..... | 43 |
| 2.2.7. Análisis vía seca..... | 43 |
| 2.2.8. Análisis vía volumétrica..... | 44 |
| 2.2.9. Análisis vía húmeda | 44 |
| 2.2.10. Método por precipitación | 45 |
| 2.2.11. Método directo | 45 |
| 2.2.12. Método por absorción atómica..... | 46 |

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

| | |
|--|-----------|
| 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO..... | 48 |
| 3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO | 49 |
| 3.3. MATERIALES..... | 49 |
| 3.4. PROCEDENCIA DEL MATERIAL ESTUDIADO | 51 |
| 3.5. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 51 |



| | |
|--|-----------|
| 3.5.1. Tipo de investigación | 51 |
| 3.6. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN..... | 52 |
| 3.6.1. Enfoque de investigación | 52 |
| 3.6.2. Desarrollo del procedimiento de investigación..... | 52 |
| 3.7. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MÉTODOS, TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS..... | 54 |
| 3.7.1. Descripción de procesamiento de los datos | 54 |
| 3.7.2. Tratamiento estadístico | 57 |
| CAPÍTULO IV | |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | |
| 4.1. MÉTODO DIRECTO EN EL OVER FLOW Y SOLUCIÓN BARREN EN LA C.M. CORIRE S.A.C. | 58 |
| 4.1.1. Procedimiento para la Evaluación Comparativa del Análisis de Oro en Soluciones Cianuradas | 58 |
| 4.2. MÉTODO POR PRECIPITACIÓN SIN EL HCl EN EL OVER FLOW Y SOLUCIÓN BARREN EN LA C.M. CORIRE S.A.C..... | 63 |
| 4.2.1. Insumos y reactivos..... | 63 |
| 4.3. EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA EL ANÁLISIS DE ORO EN SOLUCIONES CIANURADAS, APLICANDO EL MÉTODO DIRECTO Y MÉTODO DE PRECIPITACIÓN SIN EL HCl, EN LA C.M. CORIRE ... | 72 |
| 4.4. COMPARACIÓN DE LECTURAS DE ORO DE SOLUCIÓN SOL BARREN TRES MÉTODOS EN LA C.M. CORIRE S.A.C..... | 80 |
| 4.5. DISCUSIÓN | 87 |
| V. CONCLUSIONES..... | 90 |



| | |
|---|-----------|
| VI. RECOMENDACIONES..... | 92 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 94 |
| ANEXOS..... | 99 |

Área:

Tema:

Fecha de sustentación:



ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1. Calculo de la concentracion del oro..... | 61 |
| Tabla 2. Solución cianurada..... | 71 |
| Tabla 3: Lecturas de oro por tres métodos utilizando Over Flow en la C.M. CORIRE S.A.C..... | 72 |
| Tabla 4. Análisis de varianza de las lecturas de oro por tres métodos utilizando Over Flow en la C.M. CORIRE S.A.C..... | 74 |
| Tabla 5 Prueba DLS de comparaciones múltiples para la lectura de oro por tres métodos utilizando Over Flow en la C.M. CORIRE S.A.C. | 79 |
| Tabla 6 Lecturas de oro por tres métodos utilizando Sol Barren en la C.M. CORIRE S.A.C..... | 80 |
| Tabla 7. Análisis de varianza de las lecturas de oro por tres métodos utilizando Sol Barren en la C.M. CORIRE S.A.C. | 82 |
| Tabla 8 Prueba DLS de comparaciones múltiples para la lectura de oro por tres métodos utilizando Sol Barren en la C.M. CORIRE S.A.C. | 87 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1 Cianuro de sodio..... | 35 |
| Figura 2. Ubicación geográfica..... | 48 |
| Figura 3 Diagrama de flujo del procedimiento | 53 |
| Figura 4 Muestras de pulpa del tanque de agitación..... | 59 |
| Figura 5 Medición de pH a la solución cianurada de planta..... | 59 |
| Figura 6 Filtrado de solución cianurada de planta y Medición de solución 25 ml ... | 60 |
| Figura 7 Homogenizado de la solución cianurada con el flux..... | 60 |
| Figura 8 Insumos químicos utilizados para el método de precipitación (flux, polvo de zinc, acetato de plomo y cianuro de sodio) | 63 |
| Figura 9 Filtrado de solución cianurada de planta | 64 |
| Figura 10 Medición de 400 ml para el metodo de precipitación | 64 |
| Figura 11 Calentamiento sin hervir..... | 65 |
| Figura 12 Formación de la esponja | 66 |
| Figura 13 Filtrado del precipitado..... | 67 |
| Figura 14 Preparación y homogenización para fundición | 67 |
| Figura 15 Fundición a 1075°C y colada..... | 68 |
| Figura 16 Enfriamiento y cubicación del regulo..... | 68 |
| Figura 17 Proceso de copelación a 950 °C..... | 69 |
| Figura 18 Liberación del oro con HNO ₃ al 15% | 69 |
| Figura 19 Lavado, secado y calcinado | 70 |
| Figura 20 Pesado de oro..... | 70 |
| Figura 21 Lecturas de oro por tres métodos utilizando Over Flow en la C.M. CORIRE S.A.C. | 73 |



| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 22 | Análisis de varianza de las lecturas de oro por tres métodos utilizando Over Flow en la C.M. CORIRE S.A.C..... | 75 |
| Figura 23 | Prueba de normalidad | 76 |
| Figura 24 | Prueba de homogeneidad..... | 77 |
| Figura 25 | Prueba de independencia | 78 |
| Figura 26 | Lecturas de oro por tres métodos utilizando Sol Barren en la C.M. CORIRE S.A.C. | 80 |
| Figura 27 | Análisis de varianza de las lecturas de oro por tres métodos utilizando Sol Barren en la C.M. CORIRE S.A.C..... | 82 |
| Figura 28 | Prueba de normalidad | 84 |
| Figura 29 | Prueba de homogeneidad..... | 85 |
| Figura 30 | Prueba de independencia | 86 |



ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| ANEXO 1 Tabla de datos obtenidos de laboratorio..... | 100 |
| ANEXO 2. Datos enviados a otro laboratorio por absorción atómica | 101 |



ACRÓNIMOS

| | |
|--|------------------------------|
| CO ₂ : | Dióxido de carbono |
| SO ₂ : | Dióxido de azufre |
| CuO: | Oxido de cobre |
| FeS ₂ : | Bisulfito de fierro o pirita |
| KNO ₃ : | Nitrato de potasio |
| CO: | Monóxido de carbono |
| KHC ₄ H ₄ O ₆ : | Tartrato de potasio |



RESUMEN

La investigación se centró en la comparación entre el método directo y el método de precipitación sin HCl en el análisis de oro en soluciones cianuradas, y cómo esta contribución beneficia a la C.M. CORIRE S.A.C. El objetivo establecido fue realizar una evaluación comparativa de ambos métodos en esta área específica. Como metodología Para el método directo se utilizó 25 ml de solución cianurada de over Flow y solución barren, previamente filtrada, posteriormente se homogenizo con el flux. Para el método por precipitación se utilizó 400 ml de solución cianurada de over flow y solución barren los cuales fueron filtradas, llevados a una temperatura de calentamiento, posteriormente se agregó polvo de zinc, luego se añadió acetato de plomo al 15%, agitado con la bageta y finalmente agregamos cianuro de sodio al 20% 5 ml, se dejó precipitar y finalmente se filtró. Ambos métodos sometidos por ensayo al fuego, en contraste, el método directo demostró la eficacia en el análisis a comparación del método por precipitación teniendo una ligera variación respecto al método por precipitación. En conclusión, como resultado en las lecturas de leyes analizadas se obtuvieron los resultados de 98% de absorción atómica siendo el total, 93% en método directo y finalmente el 91% en método de precipitación, estableciendo un parámetro que apoyara a tener un resultado confiable y reducción de costo al restar el ácido clorhídrico.

Palabras clave: Acetato de plomo, Análisis de oro, Método por precipitación, Polvo de zinc, Soluciones cianuradas.



ABSTRACT

The research focused on the comparison between the direct method and the precipitation method without HCl in the analysis of gold in cyanide solutions, and how this contribution benefits the C.M. CORIRE S.A.C. The established objective was to carry out a comparative evaluation of both methods in this specific area. As a methodology for the direct method, 25 ml of cyanide over Flow solution and barren solution were used, previously filtered, and subsequently homogenized with the flux. For the precipitation method, 400 ml of cyanide overflow solution and sweep solution were used, which were filtered, brought to a heating temperature, zinc powder was subsequently added, then 15% lead acetate was added, stirred with the baget and finally we added 20% sodium cyanide 5 ml, it was allowed to precipitate and finally filtered. Both methods were subjected to fire testing, in contrast, the direct method demonstrated effectiveness in the analysis compared to the precipitation method, having a slight variation with respect to the precipitation method. In conclusion, as a result of the analyzed grade readings, the results of 98% atomic absorption were obtained, with the total being 93% in the direct method and finally 91% in the precipitation method, establishing a parameter that would support having a reliable result. and cost reduction by subtracting hydrochloric acid.

Keywords: Lead acetate, Gold analysis, Precipitation method, Zinc powder, Cyanide solutions.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La minería a nivel global ha experimentado un notable crecimiento debido a la creciente demanda de minerales como materia prima esencial para industria minera metalúrgica. Esto se ha reflejado en significativos aumentos en los precios de los metales en el mercado internacional, como el oro, plata, cobre, zinc, plomo y hierro. Como resultado, la industria minero metalúrgica ha desarrollado proyectos de explotación y procesamiento de minerales en respuesta a esta demanda y a su importancia para la manufactura e industria en todo el mundo.

A nivel internacional, la extracción y análisis de oro en soluciones cianuradas representan un desafío común en la industria minera de numerosos países. La búsqueda de prácticas más eficientes y sostenibles en la minería ha llevado a la revisión constante de métodos analíticos y de extracción. Diversas naciones, preocupadas por el impacto ambiental y la eficiencia económica, han buscado establecer regulaciones y normativas más estrictas que rijan estas operaciones. La evaluación comparativa de métodos analíticos, como el enfoque directo y el método de precipitación sin HCl en soluciones cianuradas, se ha convertido en una cuestión de interés global para optimizar la producción de oro, salvaguardando al mismo tiempo los ecosistemas y la salud pública.

En el contexto nacional, la minería es un pilar de la economía, generando una parte significativa de los ingresos fiscales del país. La extracción de oro es especialmente importante, y las empresas mineras, incluida la C.M. CORIRE, enfrentan desafíos constantes en la mejora de sus procesos. La legislación minera peruana, que abarca una amplia gama de aspectos relacionados con la explotación, regulación y fiscalización de



los recursos naturales, exige que las compañías mineras cumplan con normativas específicas para garantizar un equilibrio entre la rentabilidad económica y la sostenibilidad ambiental. La evaluación de métodos analíticos para el oro en soluciones cianuradas es una preocupación nacional, ya que puede tener un impacto directo en la competitividad de la industria y en el cumplimiento de las normativas ambientales.

La Compañía Minera CORIRE S.A.C. se enfrenta a la necesidad de tomar decisiones estratégicas que repercuten directamente en su operación. Ubicada en el departamento de Arequipa y Distrito de Caraveli, una región de relevancia minera en Perú, esta empresa se encuentra en un entorno donde la actividad minera es fundamental para la economía y el desarrollo de la comunidad. La elección del método de análisis de oro en soluciones cianuradas es un asunto de gran importancia para la empresa, ya que puede afectar su eficiencia operativa y su capacidad para cumplir con las normativas locales y nacionales. Además, la C.M. CORIRE también tiene la responsabilidad de contribuir al bienestar de la comunidad local, asegurando que sus prácticas sean sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

En este contexto, la presente investigación se propone abordar esta problemática desde una perspectiva amplia y global, considerando tanto los estándares internacionales como las leyes nacionales y las necesidades específicas de la C.M. CORIRE en su búsqueda de optimizar sus operaciones mineras, cumplir con las normativas y promover la sostenibilidad en su entorno.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La extracción y análisis de oro en soluciones cianuradas son procesos cruciales en la industria minera del Perú, que desempeña un papel fundamental en la economía del país. La optimización de estos procesos es esencial para aumentar la eficiencia y reducir



los costos. En este contexto, la C.M. CORIRE, una empresa minera peruana, se encuentra ante la disyuntiva de seleccionar un método de análisis para determinar la concentración de oro en sus soluciones cianuradas. Dos enfoques se han propuesto: el método directo y el método de precipitación sin el uso de HCL (ácido clorhídrico). La elección entre estos métodos plantea una problemática de investigación que abarca varios aspectos críticos. Como la evaluación comparativa de métodos de análisis de oro. Uno de los principales desafíos de esta investigación es determinar cuál de los métodos de análisis, el directo o el de precipitación sin HCl, es más preciso y eficaz en la determinación de la concentración de oro en soluciones cianuradas. Esta cuestión plantea interrogantes sobre la precisión y exactitud de los resultados, así como sobre la fiabilidad de los métodos en condiciones específicas de la C.M. CORIRE. La evaluación del método directo y de precipitación en Over Flow y Solución Barren. Ambos métodos en diferentes etapas de la operación minera, añaden complejidad a la investigación. Esto implica analizar cómo estos métodos se comportan en situaciones diversas y qué desafíos específicos se presentan en cada caso. Por tanto, la problemática incluye determinar la idoneidad de los métodos en múltiples contextos operativos. La búsqueda de identificar el mejor método de análisis entre el directo y el de precipitación sin HCl plantea la pregunta fundamental de cómo se define "mejor". La investigación debe considerar criterios como la precisión, la eficiencia, el costo y la facilidad de implementación. Además, la utilización de reactivos en el análisis de oro puede tener implicaciones ambientales y de cumplimiento normativo. Los investigadores deben abordar cómo cada método afecta el medio ambiente y si cumple con las regulaciones y leyes mineras en Perú. Esto agrega una dimensión adicional a la problemática, ya que involucra aspectos de sostenibilidad y responsabilidad legal en la operación minera. Es así que la problemática de investigación involucra la evaluación de métodos de análisis de oro en soluciones cianuradas en la C.M.



CORIRE, teniendo en cuenta su precisión, adaptabilidad a diferentes etapas del proceso, impacto ambiental y cumplimiento normativo, y la identificación del método más adecuado en términos de eficacia y rentabilidad.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La definición del problema de investigación se centra en la necesidad de identificar el método de análisis más adecuado para la determinación de la concentración de oro en soluciones cianuradas en la C.M. CORIRE, considerando factores de precisión, eficacia, impacto ambiental, costos y cumplimiento normativo.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. Problema general

¿De qué forma la evaluación comparativa para el análisis de oro en soluciones cianuradas, aplicando el método directo y método de precipitación sin el HCl, contribuye a la C.M. CORIRE S.A.C.?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿De qué forma influencia las variables de operación en el proceso de obtención de oro usando el método directo en el over Flow y solución barren en la C.M. CORIRE S.A.C.?
- ¿De qué forma influencia las variables de operación en el proceso de obtención de oro usando el método por precipitación en el over Flow y solución barren en la C.M. CORIRE S.A.C.



- ¿Cuál será el mejor método de análisis entre el método directo y método de precipitación sin HCl, en soluciones cianuradas en la C.M. CORIRE S.A.C.?

1.4. HIPÓTESIS DEL TRABAJO

La evaluación comparativa para el análisis de oro en soluciones cianuradas, aplicando el método directo y método de precipitación sin HCl, contribuye a la C.M. CORIRE S.A.C. reduciendo los costos, tiempo, minimizando los errores y estableciendo parámetros para obtener resultados confiables.

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La Compañía Minera CORIRE S.A.C. enfrenta el desafío de optimizar sus procesos de análisis de oro en soluciones cianuradas, buscando métodos que sean precisos, eficientes y seguros. El método por precipitación actualmente utilizado ciertos reactivos, 3 gramos de polvo de zinc, 15 ml de acetato de plomo al 15%, 20 ml de cianuro de sodio al 20% y 55 ml de HCl, presenta riesgos asociados al uso de reactivo fiscalizado, además de limitaciones en su precisión y eficiencia.

Este trabajo de investigación propone una evaluación comparativa del método directo con el método de precipitación sin ácido clorhídrico, ambos métodos sujetos al ensayo al fuego, que ofrece una alternativa más segura, eficiente y menor impacto ambiental.

Los resultados de esta investigación permitirán a la C.M. Corire optimizar sus procesos de análisis de oro. Esto incluye una reducción del tiempo requerido a un máximo de 3 horas en el método directo, así como ajustes en la cantidad de reactivos utilizados en el método por precipitación con 2 gramos de polvo de zinc, 10 ml de acetato de plomo al



15%, 5 ml de cianuro de sodio al 20%, y la eliminación del ácido clorhídrico, el cual se emplea únicamente para eliminar el exceso de zinc. Con estos cambios se mejora la eficiencia, la precisión y obtención de resultados confiables, contribuyendo a la sostenibilidad de la empresa y al desarrollo de la industria minero metalúrgica.

1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Objetivo general

Realizar la evaluación comparativa para el análisis de oro en soluciones cianuradas, aplicando el método directo y método de precipitación sin el HCl, en la C.M. CORIRE.

1.6.2. Objetivos específicos

- Evaluar el método directo en el over Flow y solución barren en la C.M. CORIRE S.A.C.
- Evaluar el método por precipitación en el over Flow y solución barren en la C.M. CORIRE S.A.C.
- Determinar el mejor método de análisis entre el método directo y método de precipitación sin HCl, en soluciones cianuradas en la C.M. CORIRE S.A.C.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. A nivel internacional

Velez, (2020) en su investigación sobre la “Comparación entre el método de extracción de oro, cianuración por agitación y lixiviación por pilas en la planta de beneficio san bartolo, Segovia Antioquia” realizó una comparativa a nivel de laboratorio entre el sistema de cianuración por agitación directa y el método de lixiviación por pilas para determinar su rendimiento y efectos. Se llevaron a cabo tres ensayos para el sistema de cianuración por agitación directa y un ensayo para el sistema de lixiviación por pilas. Los resultados indicaron que la lixiviación por pilas supera en eficiencia al sistema de cianuración por agitación directa, logrando una recuperación del 43.9% y generando menos impacto ambiental. La lixiviación por pilas recircula el agua de la solución cianurada, evita vertimientos en fuentes hídricas y proporciona un medio para la disposición adecuada de los residuos, reduciendo el impacto visual y paisajístico. La revisión bibliográfica, respaldada por la Resolución 0631 de 2015,

Identificó los principales contaminantes presentes en el agua debido a vertimientos de procesos mineros. Estos vertimientos representan una segunda fuente de contaminación del agua, ya que al entrar en contacto con minerales y estériles que contienen cianuro, mercurio y otros contaminantes, generan altas cargas contaminantes y afectan negativamente los recursos hídricos, la flora, la fauna y la salud humana. Se concluye que la lixiviación por pilas es más eficiente



en la recuperación de oro que la cianuración por agitación directa. Sin embargo, en el caso de San Bartolo, debido a las limitaciones geográficas y de recursos, la cianuración directa resulta más rentable a corto plazo. A pesar de esto, estarían dispuestos a participar en proyectos conjuntos con otras plantas del municipio y entidades relacionadas para mejorar las prácticas mineras y reducir su impacto ambiental a largo plazo.

Espinoza, (2019) plantea un “Estudio de la oxidación/cianuración de un concentrado sulfuroso para la extracción de oro” donde metodológicamente Inicialmente, se procedió a homogeneizar y reducir la muestra del concentrado de mina Bacis. Esto se logró utilizando el partidor jones. Luego, se empleó un pulverizador de anillos para reducir aún más el tamaño de las partículas, dejándolas con un tamaño de 149 μm . A continuación, se empleó una tamizadora RoTap para obtener diferentes tamaños de partícula, específicamente de 104, 74 y 61 μm . Estos tamaños de partícula variados eran necesarios para llevar a cabo las pruebas de tostación y oxidación química a alta presión. Una vez completadas estas etapas, se procedió a la lixiviación de la muestra con cianuro de sodio.

De lo cual resulto que el mineral en cuestión es una especie mineralógica refractaria, ya que las disoluciones de oro y plata en condiciones normales arrojaron valores muy bajos. La caracterización mineralógica reveló que la pirita es la especie mineralógica predominante, seguida en menor proporción por el cuarzo. En cuanto a los componentes no valiosos (ganga), la pirita y el cuarzo también son las especies mineralógicas principales. Debido a esto, la mayor parte de los metales preciosos se encuentran encapsulados en la pirita, con una menor cantidad en el cuarzo.



De los dos métodos oxidativos utilizados para reducir la encapsulación del oro y la plata, se determinó que el proceso hidrometalúrgico con oxígeno presurizado en una pulpa alcalina ofreció los mejores resultados. Así mismo concluye que el estudio de la disolución del oro mediante cianuración indicó que, bajo las condiciones óptimas, se lograron recuperaciones del 92% utilizando la oxidación a presión en medio alcalino, mientras que para la plata se alcanzó una recuperación del 76%. En cuanto al concentrado tratado mediante el método de tostación con adición de H₂O₂, la cianuración en condiciones ambientales permitió recuperar el 89% del oro y el 74% de la plata y en lo que respecta al tratamiento previo de tostado del concentrado, en el proceso de cianuración a condiciones ambientales se logró una recuperación del 80% para el oro y el 70% para la plata.

2.1.2. A nivel nacional

Churqui & Condori, (2019) en su investigación titulado “Análisis y mejoramiento del método de lixiviación por agitación, del oro disuelto en cianuro para una mayor recuperación en comparación del oro total a nivel del laboratorio”. En esta investigación examinó el impacto de la variación en la concentración de cianuro en el tiempo de lixiviación de muestras con diferentes tamaños de partículas de oro. Se empleó el método de lixiviación por agitación para disolver el oro en cianuro y se analizaron los resultados para determinar el rendimiento del oro cianurado en comparación con el oro total en condiciones de laboratorio. Los experimentos evaluaron concentraciones de 0.3%, 0.4% y 0.5% de cianuro de sodio durante 90 y 120 minutos de lixiviación, con controles para detectar cambios en el proceso.



Los resultados mostraron que a una concentración del 0.4% de cianuro de sodio, se logró una recuperación superior al 90% en comparación con el oro total obtenido. Sin embargo, en concentraciones de 0.3% y 0.5% durante 90 y 120 minutos de agitación, no se observó recuperación en los controles del proceso, lo que indica que para muestras con bajo contenido de oro, estas concentraciones no son efectivas. No obstante, en las últimas muestras de ambas pruebas se obtuvo una recuperación superior al 85%, lo que sugiere que, para muestras con alto contenido de oro, la variación en los parámetros de concentración y tiempo no influye significativamente en el proceso de lixiviación. Como resultado, se concluyó que el método se debe mejorar utilizando una concentración del 0.4% de cianuro de sodio.

Saravia, (2018) realiza un estudio titulado “Optimización del Proceso de Cianuración en la Minera Veta Dorada S.A.C”. El proceso de cianuración en el tratamiento de minerales de oro implica la interacción de múltiples factores y variables. Este conjunto de elementos es esencial para determinar los parámetros ideales que permitan controlar el proceso y lograr un DORE de alta pureza. El pretratamiento de los minerales de oro ha sido objeto de estudio experimental, donde las pruebas experimentales se utilizan para investigar los efectos de parámetros como el tamaño de partícula, el pH y la concentración de cianuro de sodio antes del proceso de extracción. Manteniendo un equilibrio adecuado con una concentración de cianuro de sodio del 3.33%, un tamaño de partícula del 96% en -200 mallas y un pH constante de 11.5, es posible lograr una recuperación cercana al 95%.

Basilio & Romero, (2020) en su tesis titulado “Optimización de la fusión de mineral, en el análisis cuantitativo del oro con determinación gravimétrica de



un mineral sulfurado” metodológicamente sometió 20 muestras del mismo mineral a pruebas, con resultados que oscilaron entre 3.556 g/ton y 9.000 g/ton. Ante esta variabilidad en los resultados, se considera la necesidad de mejorar el proceso de fusión del mineral para el análisis cuantitativo de oro utilizando la determinación gravimétrica, especialmente en las muestras con contenido de azufre. Se investigaron las plantas procesadoras en el distrito de Chala, Arequipa, así como otros laboratorios que realizan análisis al fuego, lo que reveló diferencias en la composición de los agentes fundentes utilizados por cada laboratorio en el análisis de minerales sulfurados.

Luego de realizar varias pruebas en el laboratorio de Arequipa, se creó una nueva composición de agentes fundentes que cumplió con los estándares de los laboratorios, compuesta por un 54.50% de litargirio, 25.50% de carbonato, 15% de sílice y 5% de bórax. . Esto resultó en la obtención de leyes precisas con una variación mínima en los resultados en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Para verificar la confiabilidad de estos resultados, se compararon con un patrón interno de un prestigioso Laboratorio Químico Metalúrgico en Lima. El objetivo era asegurar la precisión de los ensayos utilizando metodologías sistemáticas y operativas, calculando en modelos pirometalúrgicos desarrollados en el laboratorio, para obtener resultados que puedan ser reproducidos con tolerancias aceptables en las empresas que informan sobre análisis de oro.

Briones, Toledo, & Mejia, (2020) en su tesis titulado “Evaluación de diferentes reactivos aplicados en la precipitación del oro” En este estudio de investigación, se examinan cuatro reactivos distintos utilizados en la precipitación del oro a partir de soluciones. Dos de estos reactivos son los convencionales: el



bisulfito de sodio y el sulfato ferroso, mientras que los otros dos son inusuales: el azúcar y el almidón. En la fase experimental, se combinó oro aluvial con material arenoso de un río para evaluar la eficacia de estos reactivos. La lixiviación del oro se realizó con agua regia, una solución altamente oxidante que consiste en una mezcla de ácido nítrico y ácido clorhídrico en una proporción de 3:1 en volumen, y para el análisis de los datos se empleó un software estadístico. Se encontró que el azúcar fue el agente precipitante más efectivo.

Churqui & Condori, (2019) en su tesis titulado “Análisis y mejoramiento del método de lixiviación por agitación, del oro disuelto en cianuro para una mayor recuperación en comparación del oro total a nivel del laboratorio” se ha explorado el efecto del cambio en una variable, la concentración de cianuro, en relación al tiempo de lixiviación de muestras con diferentes composiciones granulométricas. Utilizamos el método de lixiviación por agitación para extraer el oro disuelto en cianuro y luego analizamos los resultados para determinar cómo se comporta el oro cianurado en comparación con el oro total en un entorno de laboratorio.

En el proceso experimental, examinamos los efectos de tres concentraciones de cianuro de sodio: 0.3%, 0.4% y 0.5%, en dos intervalos de tiempo de 90 y 120 minutos de lixiviación. Además, realizamos controles para detectar cualquier variación en el proceso. Según los resultados obtenidos, observamos que con una concentración de cianuro de sodio del 0.4%, logramos una recuperación superior al 90% en comparación con el oro total recuperado. Sin embargo, para concentraciones de 0.3% y 0.5% en los intervalos de tiempo mencionados, no se observó recuperación en nuestros controles de proceso (BK-PREP). Esto nos lleva a la conclusión de que, en muestras de baja ley de oro, no



hay recuperación a estas concentraciones, excepto en los casos de las últimas muestras de ambas pruebas (PRUEB-01-016, PRUEB02-016), donde se logró una recuperación superior al 85%. A partir de esto, se deduce que en muestras de alta ley, la variable y los parámetros que se manipularon en la investigación no afectan significativamente el proceso de lixiviación. Los hallazgos sugieren que la concentración óptima de cianuro de sodio para mejorar el método es del 0.4%.

2.1.3. A nivel local

Lipa, (2019) en su investigación titulado “Análisis químico de oro y plata en sus diferentes procesos en la empresa minera Aruntani S.A.C. Ocuvi – Lampa: laboratorio químico” realiza un estudio que llevó a cabo en las instalaciones de la compañía minera ARUNTANI S.A.C. En la fase inicial, se recibieron muestras de minerales, cada una con un peso aproximado de 5 kg, las cuales estaban correctamente identificadas y codificadas en bolsas. Se verificó su conformidad con la hoja de ingreso correspondiente. Luego, las muestras se sometieron a un proceso de secado en un horno a una temperatura de 150°C para eliminar cualquier rastro de humedad. Posteriormente, las muestras pasaron por una serie de etapas de chancado.

En el chancado primario, se redujeron a un tamaño no superior a 3/8 de pulgada, y luego, en el chancado secundario, se redujeron aún más hasta alcanzar un tamaño no mayor a malla 10. A continuación, se procedió al cuarteo de las muestras con el fin de obtener una cantidad representativa, generalmente entre 200 y 300 gramos. Finalmente, se realizaron procedimientos de pulverización para obtener una muestra que pasara por completo a través de una malla de 150. La determinación cuantitativa del oro y la plata se llevó a cabo mediante un ensayo



al fuego, que se basa en la exposición de las muestras a altas temperaturas en presencia de óxido de plomo.

En esta etapa, el óxido de plomo, por acción de agentes reductores durante la fundición, se convierte en plomo metálico, capturando los metales preciosos (oro y plata) junto con algunas impurezas y formando una aleación. Posteriormente, esta aleación se somete a un proceso de oxidación en una etapa de fusión oxidante llamada copelación, que convierte el plomo en óxido de plomo. De esta manera, se obtiene una muestra en forma de botón de metal precioso, la cual se disuelve mediante un ataque ácido para separar el oro de la plata. La cuantificación del oro depende del tamaño del botón resultante. Si el botón de oro es grande, se pesa utilizando una balanza ultramicroanalítica. En el caso de botones más pequeños, se disuelven en ácidos y se cuantifican utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica.

Molina, (2021) en su tesis titulado “Uso de Gold Max en la lixiviación de oro y plata en la zona minera de Rinconada – Puno” realizó un estudio experimental con enfoque cuantitativo de acuerdo a su planteamiento realizó un análisis mineralógico en la cual determino que el mineral es una combinación de óxidos y sulfuros. Las pruebas metalúrgicas se llevaron a cabo en el laboratorio de Minares South – SRL en el departamento de Ica, provincia de Nasca. Estas pruebas incluyeron la medición de la gravedad específica, análisis granulométrico y la comparación de las pruebas de lixiviación utilizando Cianuro y Gold Max. Se optimizó el proceso mediante diseños experimentales, específicamente un diseño factorial 2k con repeticiones en el punto central.



Las variables consideradas para la optimización fueron la concentración del lixiviante, el pH y el tiempo de lixiviación. Las pruebas de lixiviación con Gold Max se realizaron variando la concentración de Gold Max desde 0.5 g/l hasta 1 g/l, el pH desde 10 hasta 12, y el tiempo de lixiviación desde 24 hasta 48 horas. Finalmente, se desarrolló un modelo matemático a escala natural que representa el proceso de lixiviación con Gold Max. En el proceso de optimización, se logró un porcentaje máximo de recuperación de oro en solución del 95.5% al trabajar con una concentración de Gold Max de 0.5 g/l, un pH de 12 y un tiempo de lixiviación de 48 horas. El agente de extracción de oro Gold Max demostró una eficiencia de disolución cercana a la del Cianuro de Sodio, con un porcentaje de disolución que se encuentra dentro del rango esperado, aproximadamente entre el 95% y el 99%.

Ccari, (2022) en su tesis titulado “Optimización de la recuperación en concentración gravimétrica de oro de los frentes Pomarani - Cruz de Oro Cori Puno S.A.C.” donde el objetivo principal de la investigación fue optimizar la recuperación en la concentración gravimétrica en las áreas de Pomarani Cruz de Oro. Se utilizó el concentrador Gravimétrico FALCON SB 2500 y se aplicó un enfoque experimental que implicó la modificación de tres variables clave: el tiempo de cosecha, la cantidad de agua utilizada y la fuerza centrífuga generada. Los resultados revelaron que el tiempo de cosecha óptimo era de 15 minutos, la cantidad de agua necesaria era de 21 m³ por hora y se requerían 47 Hertz para generar la fuerza centrífuga adecuada. Como resultado de estas optimizaciones, la recuperación de oro aumentó del 37% al 42%, lo que representó un incremento del 5% en la capacidad productiva y, por ende, en los beneficios económicos obtenidos.



Peralta, (2021) en su investigación que titula “Optimización de la recuperación de oro aplicando el método de agitación mediante una oxidación preliminar a nivel laboratorio en la empresa Cori Puno S.A.C.” El propósito principal de este proyecto de investigación fue evaluar la viabilidad técnica de aplicar una oxidación preliminar a los concentrados de oro de Minera Cori Puno S.A.C. antes de someterlos a cianuración por agitación. Esto se hizo para determinar si sería beneficioso realizar esta oxidación antes del proceso de cianuración. La empresa actualmente recupera oro utilizando métodos gravimétricos y de flotación, con tasas de recuperación que oscilan entre el 75% y el 85%. Metodológicamente el estudio realizado a con enfoque cuantitativo experimental.

En el laboratorio, se dividieron los minerales a procesar en dos grupos. Al primer grupo se le sometió a oxidación antes de la cianuración, mientras que al segundo grupo no se le realizó esta oxidación previa. Se llevaron a cabo pruebas metalúrgicas siguiendo un enfoque cuantitativo experimental. Los resultados de esta investigación mostraron que los minerales del primer grupo, que habían sido sometidos a oxidación previa, alcanzaron las mejores tasas de recuperación de oro.

En la prueba 7 del primer grupo, se logró la recuperación más alta, que alcanzó el 94.03%, superando significativamente las recuperaciones obtenidas en las pruebas de cianuración de minerales que no habían sido oxidados previamente en el segundo grupo, con un promedio del 77%. Esto representó un aumento de casi el 20% en algunos casos y se traduce en una rentabilidad de 2,725,891.70 USD al mes. Por lo tanto, se concluye que la oxidación previa de minerales de oro antes de la cianuración puede aumentar la recuperación de oro y reducir el consumo de reactivos de cianuración, lo que podría generar beneficios



económicos significativamente mejores si se implementa este enfoque en el proyecto minero.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Extracción de oro en el Perú

La extracción de oro en el Perú es una industria de gran relevancia económica y social que ha desempeñado un papel significativo en la historia del país. El oro, apreciado por su valor intrínseco y su uso en la joyería, la electrónica y otros sectores industriales, ha sido explotado en Perú durante siglos (Munsibay & Cavero, 2022). En la actualidad, Perú es uno de los principales productores de oro del mundo. La geología del Perú es sumamente propicia para la extracción de oro (Estatal et al., 2016). El país se encuentra en una región con una rica historia geológica, caracterizada por una serie de sistemas de fallas y una amplia variedad de depósitos de minerales, incluyendo depósitos de oro (Loza Del Carpio & Ccancapa, 2020). La Cordillera de los Andes, que se extiende a lo largo de Perú, es particularmente rica en minerales preciosos como el oro (Velez, 2020).

El oro se encuentra en una variedad de tipos de depósitos en Perú, incluyendo vetas epitermales, depósitos de placer, y yacimientos de óxido y sulfuro. Estos depósitos se formaron a lo largo de millones de años debido a la interacción de procesos geológicos, como la subducción de placas tectónicas y la actividad volcánica (Cano, 2012). La diversidad geológica del país ha llevado a una amplia distribución de depósitos de oro en todo su territorio, lo que ha contribuido a la prominencia de la industria minera en Perú. La extracción de oro es un pilar fundamental de la economía peruana. El oro es uno de los principales productos de exportación del país y contribuye de manera significativa a la



generación de ingresos y empleo (Salinas et al., 2004). Perú compite a nivel mundial en términos de producción de oro, rivalizando con países como China y Rusia (Aguirre & Amaya, 2019).

El sector minero, que incluye la extracción de oro, ha experimentado un crecimiento constante en las últimas décadas (Munsibay & Cavero, 2022). Las inversiones extranjeras han contribuido a la modernización de la industria, la adopción de tecnologías avanzadas y la mejora de los estándares de seguridad y medio ambiente (Salinas et al., 2004). La industria minera también ha impulsado el desarrollo de infraestructura, como carreteras y puertos, que benefician a otras áreas (Brenning & Azócar, 2010)

2.2.2. Análisis de oro en soluciones cianuradas

El análisis de oro en soluciones cianuradas es un proceso analítico que se utiliza para determinar la concentración de oro disuelto en soluciones que contienen cianuro, un enfoque clave en la industria minera y metalúrgica (Loza Del Carpio & Ccancapa, 2020b). Los análisis de oro en soluciones cianuradas son esenciales para el control de la extracción y la recuperación de oro en operaciones de procesamiento de minerales auríferos, así como para garantizar el cumplimiento de las regulaciones ambientales en relación con la gestión segura de cianuro (Castillo & Carpio, 2022).

Este proceso de análisis generalmente involucra técnicas analíticas avanzadas, como la espectrofotometría de absorción atómica, la espectrofotometría de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), o la cromatografía de intercambio iónico. Estas técnicas permiten medir con precisión las concentraciones de oro en soluciones cianuradas, lo que es fundamental para



controlar y optimizar las operaciones de lixiviación y extracción de oro (Salinas et al., 2004).

Los resultados del análisis de oro en soluciones cianuradas son vitales para la toma de decisiones en la planta de procesamiento, ya que permiten ajustar las condiciones operativas para maximizar la recuperación del oro y minimizar las pérdidas (Salinas et al., 2004). Además, estas mediciones son necesarias para garantizar que las concentraciones de cianuro sean seguras tanto para los trabajadores como para el medio ambiente, ya que el cianuro es una sustancia química tóxica y su manejo debe ser cuidadosamente controlado y regulado (Castillo & Carpio, 2022).

2.2.2.1. Mineral alterado

El mineral alterado, conocido también como relave, es una sustancia que se caracteriza por su composición polimetálica y rica en sulfuros (Salinas et al., 2004). Entre los metales que se encuentran presentes en este mineral se destacan el hierro, plomo, cobre, arsénico y otros elementos (Telvia et al., 2017). La presencia de estos componentes hace que el relave sea propenso a generar aguas ácidas, que contienen una serie de compuestos químicos, como el torio, que pueden tener un impacto ambiental significativo, como se menciona en el estudio de (Torio, 2018)

Para el procesamiento y análisis de muestras de este mineral, se utiliza un proceso de granulometría que implica el uso de mallas con una abertura de -200, lo que permite la separación de partículas de diferentes tamaños (Telvia et al., 2017). Además, es importante tener en cuenta que

el relave suele contener alrededor del 12% de humedad, lo que puede influir en la manipulación y el tratamiento de las muestras.

2.2.3. Reactivo cianuro de sodio

El cianuro de sodio (NaCN), es la sal sódica del ácido cianhídrico (HCN). El cianuro de sodio es un polvo blanco (como la sal) con un ligero olor a almendra (Pérez & Vargas, 2017). Se usa como sólido o en solución para obtener minerales. (Castillo & Carpio, 2022)

Figura 1

Cianuro de sodio



- **Datos fisicoquímicos**
 - Fórmula: NaCN
 - Densidad: 1,60 g/cm³
 - Masa molecular: 49,05 g/mol
 - Punto de ebullición: 1496 °C
 - Equivalente gramo: 49,05 g
 - Punto de fusión: 563,7 °C



2.2.3.1. Características del cianuro de sodio

El cianuro de sodio, es un compuesto químico incoloro de forma sólida, este compuesto se hidroliza más fácil en el agua y el dióxido de carbono, para obtener el carbonato de sodio y ácido cianhídrico. (Pino, 2019)

- Nombre químico: Cianuro de sodio
- Fórmula: NaCN
- Sinónimos: Sal sódica del ácido cianhídrico, cianuro blanco, prusiato de soda.
- Otros nombres: Cianuro sódico.
- Compuestos relacionados: Cianuro de hidrógeno.
- Fórmula molecular: n/d

2.2.3.2. Aplicaciones del cianuro de sodio

Dentro de las aplicaciones del cianuro de sodio, se efectúa en la industria minera y la industria metalúrgica en: (Pino, 2019)

- Se aplica en la solución para extraer minerales metálicos como el oro, plata y otros metales.
- En la galvanoplastia.
- Aplicación en los baños de limpieza de metales.
- En la aplicación para el endurecimiento de metales.

2.2.4. Factores que afectan la disolución de oro

Es importante destacar que la disolución de oro es un proceso complejo y específico para cada caso, por lo que “los factores que afectan la disolución



pueden variar en función de las condiciones y los reactivos utilizados en una operación minera o de procesamiento particular” (Marsden & House, 2019) y (Pérez & Vargas, 2017)

a. Concentración de aditivo

La cantidad de aditivos en la disolución de soluciones puede aumentar de manera proporcional hasta alcanzar un límite máximo permitido. Esto significa que a medida que se aumenta la concentración de aditivos, no necesariamente se traducirá en un aumento proporcional de la cantidad de oro en la solución concentrada. De hecho, un exceso de aditivos puede tener un efecto retardante en lugar de mejorar la eficiencia del proceso (Ccari, 2022)

Por lo tanto, el proceso de estandarización de las cantidades está relacionado con la optimización de los procedimientos, y esto se logra a través de la trazabilidad.

b. Concentración de oxígeno

La oxigenación del sistema puede aumentar la disolución del oro al proporcionar más reactivos y oxígeno a las partículas de oro (Pérez- & Vargas, 2017). El control de las concentraciones de aditivos en la disolución de soluciones es relativamente manejable, a diferencia de la concentración de oxígeno, que está sujeta a la solubilidad y puede variar significativamente según las condiciones atmosféricas (Pérez Domínguez et al., 2008). Por ejemplo, a 25 °C, la solubilidad del oxígeno en el agua puede oscilar alrededor de 8,2 mg de O₂ por litro (0,082 g por litro). Esta solubilidad puede fluctuar dependiendo de la presión atmosférica y otros factores que influyen en la concentración de oxígeno disuelto en la solución (Daga, 2020)



En consecuencia, la adición de cianuro en minerales puede ser controlada de manera más predecible mediante la trazabilidad aplicada en cada proceso. La forma en que se añaden estos aditivos puede variar entre sí, pero el oxígeno puede resultar más difícil de controlar debido a su dependencia de las condiciones atmosféricas.

En el caso práctico del cianuro de sodio, una relación cercana a 6 entre la concentración de $[CN^-]$ y $[O_2]$ se considera óptima para la disolución del oro y se relaciona con la velocidad del proceso. Idealmente, la concentración de oxígeno en la solución debería mantenerse en un promedio de alrededor de 8 mg/l. (Espinoza, 2019)

c. PH y alcalinidad

El pH del medio ejerce una influencia significativa en la disolución del oro. La disolución ácida es una práctica común en la minería de oro, pero el pH óptimo puede variar en función del sistema y los reactivos específicos empleados (Cruz, 2008). Es esencial controlar los valores del pH en la solución, y, en consecuencia, el proceso de optimización para la obtención de oro suele requerir mantener un pH de 9.4 o superior, aunque este valor puede variar según el mineral y el tipo de cianuro empleado (Cruz, 2008). En situaciones en las que el pH de la solución supera los 9.5, es necesario regularlo mediante la adición de alcalinidad a la solución. Este proceso tiene como objetivo mantener el pH en el rango adecuado para favorecer la disolución del oro, ya que niveles excesivamente altos pueden disminuir la eficiencia de la reacción química (Velez, 2020) y (Cruz, 2008).



Es importante destacar que el incremento del pH puede resultar en una disminución en la velocidad de disolución del oro debido a las reacciones químicas involucradas. Por lo tanto, el control del pH es un aspecto fundamental en el proceso de obtención de oro, independientemente de los métodos utilizados, ya sea mediante la adición de cianuro de sodio u otros (Cruz, 2008). Dado que cada mineral puede tener características químicas distintas, las mediciones de pH deben llevarse a cabo de acuerdo con parámetros estandarizados que se adapten a las propiedades particulares de cada tipo de mineral (Pérez & Torres, 2008). Esto implica la necesidad de ajustar el pH según las especificidades de cada mineral en el proceso de tratamiento (Reinoso, 2018)

- **Polvo de zinc**

Es un material finamente dividido que se utiliza ampliamente en diversas industrias debido a sus propiedades químicas y físicas únicas. En la minería y la metalurgia, el polvo de zinc se emplea principalmente en procesos de galvanización y en la producción de aleaciones. Este polvo actúa como un agente reductor en la metalurgia extractiva, facilitando la separación de metales deseados de sus minerales. Además, su capacidad para formar capas protectoras de óxido de zinc hace que sea invaluable en la prevención de la corrosión en estructuras metálicas. No obstante, el manejo del polvo de zinc debe realizarse con precaución, ya que su inhalación puede causar problemas respiratorios y su contacto con la piel puede provocar irritaciones.

- **Acetato de plomo**

Es un compuesto químico que se presenta en forma de cristales incoloros o blancos, solubles en agua y con un sabor dulce. Es conocido por su uso en la



minería para la separación y recuperación de metales preciosos. Sin embargo, este compuesto es altamente tóxico y su manejo requiere estrictas medidas de seguridad para evitar la exposición. La toxicidad del acetato de plomo puede causar graves problemas de salud, incluyendo daño renal, trastornos neurológicos y efectos adversos en el sistema reproductivo. Debido a estos riesgos, su uso está regulado y se busca minimizar su impacto mediante la implementación de técnicas de sustitución y manejo seguro de residuos.

- **Flux o fundente**

Es una sustancia que se emplea en procesos metalúrgicos para facilitar la fusión y la unión de metales. Su principal función es la de eliminar las impurezas que se encuentran en la superficie de los metales durante la soldadura, fundición o aleación, mejorando así la calidad de la unión metálica. Los fundentes pueden ser compuestos de naturaleza ácida, básica o neutra, dependiendo del tipo de metal y del proceso específico en el que se utilicen. Además de su uso en la soldadura, los fundentes son esenciales en la producción de vidrios y cerámicas. Aunque los fundentes mejoran significativamente la eficiencia y calidad de los procesos metalúrgicos, es importante manejar estos materiales con cuidado debido a los posibles efectos nocivos para la salud y el medio ambiente derivados de sus componentes químicos. Cantidad aplicado peso total 120 gramos: (litargirio 61%, carbonato de sodio 27%, sílice 10%, borax 2%).

a. Área superficial y tamaño del oro

El tamaño de partícula del oro puede afectar su tasa de disolución. Las partículas más pequeñas generalmente tienen una mayor superficie de contacto con los reactivos, lo que puede acelerar la disolución. La cantidad de oro liberada



en una solución depende en gran medida del proceso de disolución, y esto guarda relación con el tamaño de las partículas de oro involucradas (Pérez & Torres, 2008). En otras palabras, la velocidad de agitación puede influir en la disolución del oro, y esto se observa especialmente en partículas más pequeñas que tienen una mayor probabilidad de ser disueltas (Pérez & Torres, 2008). Sin embargo, es importante tener en cuenta que las reacciones químicas están directamente relacionadas con la reducción del tamaño de las partículas, lo que desencadena una serie de reacciones entre los elementos presentes.

Por lo tanto, en la búsqueda de optimizar el proceso de obtención de oro, se busca establecer una correlación entre el tamaño de las partículas y el porcentaje de recuperación de oro, así como el consumo de aditivos. Esto implica que, para una eficiencia óptima, se considera el tamaño de partícula como un factor crítico, y la relación entre el tamaño de partícula y la liberación de oro se convierte en un aspecto clave en el proceso de disolución (Marsden & House, 2019).

d. Efecto de la agitación

El efecto de la agitación en la extracción de oro se refiere a la influencia de la agitación o mezclado de una solución en la cual se disuelve el oro, como parte de los procesos de recuperación de este metal precioso en la minería y la metalurgia (Romero Bonilla et al., 2020). La agitación desempeña un papel fundamental en este proceso y tiene varios efectos clave: (Churqui & Condori, 2019) y corroborado por (Romero Bonilla et al., 2020)

- i. Aumento de la velocidad de disolución: La agitación asegura una distribución homogénea de los reactivos, como el cianuro, que son necesarios para disolver



- el oro. Esto facilita que los reactivos entren en contacto con las partículas de oro y acelera la velocidad de disolución.
- ii. Mejora la liberación de oro: Al agitar la solución, se incrementa la probabilidad de que las partículas de oro se separen de los minerales que las contienen. Esto se conoce como liberación del oro, y es esencial para que las partículas de oro queden disponibles para la disolución.
 - iii. Evita la sedimentación: La agitación evita que las partículas sólidas, incluidas las partículas de oro liberadas, se asienten en el fondo del tanque o del equipo de extracción. Esto garantiza que las partículas permanezcan suspendidas en la solución y puedan ser procesadas de manera efectiva.
 - iv. Homogeneización de la solución: La agitación mantiene una mezcla constante y uniforme de reactivos y minerales en la solución, lo que es esencial para garantizar que la disolución del oro se realice de manera eficiente y que no haya zonas de concentración o depleción de reactivos.
 - v. Maximiza la transferencia de masa: La agitación mejora la transferencia de masa, lo que significa que los reactivos y el oro pueden moverse más efectivamente entre las partículas sólidas y la solución, lo que resulta en una mayor eficiencia en la disolución.

2.2.5. Soluciones cianuradas

Las soluciones cianuradas son soluciones que contienen cianuro de sodio o potasio disueltas en agua (Pérez et al., 2008). Estas soluciones se utilizan en la minería y la metalurgia para la extracción de metales preciosos, especialmente el oro y la plata, en lo que se conoce como el proceso de cianuración. (Saravia, 2018)



La cianuración es un proceso químico ampliamente utilizado en la industria minera para disolver y recuperar metales preciosos a partir de minerales de baja ley (Pérez et al., 2008).. El cianuro de sodio o potasio se utiliza porque es eficaz para disolver el oro y la plata en forma de iones solubles en agua. El proceso de cianuración implica la pulverización del mineral triturado y la lixiviación de la solución cianurada a través del mineral, lo que permite que el oro y la plata se disuelvan en la solución. (Alvarez, 2021)

La extracción de los metales preciosos disueltos en la solución cianurada se lleva a cabo posteriormente a través de procesos de recuperación, como la precipitación con zinc, la electrólisis o la adsorción en carbón activado (Pérez et al., 2008).. La solución cianurada, que ahora contiene los metales disueltos, se somete a procesos de separación y purificación para obtener los metales preciosos deseados (Pérez et al., 2008).. Es importante destacar que el manejo del cianuro y las soluciones cianuradas debe llevarse a cabo con precaución y siguiendo estrictas normas de seguridad ambiental debido a la toxicidad del cianuro. La gestión responsable del cianuro es esencial para evitar la contaminación ambiental y proteger la salud de las personas.

2.2.6. Separación sólido-liquido

La separación del oro sólido de una solución líquida puede ser seguida por diferentes métodos de análisis, que incluyen análisis en seco, análisis volumétrico y análisis en húmedo. Aquí se describen brevemente estos tres enfoques:

2.2.7. Análisis vía seca

El análisis vía seca implica la determinación de la cantidad de oro sólido en una muestra sin el uso de soluciones líquidas. Este enfoque es comúnmente



utilizado en la minería y la metalurgia para determinar el contenido de oro en minerales, concentrados u otros materiales sólidos. Algunas técnicas de análisis en seco incluyen: (Santos, 2021)

Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X (XRF): Esta técnica utiliza la excitación de rayos X para determinar la composición elemental de una muestra sólida, incluido el oro.

Microscopía Electrónica de Barrido (SEM): El SEM puede utilizarse para examinar la morfología y composición de las partículas de oro sólido en una muestra.

2.2.8. Análisis vía volumétrica

El análisis volumétrico implica la medición de volúmenes de soluciones químicas para determinar la cantidad de sustancia presente. En el contexto de la extracción de oro, se pueden utilizar técnicas volumétricas para determinar la concentración de cianuro o soluciones ácidas en una muestra. Por ejemplo, la valoración con soluciones tituladas puede utilizarse para medir la concentración de cianuro remanente en la solución después de la extracción de oro. (Santos, 2021)

2.2.9. Análisis vía húmeda

El análisis vía húmeda implica la disolución de una muestra sólida en una solución líquida para luego realizar mediciones químicas. En el contexto de la extracción de oro, se pueden llevar a cabo análisis vía húmeda para determinar la concentración de oro disuelto en soluciones. Ejemplos de análisis vía húmeda incluyen: (Santos, 2021)



Espectrofotometría UV-Vis (Ultravioleta-visible): Se utiliza para medir la concentración de oro disuelto en soluciones mediante la absorción de luz por complejos de oro.

Cromatografía de Intercambio Iónico: Puede utilizarse para separar y cuantificar iones de oro en soluciones.

2.2.10. Método por precipitación

El método de precipitación es un enfoque en el análisis en húmedo que involucra la formación de un sólido a partir de una solución líquida, generalmente a través de una reacción química. En el contexto de la extracción de oro, esto puede implicar la precipitación del oro de una solución para su posterior análisis o recuperación.

- Método de precipitación sin HCL

Este método de precipitación se realiza sin el uso de ácido clorhídrico (HCl). En algunas aplicaciones, el HCl se utiliza comúnmente para acidificar una solución antes de la precipitación de oro. Sin embargo, en ciertos casos, se prefiere un enfoque sin HCl por razones específicas, como evitar la generación de gases tóxicos.

2.2.11. Método directo

El método directo implica la formación de un sólido a partir de una solución líquida sin necesidad de realizar pasos intermedios complicados. En el contexto de la extracción y análisis de oro, este método se utiliza para precipitar el oro directamente de la solución en forma de sólidos para su posterior análisis o recuperación.



- **Over Flow**

Se refiere a un proceso de separación que a menudo se utiliza en la industria minera para separar minerales de diferentes densidades. En el contexto del análisis en húmedo de oro, esta expresión podría referirse a un proceso específico de separación o precipitación en el que los componentes más densos se separan de los menos densos.

- **Solución barren**

Es una solución que ha sido agotada o agotada de sus componentes valiosos, como el oro. Esta solución generalmente contiene principalmente agua y reactivos residuales después de que se ha extraído el oro. El análisis de una solución barre puede ser importante para evaluar la eficiencia del proceso de extracción de oro.

2.2.12. Método por absorción atómica

El espectrofotómetro de absorción atómica es un dispositivo que se utiliza para generar y medir la absorción de manera cuantitativa con fines analíticos. Este método es capaz de determinar la presencia de cualquier elemento si su línea de resonancia se encuentra en el rango de espectro visible a ultravioleta. Además, es extremadamente sensible, pudiendo detectar concentraciones en partes por millón (ppm) o incluso partes por billón (ppb). La ventaja clave de este enfoque es que no es necesario separar el elemento de interés de los otros componentes de la muestra, lo que ahorra tiempo y elimina interferencias con los principales componentes. (Santos, 2021)



El principio de funcionamiento de un espectrofotómetro de absorción atómica se basa en la capacidad de los átomos para absorber luz en longitudes de onda específicas, cuando se exponen a una fuente externa de energía, como una lámpara de cátodo hueco. Este proceso de absorción atómica se lleva a cabo en un rango de longitudes de onda que generalmente va desde 190 a 800 nanómetros (nm). La medición de absorción atómica implica la determinación de la cantidad de luz que es absorbida por los átomos de un metal atomizado en una llama.

En términos prácticos, la absorción atómica sigue la Ley de Beer, lo que significa que la cantidad de absorción está directamente relacionada con la concentración del elemento en la muestra. Por lo tanto, al medir la cantidad de luz absorbida, es posible determinar cuantitativamente la concentración del elemento de interés en la muestra. (Santos, 2021)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

Figura 2.

Ubicación geográfica



Nota: Extraído de Google maps

- Compañía minera CORIRE S.A.C.
- Distrito: Caraveli
- Provincia: Caraveli
- Departamento: Arequipa
- Altitud: 2000 m.s.n.m.
- Latitud: -15.797747



- Longitud: -73.339754

Corire es una planta de minerales cuyas instalaciones de procesamiento tienen como enfoque principal la producción de concentrados de oro y cobre. La planta se encuentra situada en Caraveli, Arequipa, a una altitud de 2,000 metros sobre el nivel del mar. Esta empresa peruana tiene inversores locales y empleados que trabajan bajo un enfoque de gestión sostenible y tecnologías respetuosas con el medio ambiente. Su compromiso diario es contribuir a mejorar la calidad de vida en Caraveli.

En su afán de crecimiento y desarrollo, ha efectuado significativas inversiones en la modernización de sus instalaciones de producción. Su visión a corto plazo es convertirse en un actor destacado y un ejemplo de responsabilidad empresarial en la industria minera de la Región de Arequipa.

3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

El periodo de duración de la investigación fue a partir del mes de mayo del 2023, tiempo que ha permitido realizar la adquisición de información primaria, hasta la culminación de los procesos estimados en el trabajo de realización de la evaluación comparativa para el análisis de oro en soluciones cianuradas, aplicando el método directo y método de precipitación sin el HCL

3.3. MATERIALES

A. Precipitación

- Papel filtro lento
- Papel filtro rápido
- PH metro digital HANNA
- Acetato de plomo



- Polvo de zinc
- Cianuro de sodio
- Vaso polietileno de 500ml
- Vaso precipitado pírex de 500ml
- Vaso precipitado pírex de 250ml
- Probeta de 25 ml graduada
- Embudo de polietileno
- Bageta de 6mm x 25 cm
- Cocina eléctrica
- Pinza punta curvada

B. Ensayo al fuego

- Horno de fundición
- Horno de copelación
- Balanza de precisión de 0.01 gr
- Micro balanza 0.0001
- Crisoles de porcelana
- Piceta de 1000 ml
- Flux de 120 gr
- Crisoles refractarios
- Copela N.º 8c
- Nitrato de plata al 10%
- Ácido nítrico al 15% y 65 % Q.P.
- Agua destilada
- Cargador de régulos
- Cargador múltiple de crisoles



- Lingoteras de 6 cavidades
- Martillo de bola peen 2 lb
- Pinza para regulo
- Tablero porta régulos
- Tenaza de crisol
- Yunque
- Cargador múltiple de copelas
- Bórax
- Harina

C. Procedimiento experimental

Se realizó en la C. M. CORIRE S.A.C. en área de Laboratorio Químico, ubicado en la provincia de Caraveli, Distrito de Caraveli, región de Arequipa y también en laboratorios de la escuela profesional de ingeniería metalúrgica UNA-PUNO.

3.4. PROCEDENCIA DEL MATERIAL ESTUDIADO

El material extraído (relave) es de procedencia del Distrito de Caraveli, Provincia de Caraveli, Región Arequipa, que cuenta con una Altitud de 2000 m.s.n.m.

3.5. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.5.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación será aplicada ya que se enfocó en la resolución de problemas prácticos y la aplicación de los resultados de la investigación para abordar situaciones o desafíos del mundo real. En contraste con la investigación pura o básica, que busca principalmente ampliar el conocimiento y comprender



fenómenos sin una aplicación inmediata, la investigación aplicada tiene un propósito más específico y práctico. **Fuente especificada no válida.**

3.6. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es experimental, metodológicamente se utiliza para investigar las relaciones de causa y efecto entre variables. Este diseño es ampliamente empleado en diversas disciplinas, incluyendo la psicología, la biología, la medicina, la física, la ingeniería y las ciencias sociales. **Fuente especificada no válida.**

3.6.1. Enfoque de investigación

La orientación metodológica adoptada es de naturaleza cuantitativa, encaminada a recolectar datos que posteriormente fueron sometidos a un análisis numérico. Estos datos se interpretaron utilizando el software SPSS V.026 con fines estadísticos. En el enfoque cuantitativo, es el planteamiento de investigación que se enfocó en la recopilación, análisis de datos y estadísticos para entender y explicar fenómenos o responder preguntas de investigación. En este enfoque, se realizó medidas en variables de manera objetiva y cuantificar relaciones entre ellas. (Cienfuegos, Garcia, & Gonzales, 2022)

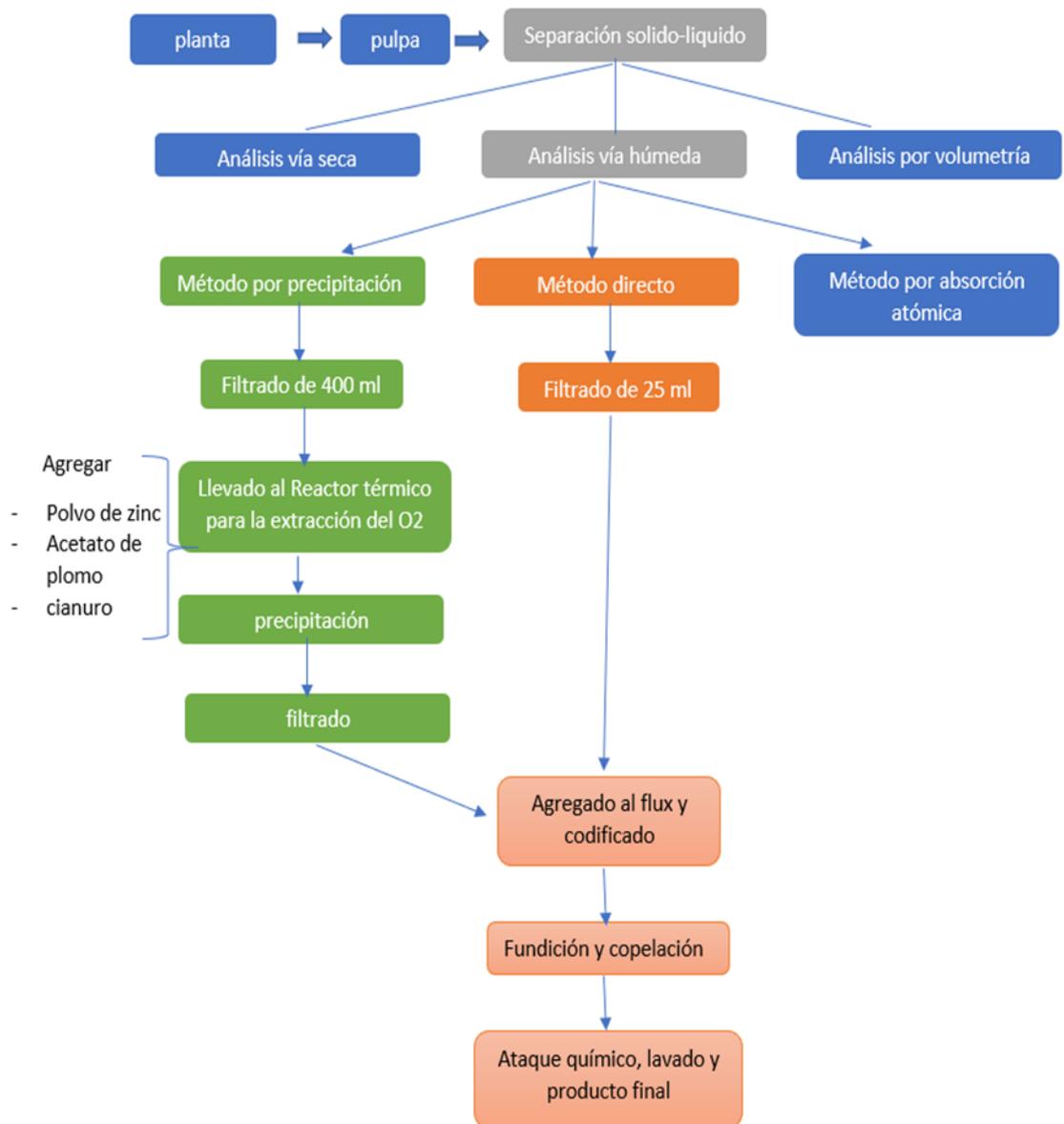
3.6.2. Desarrollo del procedimiento de investigación

Para el análisis de pulpas con planteamiento cuantitativo y fue aplicado a soluciones cianuradas mediante el ensayo al fuego, donde se realizó una fusión a temperatura de 1075°C usando reactivos y fundentes adecuados para obtener dos fases líquidas: una escoria constituida principalmente por silicatos complejos y una fase metálica constituida por plomo, el cual colecta los metales, que posteriormente fueron sometidos a copelación a temperatura de 950°C,

posteriormente el botón obtenido fue laminado para hacer separación de oro – plata usando ácido nítrico al 15%, una vez obtenido el oro fino se hizo pesado en una micro balanza para su interpretación de resultado.

Figura 3.

Diagrama de flujo del procedimiento





- Trabajo De Campo

Durante los trabajos de campo realizamos el reconocimiento del proceso de lixiviación con cianuro de sodio en tanques de agitación, realizados a 300 Tn/día cuyas pulpas son analizadas en laboratorio de análisis de minerales para su posterior reporte de leyes. Aplicado mediante la vía seca y vía húmeda, este último utilizado para el presente estudio.

3.7. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MÉTODOS, TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.7.1. Descripción de procesamiento de los datos

Procedimiento de la evaluación comparativa para el análisis de oro en soluciones cianuradas

- Método 1:

A. Método: método directo en el Over Flow

Técnica: En este método directo en el Over Flow, se utilizó el método por ensayo al fuego como técnica principal. El ensayo al fuego permite una medición precisa de la concentración de oro al aprovechar la capacidad del oro para altas leyes.

Procedimiento: Las muestras de Over Flow se recolectó siguiendo un protocolo de muestreo establecido para garantizar la representatividad. Posteriormente, para eliminar impurezas gruesas, se filtraron las muestras 25 ml y se almacenan en recipientes limpios para evitar contaminaciones. Se preparó



fundentes con encuarte y harina. Luego, las muestras filtradas se introdujeron en el flux de 120 gr, posteriormente homogenizado, colocado en crisoles, después llevado a fundir a una temperatura de 1075°C, se separó el regulo de la escoria y llevado copelar en temperatura de 950°C, la digestación se realizó con ácido nítrico al 15% a temperatura de 120°C, luego se hizo el lavado con agua destilada, calcinado y finalmente pesado del oro fino. Los datos obtenidos se colocaron en el programa Excel para asegurar la precisión y la interpretación de los resultados.

B. Método: Método directo en Solución Barren

Técnica: Al igual que en el método en Over Flow, la técnica principal utilizada es el método por ensayo al fuego.

Procedimiento: Para el método directo en Solución Barren, se siguieron el mismo procedimiento descrito para el Over Flow. Las muestras de Solución Barren se recolectaron, se filtraron y se preparó el fundente. Las muestras filtradas se analizaron en el ensayo al fuego para determinar la concentración de oro presente. Los datos obtenidos se colocaron en el programa Excel para asegurar la precisión y la interpretación de los resultados.

- Método 2:

A. Método: Método por Precipitación sin HCl en el Over Flow

Técnica: En este método por precipitación sin HCl en el Over Flow, se utiliza la técnica de gravimetría para la determinación de oro. La gravimetría se basa en la precipitación del oro como sólidos insolubles, por lo tanto, para su separación se aplica por método de ensayo al fuego.



Procedimiento: Primero, se filtró 400 ml de solución cianurada de over flow, llevados a una temperatura de calentamiento, posteriormente se agregó polvo de zinc 2 gr , luego se añadió acetato de plomo al 15%, agitado con la bageta y finalmente agregamos cianuro de sodio al 20% 5 ml, se dejó precipitar y los sólidos precipitados se separaron por filtración, posteriormente homogenizado, colocado en crisoles, después llevado a fundir a una temperatura de 1075°C, se separó el regulo de la escoria y llevado copelar en temperatura de 950°C, la digestación se realizó con ácido nítrico al 15% a temperatura de 120°C, luego se hizo el lavado con agua destilada, calcinado y finalmente pesado del oro fino. Los datos obtenidos se colocaron en el programa Excel para asegurar la precisión y la interpretación de los resultados.

B. Método: Método por Precipitación sin HCl en Solución Barren

Técnica: La técnica utilizada en este método también es la gravimetría, similar al método aplicado en Over Flow.

Procedimiento: El procedimiento para el método por precipitación sin HCl en Solución Barren es análogo al descrito para el Over Flow. Se preparan las muestras de Solución Barren, se induce la precipitación del oro mediante un agente precipitante adecuado, se filtran los sólidos precipitados y se realiza el análisis mediante el método por ensayo al fuego, finalmente pesado del oro fino. Los datos obtenidos se colocaron en el programa Excel para asegurar la precisión y la interpretación de los resultados.



3.7.2. Tratamiento estadístico

Se aplicó el tratamiento estadístico experimental que engloba técnica y análisis utilizado para interpretar datos. Esto implicó aplicar métodos estadísticos para analizar la variabilidad de los datos, evaluar diferencias entre grupos experimentales y de control, para determinar la significancia estadística de los resultados. Incluyo la planificación del diseño experimental, selección de métodos de muestreo, ANOVA, SPSS Statistics, pruebas de hipótesis, intervalos de confianza, análisis de regresión, a su vez se utilizó el programa Microsoft Excel.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MÉTODO DIRECTO EN EL OVER FLOW Y SOLUCIÓN BARREN EN LA C.M. CORIRE S.A.C.

4.1.1. Procedimiento para la Evaluación Comparativa del Análisis de Oro en Soluciones Cianuradas

- **Materiales y Equipos Necesarios:**
 - Reactivos para cada método.
 - Equipos de laboratorio estándar, como balanzas analíticas, PH metro digital, horno de fundición, vaso de precipitación, etc.
 - Instrumentación específica para cada método, equipos de precipitación, etc.
- **Método Directo:**
 - Preparación de la muestra: Tome una muestra, filtre 25 ml de la solución cianurada y ajuste al pH adecuado.
 - Después de haber filtrado coloque directamente al flux.
 - Homogenice y lo coloque en el crisol para fundir

Figura 4

Muestras de pulpa del tanque de agitación



Figura 5

Medición de pH a la solución cianurada de planta

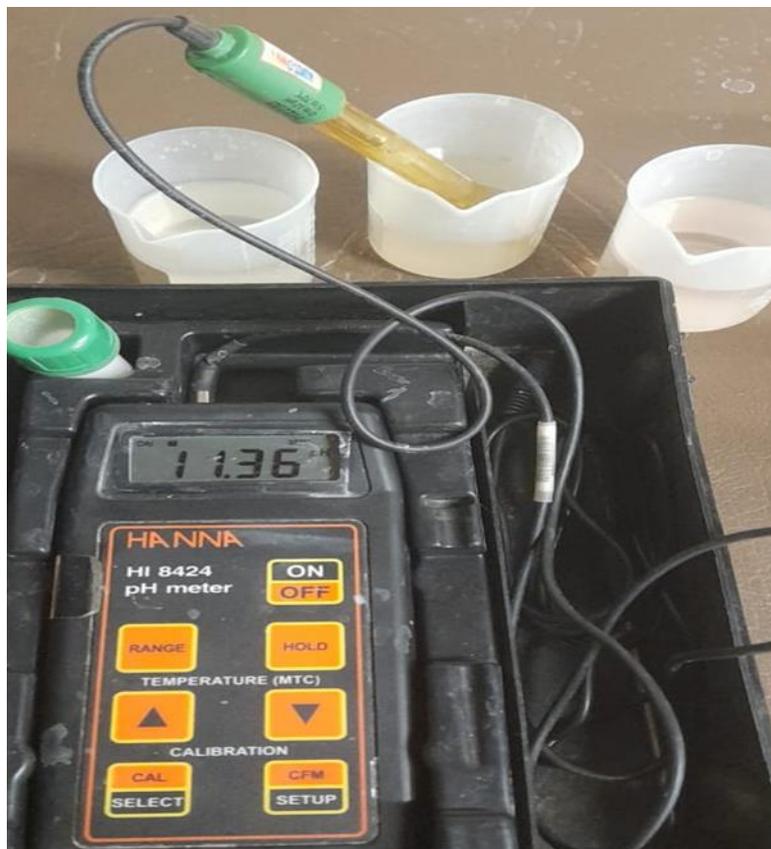


Figura 6

Filtrado de solución cianurada de planta y Medición de solución 25 ml



Figura 7

Homogenizado de la solución cianurada con el flux



- **Cálculo de la Concentración de Oro en la Muestra:**



$$\text{ley de Au} = \frac{A1}{Wt} * 1000$$

donde:

ley de Au: peso gr/Tn

A1: peso del oro fino (mg)

Wt: peso de la muestra(gr)

Tabla 1.

Cálculo de la concentración del oro

| MÉTODO DIRECTO | | | | | | |
|----------------|-------------|---------------------------|-------|--------------------------|--------------|----------------------------|
| FECHA | CÓDIGO | Fuerza de CN ⁻ | PH | cantidad de muestra (ml) | peso Au (mg) | LEY Au (g/m ³) |
| 13/10/2023 | Over | 0.070 | 11.22 | 25 | 0.0181 | 0.724 |
| | Sol. Barren | 0.035 | 9.27 | 25 | 0.0020 | 0.080 |
| 15/10/2023 | Over | 0.075 | 11.83 | 25 | 0.0175 | 0.700 |
| | Sol. Barren | 0.030 | 10.62 | 25 | 0.0025 | 0.100 |
| 19/10/2023 | Over | 0.080 | 11.87 | 25 | 0.0187 | 0.748 |
| | Sol. Barren | 0.025 | 10.42 | 25 | 0.0022 | 0.088 |
| 23/10/2023 | Over | 0.090 | 11.91 | 25 | 0.0183 | 0.732 |
| | Sol. Barren | 0.035 | 10.39 | 25 | 0.0021 | 0.084 |

Las fechas registradas indican el momento en que se tomaron las muestras de soluciones cianuradas para análisis. Las muestras están clasificadas en dos tipos: OVER, y SOL. Barren, Cada muestra analizada tiene un volumen estándar de 25 ml, lo cual asegura que las mediciones sean consistentes y comparables entre las diferentes muestras y fechas de análisis

La fuerza de cianuro (CN⁻) indica la concentración de cianuro en las soluciones cianuradas analizadas. En las muestras de OVER, los valores registrados son 0.070 ppm el 13/10/2023, 0.075 ppm el 15/10/2023, 0.080 ppm el 19/10/2023, y 0.090 ppm el 23/10/2023. En las muestras SOL. Barren, los valores



son 0.035 ppm, 0.030 ppm, 0.025 ppm, y 0.035 ppm respectivamente para las mismas fechas. La fuerza de CN⁻ es crucial para la eficiencia de la disolución del oro en la solución cianurada durante el proceso de lixiviación. El pH de las soluciones cianuradas se registra durante cada análisis. En las muestras de OVER, los valores son 11.22, 11.83, 11.87, y 11.91 respectivamente para las fechas mencionadas. En las muestras SOL. Barren, los valores son 9.27, 10.62, 10.42, y 10.39. El pH influye en la disolución del oro y la estabilidad de la solución durante la extracción, siendo óptimo en un rango específico para maximizar la eficiencia del proceso.

El peso de oro recuperado en mg es el resultado del análisis de cada muestra. En las muestras de OVER, se registran valores de 0.0181 mg, 0.0175 mg, 0.0187 mg, y 0.0183 mg respectivamente para las fechas indicadas. En las muestras SOL. Barren, los valores son 0.0020 mg, 0.0025 mg, 0.0022 mg, y 0.0021 mg. Estos valores representan la cantidad física de oro extraído y son fundamentales para calcular la concentración de oro en g/m³.

La ley de oro en g/m³ indica la concentración de oro en las soluciones cianuradas analizadas. Para las muestras de OVER, los valores son 0.724 g/m³, 0.700 g/m³, 0.748 g/m³, y 0.732 g/m³ respectivamente. Para las muestras SOL. Barren, los valores son 0.080 g/m³, 0.100 g/m³, 0.088 g/m³, y 0.084 g/m³. Estos datos son esenciales para evaluar la eficiencia del proceso de extracción de oro y para la toma de decisiones operativas en la mina respecto a la recuperación y optimización de recursos.

4.2. MÉTODO POR PRECIPITACIÓN SIN EL HCl EN EL OVER FLOW Y SOLUCIÓN BARREN EN LA C.M. CORIRE S.A.C.

4.2.1. Insumos y reactivos

Figura 8

Insumos químicos utilizados para el método de precipitación (flux, polvo de zinc, acetato de plomo y cianuro de sodio)



Preparación de la muestra: Tome una muestra de la solución cianurada 400 ml y ajuste al pH adecuado para el método de precipitación sin HCl.

Figura 9

Filtrado de solución cianurada de planta

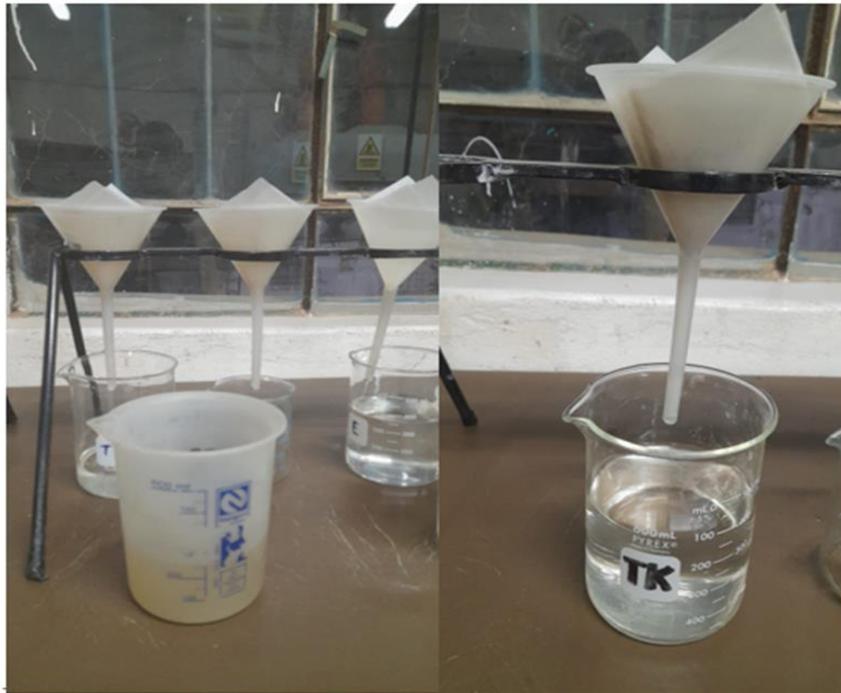
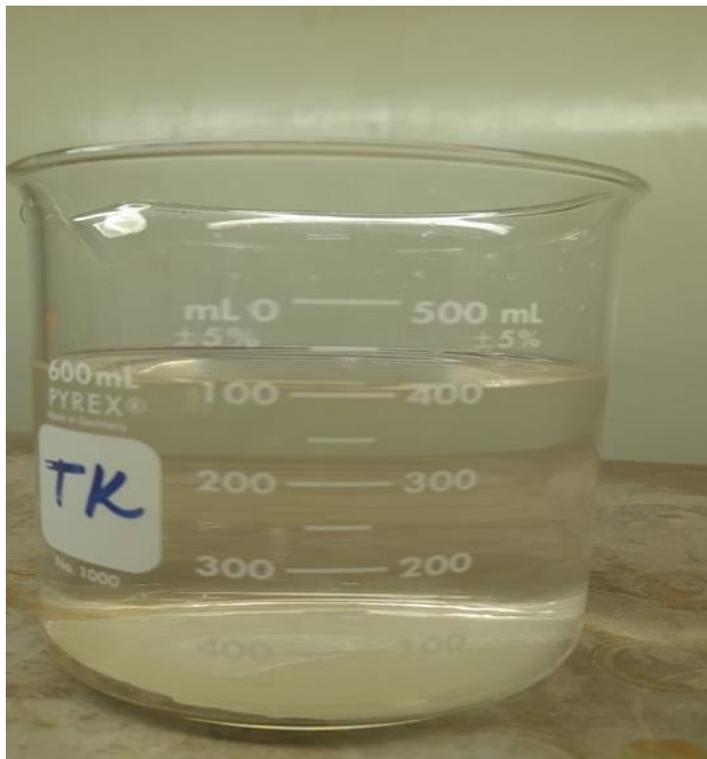


Figura 10

Medición de 400 ml para el metodo de precipitación



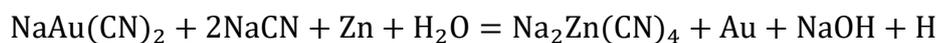
Preparación de la muestra: se adecuó el pH de la solución al valor adecuado para el método de precipitación sin HCl. según la evaluación se tiene un pH adecuado es de mayor a 9 y llevado al reactor térmico hasta el punto de calentamiento.

Figura 11

Calentamiento sin hervir



Adición de reactivos: Utilizaremos un reactivo apropiado para precipitar el oro. En este caso, utilizaremos polvo de zinc (Zn). La reacción química es la siguiente:



En la reacción, hay un desplazamiento simple por la diferencia del potencial estándar en Zn desplaza al oro.

Formación del precipitado: Después de añadir el polvo de zinc a la solución cianurada, agregamos acetato de plomo al 15%, permitimos que el oro se precipite. hasta obtener el precipitado de oro.

Figura 12

Formación de la esponja



Filtración y lavado: Una vez que se ha formado el precipitado, lo filtramos para separarlo los componentes de la solución. Después, colocamos en el flux para homogenizar y colocar en el crisol para llevar a fundir.

Figura 13

Filtrado del precipitado



Figura 14

Preparación y homogenización para fundición



Figura 15

Fundición a 1075°C y colada

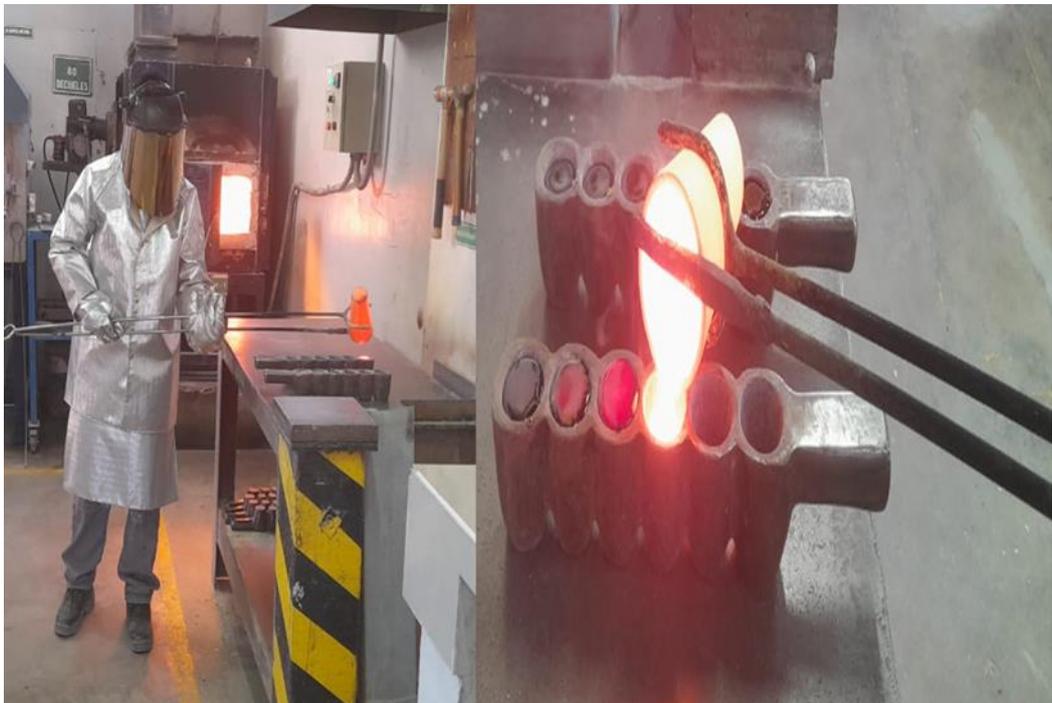


Figura 16

Enfriamiento y cubicación del regulo



Figura 17

Proceso de copelación a 950 °C



Figura 18

Liberación del oro con HNO3 al 15%

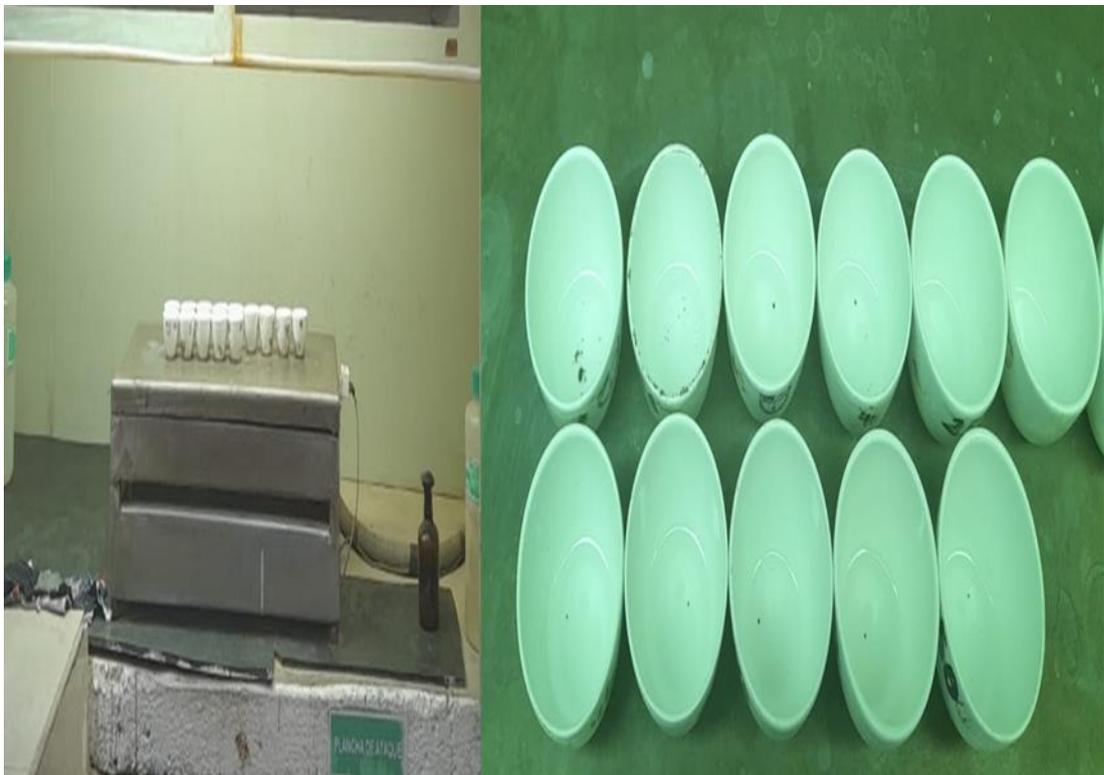


Figura 19

Lavado, secado y calcinado



Figura 20

Pesado de oro



Tabla 2*Solución cianurada*

| MÉTODO PRECIPITACIÓN | | | | | | |
|----------------------|-------------|---------------------------|-------|--------------------------|--------------|----------------------------|
| FECHA | CÓDIGO | Fuerza de CN ⁻ | PH | cantidad de muestra (ml) | peso Au (mg) | LEY Au (g/m ³) |
| 13/10/2023 | Over | 0.070 | 11.22 | 400 | 0.2832 | 0.708 |
| | Sol. Barren | 0.035 | 9.27 | 400 | 0.0312 | 0.078 |
| 15/10/2023 | Over | 0.075 | 11.83 | 400 | 0.2775 | 0.694 |
| | Sol. Barren | 0.030 | 10.62 | 400 | 0.039 | 0.098 |
| 19/10/2023 | Over | 0.080 | 11.87 | 400 | 0.2901 | 0.725 |
| | Sol. Barren | 0.025 | 10.42 | 400 | 0.0344 | 0.086 |
| 23/10/2023 | Over | 0.090 | 11.91 | 400 | 0.2855 | 0.714 |
| | Sol. Barren | 0.035 | 10.39 | 400 | 0.0328 | 0.082 |

En cada fecha analizada utilizando el Método de Precipitación, se recuperaron diferentes cantidades de oro en miligramos (mg) de las muestras. El 13/10/2023, se obtuvo un peso de 0.2832 mg de oro en la muestra OVER y 0.0312 mg en la muestra SOL. Barren. El 15/10/2023, los valores fueron de 0.2775 mg y 0.039 mg respectivamente. Para el 19/10/2023, se recuperaron 0.2901 mg y 0.0344 mg, y finalmente el 23/10/2023 se obtuvieron 0.2855 mg y 0.0328 mg. Estos resultados indican la cantidad específica de oro extraído y recuperado mediante el método de precipitación en cada tipo de muestra, reflejando la eficiencia del proceso en la extracción del metal precioso.

La ley de oro en gramos por metro cúbico (g/m³) muestra la concentración de oro en las soluciones cianuradas analizadas después de aplicar el método de precipitación. Para el 13/10/2023, la ley de oro fue de 0.708 g/m³ en la muestra OVER y 0.078 g/m³ en la muestra SOL. Barren. El 15/10/2023, se registraron valores de 0.694 g/m³ y 0.098 g/m³ respectivamente. En el caso del 19/10/2023, se obtuvieron 0.725 g/m³ y 0.086 g/m³, y para el 23/10/2023, los valores fueron

de 0.714 g/m^3 y 0.082 g/m^3 . Estos datos son cruciales para evaluar la calidad del mineral procesado y para tomar decisiones operativas y estratégicas en la planta, asegurando la optimización de la recuperación de oro y la eficiencia del proceso minero.

4.3. EVALUACIÓN COMPARATIVA PARA EL ANÁLISIS DE ORO EN SOLUCIONES CIANURADAS, APLICANDO EL MÉTODO DIRECTO Y MÉTODO DE PRECIPITACIÓN SIN EL HCl, EN LA C.M. CORIRE

En la evaluación comparativa de los tres métodos de análisis de en soluciones cianuradas en la C.M. CORIRE, se estudiaron el Método Directo, el Método de Precipitación sin HCl y el Método de Absorción Atómica. Este enfoque es crucial debido a la importancia de evitar el uso de ácido clorhídrico (HCl) en las operaciones mineras, ya que puede ser corrosivo y ambientalmente riesgoso. Al evaluar estos métodos alternativos, se busca no solo determinar su precisión y fiabilidad en la medición de concentraciones de oro, sino también encontrar opciones seguras y eficaces que puedan integrarse fácilmente en las prácticas operativas de la mina. Esto permitirá optimizar los procesos analíticos, cumplir con normativas ambientales y mejorar la sostenibilidad en la extracción de oro en soluciones cianuradas.

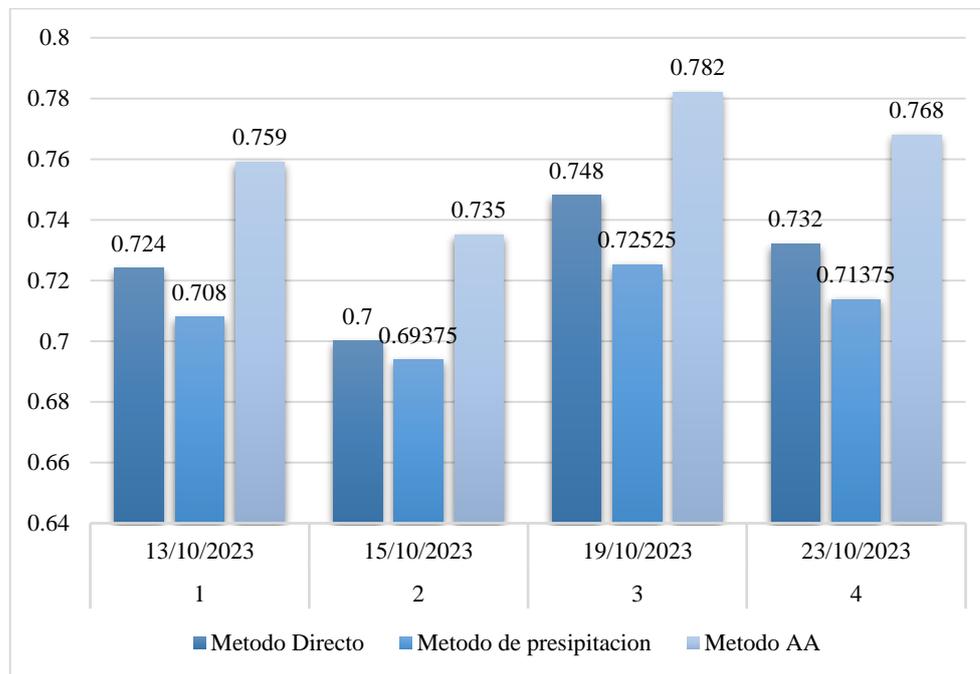
Tabla 3

Lecturas de oro por tres métodos utilizando Over Flow en la C.M. CORIRE S.A.C.

| Día | Fecha | Método Directo | Método de precipitación | Método AA |
|------------|--------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|
| 1 | 13/10/2023 | 0.724 | 0.708 | 0.759 |
| 2 | 15/10/2023 | 0.7 | 0.69375 | 0.735 |
| 3 | 19/10/2023 | 0.748 | 0.72525 | 0.782 |
| 4 | 23/10/2023 | 0.732 | 0.71375 | 0.768 |

Figura 21

Lecturas de oro por tres métodos utilizando Over Flow en la C.M. CORIRE S.A.C.



El primer día 13/10/2023 de análisis arrojó una lectura de oro de 0.724 g/m^3 con el Método Directo, indicando una concentración moderada de oro en la solución cianurada. El Método de Precipitación registró una lectura ligeramente menor de 0.708 g/m^3 , mostrando una diferencia marginal respecto al Método Directo. Por otro lado, el Método AA (Absorción Atómica) mostró una mayor sensibilidad al detectar una concentración de oro de 0.759 g/m^3 , la más alta entre los tres métodos utilizados en este día.

En el segundo día 15/10/2023, el Método Directo reportó una lectura de 0.700 g/m^3 , manteniendo una consistencia con respecto al primer día. El Método de Precipitación obtuvo una lectura de 0.69375 g/m^3 , mostrando una tendencia similar a la del Método Directo pero ligeramente inferior. El Método AA nuevamente destacó por su mayor sensibilidad, con una lectura de 0.735 g/m^3 , confirmando su capacidad para detectar concentraciones más altas de oro en comparación con los otros dos métodos.



El tercer día 19/10/2023 mostró una lectura de 0.748 g/m^3 con el Método Directo, reflejando una ligera variación dentro de un rango consistente. El Método de Precipitación registró 0.72525 g/m^3 , manteniendo una proximidad cercana al Método Directo. El Método AA presentó la lectura más alta de 0.782 g/m^3 , reafirmando su superior sensibilidad para detectar concentraciones elevadas de oro en la solución cianurada.

En el cuarto día 23/10/2023, el Método Directo reportó una lectura de 0.732 g/m^3 , consistente con las mediciones anteriores, lo que indica una estabilidad en la concentración de oro detectada por este método. El Método de Precipitación mostró una lectura de 0.71375 g/m^3 , siguiendo la tendencia de estar ligeramente por debajo del Método Directo. El Método AA, por su parte, registró una concentración de 0.768 g/m^3 , nuevamente indicando su capacidad superior para detectar mayores concentraciones de oro en las soluciones cianuradas.

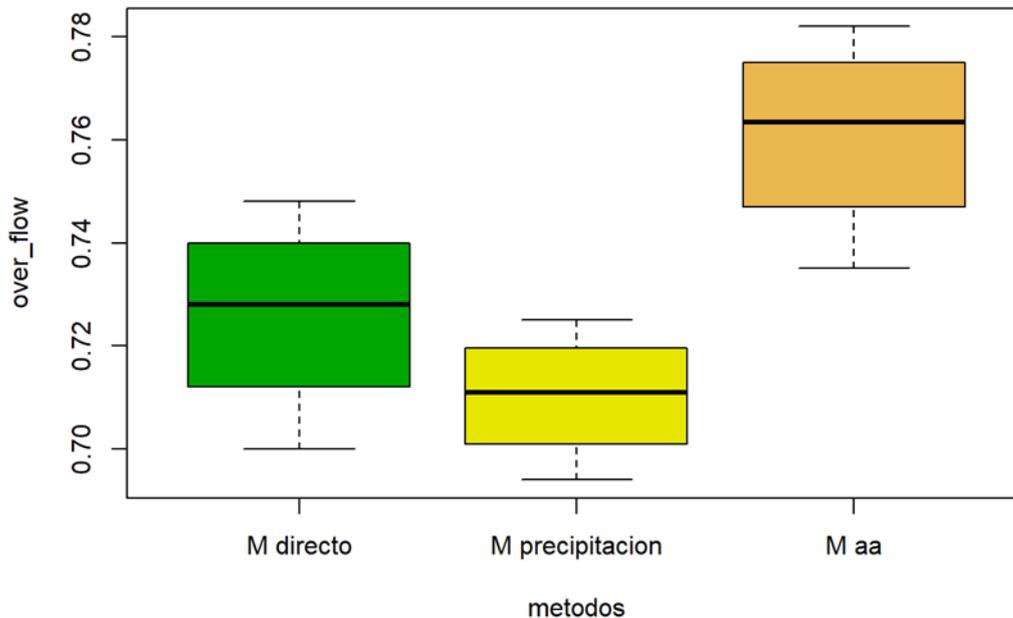
Tabla 4

Análisis de varianza de las lecturas de oro por tres métodos utilizando Over Flow en la C.M. CORIRE S.A.C.

| F.V. | Df | SC | CM | f | p |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Tratamiento | 2 | 0.00539 | 0.002699 | 8.46 | 0.0085 |
| Error | 9 | 0.00287 | 0.000318 | | |

Figura 22

Análisis de varianza de las lecturas de oro por tres métodos utilizando Over Flow en la C.M. CORIRE S.A.C.



El análisis de varianza (ANOVA) de las lecturas de oro por los tres métodos (Método Directo, Método de Precipitación y Método AA) en el Over Flow de la C.M. Corire S.A.C. muestra que las diferencias entre los métodos son estadísticamente significativas ($F = 8.46$, $p = 0.0085$). Con un p-valor menor que 0.05, podemos concluir que al menos uno de los métodos difiere significativamente en la concentración de oro detectada, lo que indica que la elección del método de análisis tiene un impacto notable en los resultados obtenidos, por lo tanto las diferencias observadas en las mediciones no son aleatorias y pueden atribuirse a las características inherentes de cada método.

- **Prueba de normalidad**

Hipótesis

- Ho: "las alturas tienden a una distribución normal"
- Ha: " las alturas no tienden a una distribución normal “.

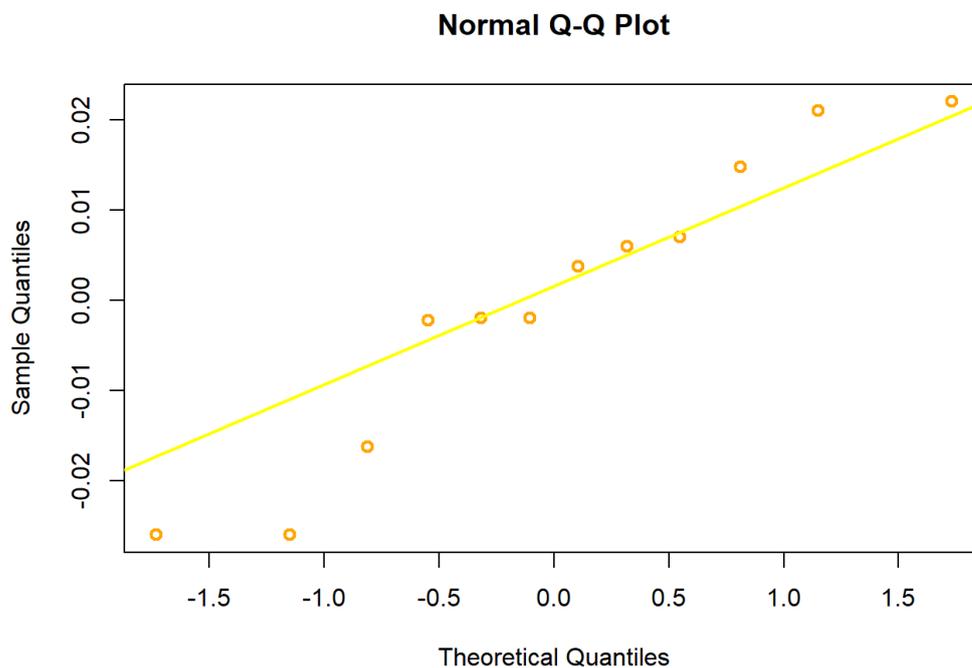
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Estadístico de contraste: Shapiro Wilks

$W = 0.92612$, $p\text{-value} = 0.3408$

Figura 23

Prueba de normalidad



En la evaluación comparativa para el análisis de oro en soluciones cianuradas en la C.M. Corire, la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk con un estadístico de contraste $W = 0.92612$ y un p -valor de 0.3408 indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula (H_0) de que las lecturas de oro con los métodos directo y de precipitación sin HCl tienden a seguir una distribución normal, considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Esto sugiere que, según los datos analizados, las lecturas de oro con ambos métodos podrían estar distribuidas de manera normal.

- **Prueba de homogeneidad**

Hipótesis estadística:

- $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$
- $H_a: \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ al menos uno es diferente.

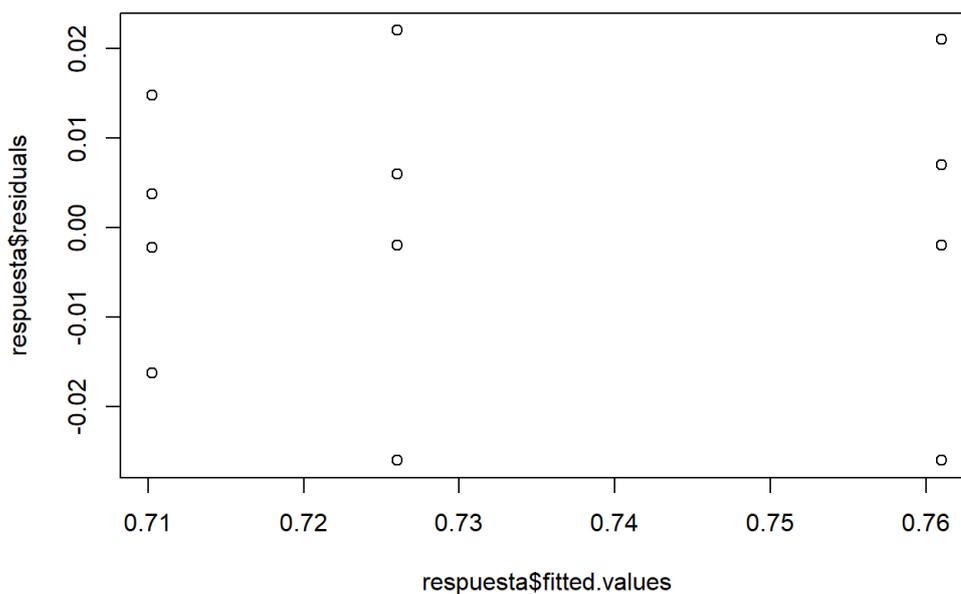
Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: Prueba de Bartlett

Bartlett's K-squared = 0.57538, df = 2, p-value = 0.75

Figura 24

Prueba de homogeneidad



La prueba de homogeneidad de varianzas, realizada mediante la prueba de Bartlett, arrojó un estadístico de prueba K-cuadrado de Bartlett de 0.57538, con 2 grados de libertad y un p-valor de 0.75. Con un nivel de significancia establecido en $\alpha = 0.05$, no se encontró evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula (H_0) de que las varianzas de las lecturas de oro obtenidas con los métodos directo, de precipitación sin HCl y de

Absorción Atómica son iguales. Esto sugiere que, según los datos analizados, las varianzas de las lecturas de oro no difieren de manera significativa entre los tres métodos.

- **Prueba de independencia**

Durbin-Watson test

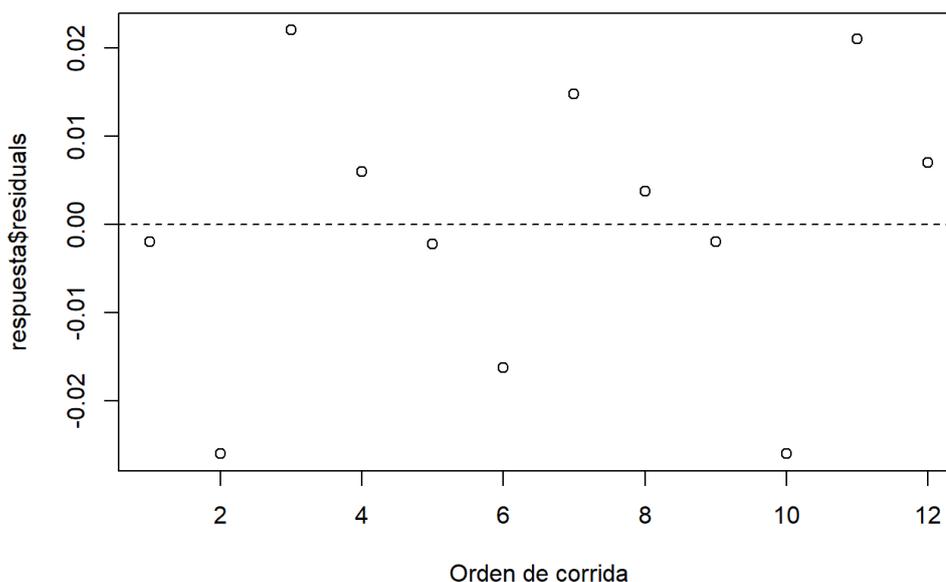
data: respuesta

DW = 2.6112, p-value = 0.7018

alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0

Figura 25

Prueba de independencia



Los resultados del test de Durbin-Watson sugieren que no hay evidencia significativa de autocorrelación en las lecturas de oro obtenidas mediante los tres métodos (directo, precipitación sin HCl, y absorción atómica). Esto implica que los residuos de las mediciones no están correlacionados entre sí, y por lo tanto, los análisis y comparaciones entre métodos no están influenciados por dependencias internas en los datos. Este

resultado refuerza la fiabilidad de los análisis estadísticos realizados sobre los métodos de análisis de oro en soluciones cianuradas en la mina C.M. Corire.

Tabla 5

Prueba DLS de comparaciones múltiples para la lectura de oro por tres métodos utilizando Over Flow en la C.M. CORIRE S.A.C.

| Método | Over Flow | Grupos |
|-------------------|------------------|---------------|
| Absorción Atómica | 0.76100 | a |
| Directo | 0.72600 | ab |
| Precipitación | 0.71025 | b |

La prueba DLS de comparaciones múltiples para la lectura de oro en Over Flow en la C.M. CORIRE S.A.C. revela que el método de Absorción Atómica, con una media de 0.76100 g/m^3 , se clasifica en el grupo "a", destacándose como el método más preciso. El método Directo, con una media de 0.72600 g/m^3 , se agrupa en con el método de absorción y el método de Precipitación, con una media de 0.71025 g/m^3 , se agrupan en el mismo grupo "b", lo que indica que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre estos dos métodos. Esto sugiere que, aunque el método de Directo no es tan preciso como el método de Absorción Atómica, sus resultados son comparables al método Directo, acercándose en precisión al método considerado el mejor.

4.4. COMPARACIÓN DE LECTURAS DE ORO DE SOLUCIÓN SOL BARREN TRES MÉTODOS EN LA C.M. CORIRE S.A.C.

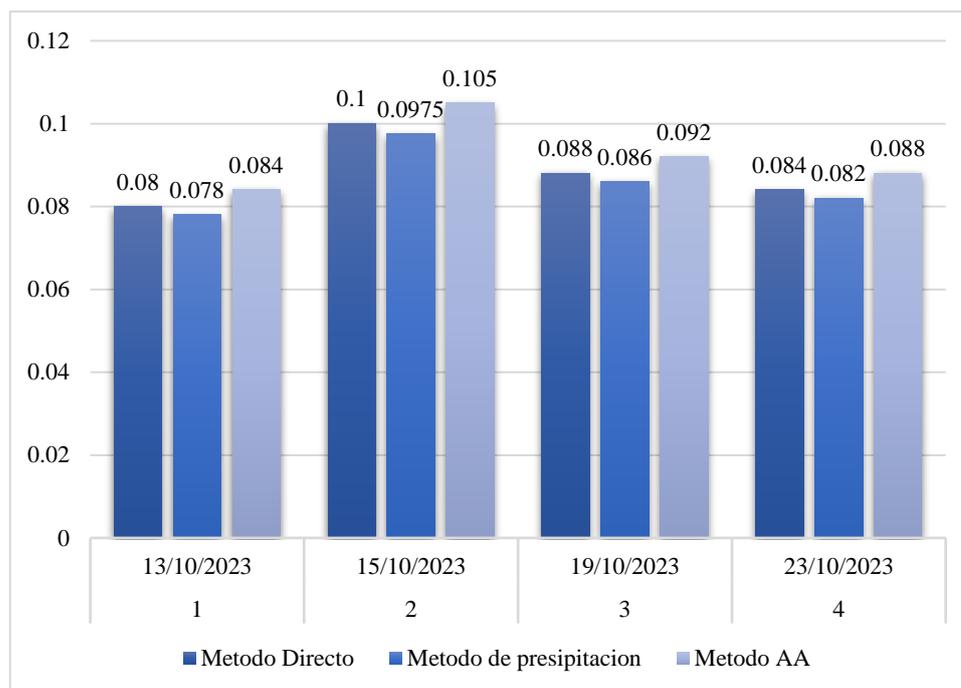
Tabla 6

Lecturas de oro por tres métodos utilizando Sol Barren en la C.M. CORIRE S.A.C.

| Día | Fecha | Método Directo | Método de precipitación | Método AA |
|-----|------------|----------------|-------------------------|-----------|
| 1 | 13/10/2023 | 0.08 | 0.078 | 0.084 |
| 2 | 15/10/2023 | 0.1 | 0.0975 | 0.105 |
| 3 | 19/10/2023 | 0.088 | 0.086 | 0.092 |
| 4 | 23/10/2023 | 0.084 | 0.082 | 0.088 |

Figura 26

Lecturas de oro por tres métodos utilizando Sol Barren en la C.M. CORIRE S.A.C.



El primer día 13/10/2023 de análisis de oro en la solución barren mostró una concentración de 0.08 g/m^3 utilizando el Método Directo, 0.078 g/m^3 con el Método de Precipitación, y 0.084 g/m^3 con el Método de Absorción Atómica. Comparando los métodos, el Método de Absorción Atómica, considerado el más preciso, registró la concentración más alta. El Método Directo mostró una lectura ligeramente inferior,



mientras que el Método de Precipitación, aunque la más baja de las tres, estuvo muy cerca del Método Directo. Esto sugiere que el Método de Precipitación proporciona resultados similares al Método Directo, pero ambos son menos precisos que el Método de Absorción Atómica.

En el segundo día 15/10/2023, las lecturas fueron de 0.1 g/m^3 con el Método Directo, 0.0975 g/m^3 con el Método de Precipitación, y 0.105 g/m^3 con el Método de Absorción Atómica. El Método de Absorción Atómica nuevamente mostró la mayor concentración de oro, confirmando su alta precisión. El Método Directo y el Método de Precipitación mostraron valores muy próximos entre sí, con una diferencia mínima entre ellos. Esto refuerza la observación de que el Método de Precipitación, aunque menos preciso que el Método de Absorción Atómica, sigue siendo una alternativa viable que se aproxima al Método Directo en términos de resultados.

El tercer día 19/10/2023 arrojó lecturas de 0.088 g/m^3 con el Método Directo, 0.086 g/m^3 con el Método de Precipitación, y 0.092 g/m^3 con el Método de Absorción Atómica. El Método de Absorción Atómica registró nuevamente la concentración más alta, destacando su capacidad para detectar más oro en la solución. El Método de Precipitación mostró una lectura muy cercana al Método Directo, con una diferencia de solo 0.002 g/m^3 , lo que indica una consistencia significativa entre estos dos métodos. La proximidad de las lecturas sugiere que el Método de Precipitación es casi tan preciso como el Método Directo.

En el cuarto día 23/10/2023, las lecturas fueron de 0.084 g/m^3 con el Método Directo, 0.082 g/m^3 con el Método de Precipitación, y 0.088 g/m^3 con el Método de Absorción Atómica. El Método de Absorción Atómica nuevamente tuvo la mayor lectura, consolidando su posición como el método más preciso. El Método de Precipitación

mostró una lectura muy cercana a la del Método Directo, con una diferencia de solo 0.002 g/m^3 . Este patrón consistente a lo largo de los días de prueba subraya la fiabilidad del Método de Precipitación, que se aproxima bastante a los resultados obtenidos por el Método Directo.

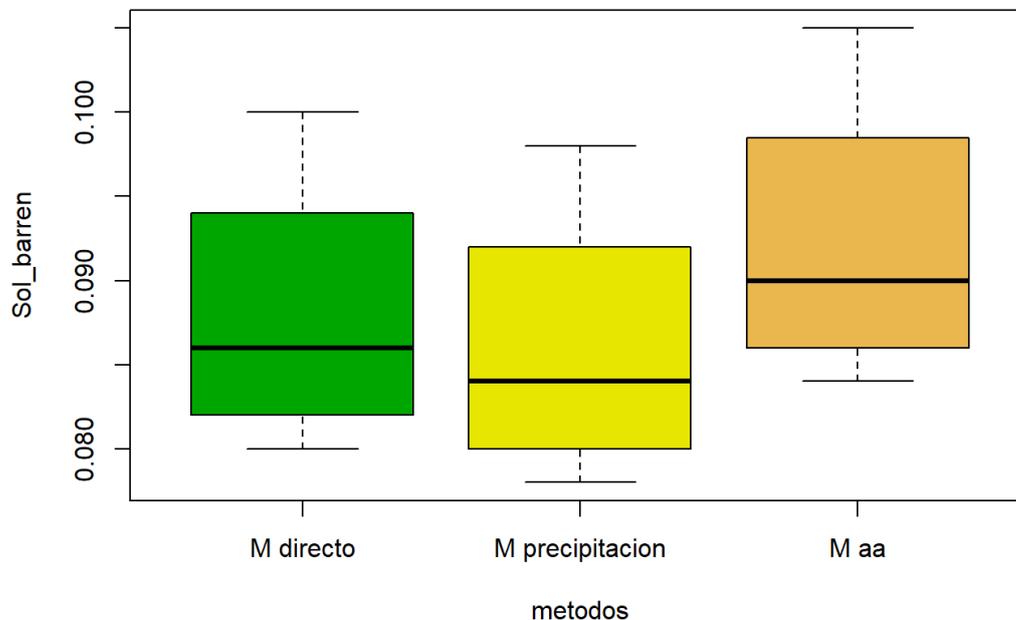
Tabla 7

Análisis de varianza de las lecturas de oro por tres métodos utilizando Sol Barren en la C.M. CORIRE S.A.C.

| F.V. | Df | SC | CM | f | p |
|-------------|----|----------|-----------|------|--------|
| Tratamiento | 2 | 0.000081 | 0.0000407 | 8.26 | 0.0060 |
| Error | 9 | 0.000696 | 0.0000774 | | |

Figura 27.

Análisis de varianza de las lecturas de oro por tres métodos utilizando Sol Barren en la C.M. CORIRE S.A.C.





El análisis de varianza muestra una diferencia significativa entre los métodos de análisis de oro (Directo, Precipitación sin HCl y Absorción Atómica) cuando se utiliza Sol Barren. El valor F calculado es 8.26, con un p-valor de 0.0060, que es menor que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$). Esto indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de al menos dos de los métodos analizados. las diferencias observadas en las concentraciones de oro entre los métodos Directo, de Precipitación sin HCl y de Absorción Atómica son significativas.

- **Prueba de normalidad**

Hipótesis

- Ho: "las alturas tienden a una distribución normal"
- Ha: " las alturas no tienden a una distribución normal “.

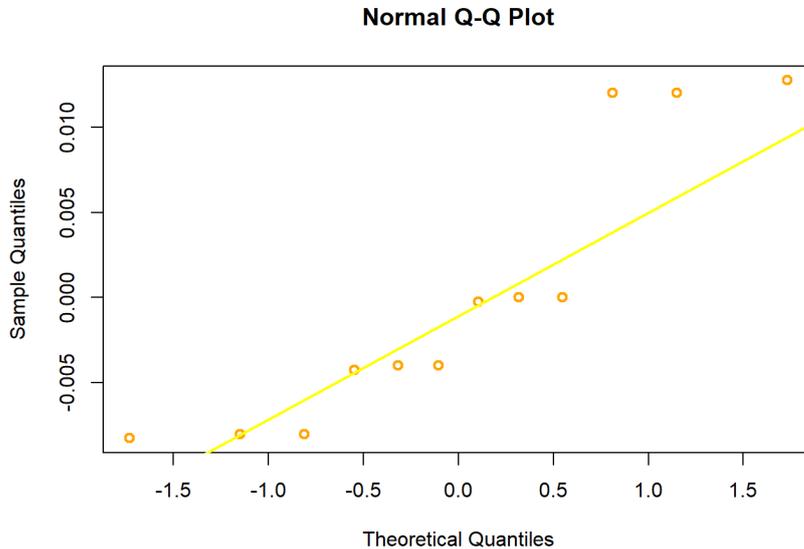
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Estadístico de contraste : Shapiro Wilks

W = 0.8265, p-value = 0.1008

Figura 28

Prueba de normalidad



La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, con un estadístico de contraste W de 0.8265 y un p -valor de 0.1008, sugiere que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula (H_0) de que las lecturas de oro tienden a una distribución normal, dado un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Este resultado indica que los datos de las lecturas de oro obtenidos mediante los métodos directo, de precipitación sin HCl y de absorción atómica en la mina C.M. Corire podrían seguir una distribución normal, lo cual es fundamental para validar los análisis estadísticos y comparaciones realizadas en esta investigación.

- **Prueba de homogeneidad**

Hipótesis estadística:

- $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$
- $H_a: \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ al menos uno es diferente.

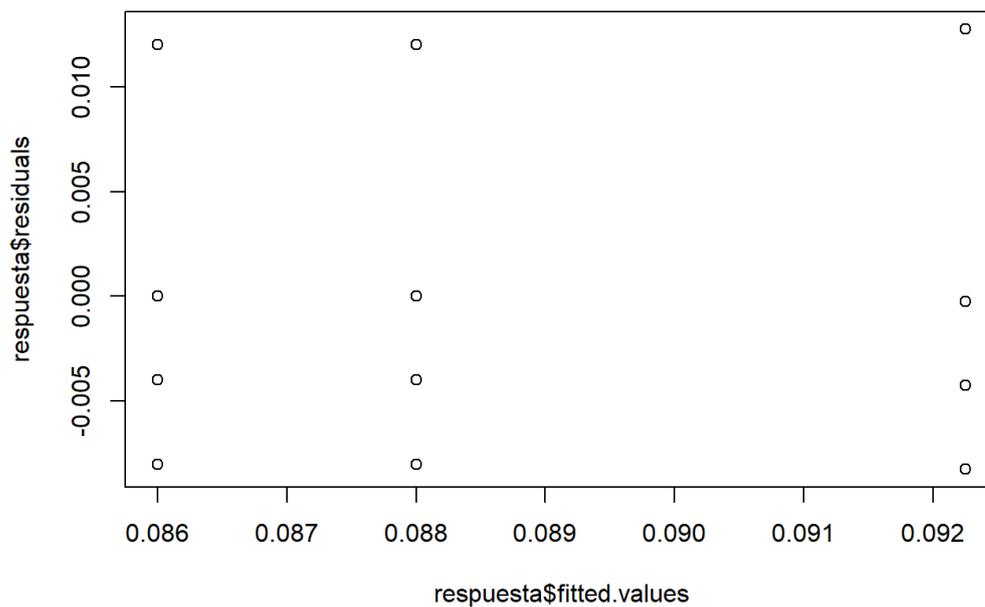
Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: Prueba de Bartlett

Bartlett's K-squared = 0.0096747, df = 2, p-value = 0.9952

Figura 29

Prueba de homogeneidad



La prueba de homogeneidad de Bartlett, con un estadístico K-cuadrado de 0.0096747, 2 grados de libertad, y un p-valor de 0.9952, indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula (H_0) de que las varianzas de las lecturas de oro obtenidas con los métodos directo, de precipitación sin HCl y de absorción atómica son iguales, dado un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Esto sugiere que las varianzas de las lecturas de oro no difieren significativamente entre los tres métodos, lo que apoya la comparabilidad de los resultados obtenidos y la fiabilidad de las conclusiones derivadas de estos métodos en la mina C.M. Corire.

- **Prueba de independencia**

```
## Durbin-Watson test
```

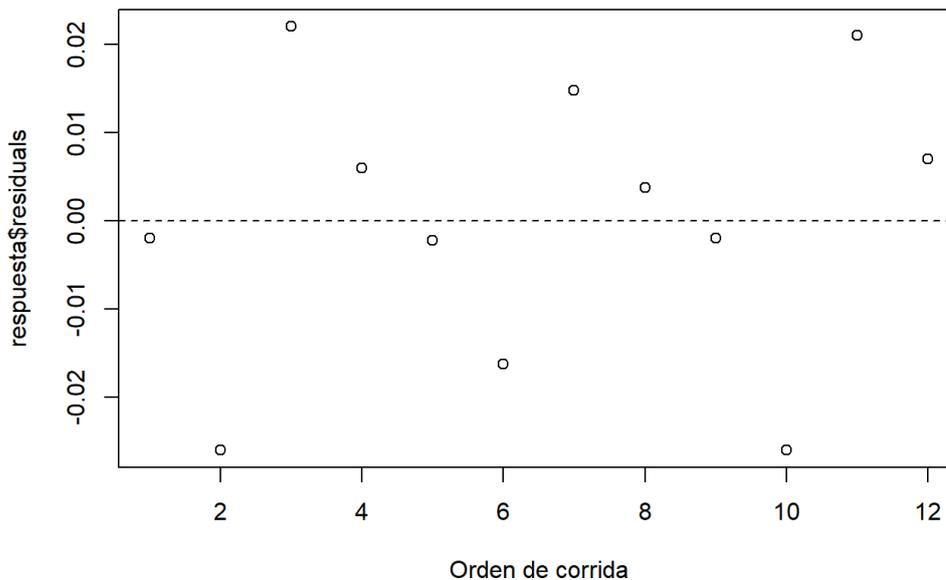
```
## data: respuesta
```

```
## DW = 2.5548, p-value = 0.6607
```

```
## alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

Figura 30

Prueba de independencia



La prueba de independencia de Durbin-Watson arrojó un estadístico DW de 2.5548 y un p-valor de 0.6607. Dado un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que no hay autocorrelación en los residuos. El estadístico DW cercano a 2 sugiere que no hay autocorrelación positiva en los residuos. Este resultado es importante para el análisis de las lecturas de oro por los tres métodos (directo, precipitación sin HCl y absorción atómica) en la mina C.M. Corire,

ya que indica que las observaciones son independientes y que las comparaciones y análisis estadísticos realizados son válidos.

Tabla 8

Prueba DLS de comparaciones múltiples para la lectura de oro por tres métodos utilizando Sol Barren en la C.M. CORIRE S.A.C.

| Método | Sol Barren | Grupos |
|-------------------|-------------------|---------------|
| Absorción Atómica | 0.09225 | a |
| Directo | 0.08800 | ab |
| Precipitación | 0.08600 | b |

La prueba DLS de comparaciones múltiples para la lectura de oro en Sol Barren en la C.M. CORIRE S.A.C. muestra que el método de Absorción Atómica, con una media de 0.09225 g/m^3 , se clasifica en el grupo “a”, indicando que es significativamente diferente en precisión. El método Directo, con una media de 0.08800 g/m^3 , se clasifica en el grupo “ab”, lo que sugiere que sus resultados no son significativamente diferentes de los métodos de Absorción Atómica y Directo. El método de Precipitación, con una media de 0.08600 g/m^3 , se clasifica en el grupo “b”, mostrando que es significativamente diferente del método de Absorción Atómica, pero no del método Directo. En resumen, aunque el método de Directo no alcanza la precisión del método de Absorción Atómica, proporciona resultados es una alternativa viable y cercana en precisión para el análisis de oro en Sol Barren.

4.5. DISCUSIÓN

Los hallazgos de nuestra investigación coinciden con estudios internacionales relevantes en la extracción de oro. Velez (2020), en su comparativa entre cianuración por agitación y lixiviación por pilas, encontró que esta última supera en eficiencia al método de agitación directa, proporcionando una recuperación del 43.9% con menores impactos



ambientales. Esta superioridad se atribuye a la recirculación del agua cianurada y la gestión más eficiente de residuos, aspectos que reflejan preocupaciones similares en nuestra evaluación del método de precipitación. Además, Espinoza (2019) demostró que la oxidación bajo presión en medio alcalino puede mejorar significativamente la recuperación de oro, alcanzando hasta un 92% bajo condiciones óptimas. Aunque nuestro enfoque difiere en los métodos específicos, ambos estudios resaltan la importancia de optimizar los procesos de extracción para maximizar la recuperación del metal precioso.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio corroboran la importancia de la concentración de cianuro en la lixiviación por agitación, como demostrado por Churqui & Condori (2019). Este estudio encontró que una concentración específica del 0.4% de cianuro de sodio fue crucial para lograr recuperaciones superiores al 90% en muestras con alto contenido de oro. Aunque nuestro enfoque estuvo en la evaluación del método directo, las variaciones observadas en la recuperación podrían atribuirse a diferencias en la gestión de variables operativas y de proceso, similar a las observadas en la optimización de Saravia (2018) del proceso de cianuración.

Nuestros resultados reflejan tendencias consistentes con investigaciones locales y internacionales. Por ejemplo, Molina (2021) demostró que el agente de lixiviación Gold Max puede lograr recuperaciones de oro de hasta el 95.5% con un método optimizado, comparables con las obtenidas mediante cianuro de sodio. Este estudio subraya la eficiencia de alternativas al cianuro en la extracción de oro, destacando la relevancia de explorar métodos más sostenibles y eficaces en la industria minera. Además, Briones, Toledo, & Mejia (2020) evaluaron varios reactivos para la precipitación de oro, encontrando que la selección adecuada del agente precipitante puede mejorar significativamente la eficacia del proceso. Estos hallazgos respaldan nuestra observación de una recuperación superior con el método de precipitación, subrayando la importancia



de seleccionar el método más adecuado según las características específicas del mineral y las condiciones operativas.

Este resultado está respaldado por estudios que destacan la eficacia de la oxidación preliminar en la mejora de la recuperación de oro antes de la cianuración por agitación, como discutido por Peralta (2021). Este estudio encontró que la oxidación previa puede aumentar las tasas de recuperación hasta un 94.03%, significativamente más alto que las recuperaciones observadas en métodos sin oxidación preliminar. Estos resultados sugieren que la implementación de técnicas de pretratamiento como la oxidación puede mejorar la eficiencia del proceso y reducir los costos asociados con el uso de reactivos cianurados. Además, estudios como el de Ccari (2022) en la optimización de la recuperación gravimétrica de oro destacan la importancia de ajustar variables operativas para mejorar la eficiencia del proceso. Este enfoque experimental en la optimización operativa refuerza nuestra conclusión sobre la superioridad del método de precipitación sin HCl en nuestra evaluación.



V. CONCLUSIONES

- Basado en los resultados obtenidos de la evaluación comparativa para el análisis de oro en soluciones cianuradas en la C.M. CORIRE S.A.C., utilizando los métodos directo y de precipitación sin HCl, se concluye que el Método Directo y el Método de Precipitación muestran lecturas de concentración de oro en soluciones cianuradas muy cercanas entre sí. En promedio, el Método Directo registró valores ligeramente superiores, con concentraciones promedio del 95.4 % respecto al método por Absorción Atómica, mientras que el Método de Precipitación promedió 93.34%. Aunque se aprecia una consistencia en esta diferencia a lo largo de los días de análisis, ambos métodos se diferencian en precisión y eficacia para el análisis de oro.
- Tras evaluar el Método Directo en las muestras de Over Flow y solución barren, se observó que logró recuperar consistentemente cantidades de oro en todas las fechas analizadas, con recuperaciones que variaron mínimamente entre los días de muestreo. En el Over Flow, se registraron recuperaciones de 0.0181 mg, 0.0175 mg, 0.0187 mg y 0.0183 mg respectivamente, mientras que en la solución barren se recuperaron 0.0020 mg, 0.0025 mg, 0.0022 mg y 0.0021 mg en las mismas fechas. Aunque el método demostró ser efectivo, se observó una leve variabilidad en la recuperación, lo que sugiere la importancia de optimizar los procedimientos operativos para mejorar su consistencia y precisión en la extracción de oro.
- El método de precipitación mostró consistentemente una recuperación significativamente superior de oro en comparación con el Método Directo en todas las muestras analizadas. En el Over Flow, se recuperaron 0.2832 mg, 0.2775 mg, 0.2901 mg y 0.2855 mg respectivamente, mientras que para la solución barren, las cantidades recuperadas fueron de 0.0312 mg, 0.039 mg, 0.0344 mg y 0.0328 mg en las mismas fechas.



- Los resultados de la comparación muestran consistentemente que el método directo recuperó mayores cantidades de oro teniendo valores cercanos al método por absorción atómica. Esta consistencia y eficiencia lo posicionan como el método adecuado para el análisis de oro en soluciones cianuradas en la C.M. CORIRE S.A.C., proporcionando una base sólida para mejorar la gestión de recursos y procesos dentro de la operación minera.



VI. RECOMENDACIONES

- Basado en los resultados obtenidos de la evaluación comparativa entre el Método Directo y el Método de Precipitación sin HCl para el análisis de oro en soluciones cianuradas en la C.M. CORIRE S.A.C., se recomienda considerar la utilización del Método Directo para aplicaciones que requieran una mayor precisión y consistencia en la determinación de concentraciones de oro. Aunque ambos métodos mostraron lecturas de concentración muy cercanas entre sí, el Método Directo demostró ser ligeramente superior en promedio, con concentraciones que alcanzan hasta el 95.4% respecto al método por Absorción Atómica. Esta elección no solo garantizaría una evaluación más precisa de la concentración de oro, sino que también podría optimizar la gestión de recursos y procesos dentro de la operación minera, mejorando así la eficiencia operativa y la toma de decisiones estratégicas en la planta de procesamiento.
- Para mejorar la consistencia y precisión en la extracción de oro utilizando el método directo en muestras de Over Flow y solución barren, Es fundamental implementar controles estrictos durante la ejecución del método para mitigar la variabilidad observada en la recuperación de oro. La estandarización de protocolos y la capacitación continua del personal son clave para mejorar la efectividad y confiabilidad del método directo en condiciones operativas reales.
- Dado el rendimiento superior del método de directo en la recuperación de oro, se recomienda su adopción preferencial en el análisis de soluciones cianuradas. Es esencial integrar prácticas estandarizadas de análisis en la C.M. CORIRE S.A.C., asegurando así una recuperación óptima y consistente de oro, lo cual es fundamental para la gestión eficaz de recursos y la mejora continua de los procesos mineros.



- Se recomienda utilizar el método directo para el análisis de oro en soluciones cianuradas en la C.M. CORIRE S.A.C. La eficiencia y la consistencia demostradas por este método lo posicionan como la opción más adecuada, proporcionando una base sólida para mejorar la gestión de recursos y optimizar los procesos dentro de la operación minera. Esta elección aseguraría una evaluación precisa y confiable de la concentración de oro, crucial para la toma de decisiones estratégicas y operativas en la planta de procesamiento



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, L., & Amaya, G. (2019). *Evaluación de los Procesos de Lixiviación por Agitación Convencional y Carbón en Pulpa en la Hidrometalurgia del Oro*. San Luis, Argentina.
- Alvarez, R. (2021). *aplicacion de sistemas pasivos para el tratamiento de soluciones residuales de proceso de cianuracion en mineria de oro*. Oviedo.
- Alzamora, R. J. (2017). *fundamentos de quimica general. texto academico*. santa elena, ecuador.
- Basilio, J., & Romero, S. (2020). *Optimización de la fusión de mineral, en el análisis cuantitativo del oro con determinación gravimétrica de un mineral sulfurado*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Brenning, A., & Azócar, G. F. (2010). Minería y glaciares rocosos: impactos. *Revista de Geografía Norte Grande*, 158(47), 143–158.
- Briones, J., Toledo, N., & Mejia, T. (2020). *Evaluación de diferentes reactivos aplicados en la* (ISSN: 2600-5859 ed., Vols. Vol. 3, N°2.1, p. 199-209). doi:<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i2.1.1234>
- Cano, S. E. (2012). Mercury contamination due to mining activities. *Biomedica*, 32(3), 309–312. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v32i3.1437>
- Carbajal, C. (2012). *Caracterización de un mineral oxidado – sector veta blanca*. Recuperado el 2 de Febrero de 2012, de http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-3000/UCF3107_01.pdf
- Castillo, D., & Carpio, M. (2022). *Biodegradación del cianuro contenido en el lixiviado de un mineral aurífero*. *Revista Ciencias Biológicas Y Ambientales*. doi:<https://doi.org/10.33326/29585309.2022.1.1596>
- Ccari, E. (2022). *Optimización de la recuperación en concentración gravimétrica de oro de los frentes Pomarani - Cruz de Oro Cori Puno S.A.C*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.



- Churqui, J., & Condori, E. (2019). *Análisis y mejoramiento del método de lixiviación por agitación, del oro disuelto en cianuro para una mayor recuperación en comparación del oro total a nivel del laboratorio*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- César Pérez Domínguez, J., FABIÁN HIGUERA COBOS Ingeniero Metalúrgico, O., & Sc Profesor Asistente, M. (2008). Análisis Termodinámico De Especies Cianuradas De Oro, Plata Y Cobre Sometidas a Cementación Con Zinc Y Aluminio. *Scientia et Technica Año XIV*, 38(38), 155–160. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903827>
- Cienfuegos, M., Garcia, P., & Gonzales, C. (2022). *Lo cuantitativo y cualitativo desde un tratamiento estadístico*. Chimalhuacán, México: Revista iberoamericana de las ciencias sociales y humanísticas.
- Cruz, G. G. Z. (2008). Una visión universitaria: el pH sustento en el equilibrio químico para la vida celular. *Ciencia UAT*, 2, 62–66. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441942912004>
- Daga, J. L. (2020). *omparacion analitica de ensayo al fuego y espectroscopia para muestras geoquimicas de alto cotenido de oro y plata*. huacho, peru.
- Eduardo, R. (2015). *Evaluación metalúrgica de lixiviación con ácido sulfurico de mineral oxidado de cobre de la mina antapaccay para optimizar su comportamiento frente a los parametros controlados de altura y curado*. Arequipa, Arequipa, Peru. Recuperado el 12 de Febrero de 2022, de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2655/IMedbura.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Espinoza, A. M. (junio de 2019). *Estudio de la oxidacion/cianuracion de un concentrado sulfuroso para la extraccion de oro*. Sonora, mexico: repositorio UNISON.
- Estatal, R., Presiones, P. O. R., Determinantes, E. L. O. S., Estatal, F., Al, F., Del, B., En, O. R. O., Perú, E. L., & Dargent, E. (2016). *2122741_Articulo 1*.
- Iza Jimenez, M. F. (marzo de 2011). estudio para el mejoramiento de la fusion de calcinas auríferas con el uso de carbonato de calcio en la carga fundente. Quito, Quito, Ecuador.



- Lipa, R. (2019). *Análisis químico de oro y plata en sus diferentes procesos en la empresa minera Aruntani S.A.C. Ocuwiri – Lampa: laboratorio químico*. Puno, Perú.
- Loza Del Carpio, A. L., & Ccancapa Salcedo, Y. (2020a). Mercurio en un arroyo altoandino con alto impacto por minería aurífera artesanal (La Rinconada, Puno, Perú). *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 36(1), 33–44. <https://doi.org/10.20937/RICA.2020.36.53317>
- Marsden, J., & House, I. (2019). *Gold Ore Processing: Project Development and Operations*. New York, USA.
- Miller, J. (abril de 2003). characterization and electrochemical analysis of gold cementation from alkaline cyanide solution by suspended zinc particles. Engineering University of Utah, Salt Lake City, U.S.A.
- Molina, a. (2021). *Uso de Gold Max en la lixiviación de oro y plata en la zona minera de Rinconada - Puno*. Universidad Nacional San Luis de Gonzaga de Ica.
- Munsibay-Muñoa, M. A., & Cavero-Egúsqüiza-Vargas, L. L. (2022). Análisis de la minería informal en la economía peruana periodo 2018 al 2022. *INNOVA Research Journal*, 7(3.1), 119–136. <https://doi.org/10.33890/innova.v7.n3.1.2022.2141>
- Peralta, E. (2021). *Optimización de la recuperación de oro aplicando el método de agitación mediante una oxidación preliminar a nivel laboratorio en la empresa Cori Puno S.A.C*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Pérez-López, E., & Vargas-Vargas, A. (2017). Indagación de dos metodologías analíticas para cuantificar oro en soluciones cianuradas, en industria de dispositivos electrónicos en Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 30(2), 113. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i2.3202>
- Pérez, A., & Torres, P. (2008). Indices de alcalinidad para el control del tratamiento anaerobio de aguas residuales fácilmente acidificables (Alkalinity indices for control of anaerobic treatment of readily acidifiable wastewaters). *Ingeniería y Competitividad*, 10(2), 41–52. <http://search>



.ebshost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=36430334&lang=es&site=ehost-live

- Pino, J. (2019). *Estudio de la cianuración en tanques de la minera antapite*. Arequipa, Peru.
- Reinoso, L. A. (2018). Descripción del proceso de recuperación de oro de la unidad minera ecodesarrollo mineros. *tesis de título*. Arequipa, Peru: repositorio unsa.
- Romero, A., & Flores, S. (2010). *La influencia de la velocidad de agitación en la lixiviación dinámica de minerales alterados*. Recuperado el 1 de Marzo de 2022, de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v12_n24/pdf/a14v12n24.pdf
- Romero Bonilla, H., Guerrero Rodriguez, R., & Mora Morocho, M. (2020). Efecto de la velocidad de agitación en la cinética de lixiviación con tiourea de minerales flotados de oro. *Ingeniería y Desarrollo*, 38(1), 243–258. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612020000100243&lng=en&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0122-34612020000100243&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Salinas, E., Rivera, I., Carrillo, F. R., Patiño, F., Hernández, J., & Hernández, L. E. (2004). Mejora del proceso de cianuración de oro y plata, mediante la preoxidación de minerales sulfurosos con ozono. *Rev. Soc. Quím. Méx*, 48, 315–320.
- Santos, J. (2021). *Procesamiento y análisis en laboratorio química de muestras de geología y planta metalúrgica en proyecto minero cerro lindo*. Huacho, Perú: Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion.
- Saravia, S. Y. (2018). Optimización del Proceso de cianuración en la Minera Veta Dorada S.A.C. Arequipa, Peru: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Serrano, M. (2019). *Lixiviación Dinámica del Mineral de Cobre*. La paz, Bolivia.
- Telvia Arias-Lafargue, M. I., David Fernández-Compta, I. I., Yoleidi Sánchez-Rodriguez,



- I. I., & Aramis Lasserra-Portuondo, I. I. (2017). Influencia de la lixiviación en la recuperación de oro en la Mina Oro-Barita de Santiago de Cuba. *Tecnología Química*, 37(3), 461–476. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852017000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Torio, E. (2018). *Caracterización de minerales de alteración hidrotermal en el sistema geotérmico de Paipa, Boyacá, Colombia*. Bocaya, Colombia.
- Vega, J. (2019). metodo chiddy. *Laboratorio de metales preciosos*. Trujillo, Trujillo, peru.
- Velez, A. (2020). *Comparación entre el método de extracción de oro, cianuración por agitación y lixiviación por pilas en la planta de beneficio san bartolo, Segovia Antioquia*. Medellin, Colombia: Tecnológico de Antioquia, Institucion universitaria.



ANEXOS

ANEXO 1 Tabla de datos obtenidos de laboratorio

| FECHA | CODIGO | Fuerza de CN | PH | METODO DIRECTO | | | METODO POR PRECIPITACION | | | METODO AA | COMPARACION EN % | | |
|------------|-------------|--------------|-------|--------------------------|--------------|----------------------------|--------------------------|--------------|----------------------------|-----------|------------------|----------------|--------------------------|
| | | | | cantidad de muestra (ml) | peso Au (mg) | LEY Au (gim ³) | cantidad de muestra (ml) | peso Au (mg) | LEY Au (gim ³) | | METODO AA | METODO DIRECTO | METODO POR PRECIPITACION |
| 13/10/2023 | OVER | 0.070 | 11.22 | 25 | 0.0181 | 0.724 | 400 | 0.2882 | 0.708 | 0.759 | 98 | 93.5 | 91.4 |
| | SOL. Barren | 0.035 | 9.27 | 25 | 0.002 | 0.080 | 400 | 0.0312 | 0.078 | 0.084 | 98 | 93.3 | 91.0 |
| 15/10/2023 | OVER | 0.075 | 11.83 | 25 | 0.0175 | 0.700 | 400 | 0.2775 | 0.694 | 0.735 | 98 | 93.3 | 92.5 |
| | SOL. Barren | 0.030 | 10.62 | 25 | 0.0025 | 0.100 | 400 | 0.0390 | 0.098 | 0.105 | 98 | 93.3 | 91.0 |
| 19/10/2023 | OVER | 0.080 | 11.87 | 25 | 0.0187 | 0.748 | 400 | 0.2901 | 0.725 | 0.782 | 98 | 93.7 | 90.9 |
| | SOL. Barren | 0.025 | 10.42 | 25 | 0.0022 | 0.088 | 400 | 0.0344 | 0.086 | 0.092 | 98 | 93.7 | 91.6 |
| 23/10/2023 | OVER | 0.090 | 11.91 | 25 | 0.0183 | 0.732 | 400 | 0.2855 | 0.714 | 0.768 | 98 | 93.4 | 91.1 |
| | SOL. Barren | 0.035 | 10.39 | 25 | 0.0021 | 0.084 | 400 | 0.0328 | 0.082 | 0.088 | 98 | 93.5 | 91.3 |

ANEXO 2. Datos enviados a otro laboratorio por absorción atómica

MINARES SOUTH S.R.L.
LABORATORIO QUIMICO
ANALISIS QUIMICO DE MINERALES Y
PRUEBAS METALURGICAS DE FLOTACION - CROMATOGRAFIA

CERTIFICADO N°: MS-SA-2310- 004

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

A SOLICITUD DE : JULIAN HILARIO PARI FLORES
SOLICITUD DE ANALISIS : RECONOCIMIENTO : AU

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

PRODUCTO DESCRITO COMO : SOLUCION
CODIGO DE MUESTRA : PRUEBA 1 OV
N° DE CODIGO DE LABORATORIO : 004
MUESTRA ENVASADA EN : BOTELLA PLASTICA
PESO DE LA MUESTRA :
FECHA DE RECEPCIÓN : 25/10/2023
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 26/10/2023

DETALLE DE INFORME

| ITEM | CODIGO DEL CLIENTE | RESULTADOS |
|------|--------------------|------------------------|
| 02 | SOLUCION | Lev Au (g/m3) 0.759 |

NOTA: Los resultados indicados en el presente documento, corresponden al analisis solicitado en la muestra recibida del cliente.

ING. DANIEL HUATCCO SOTO
 INGENIERO QUIMICO (C.O.P.)
 REG. C.O.P. N° 72149

Av. Panamericana Sur N° 355 - Vista Alegre - Nazca - Cel.: 986635088 / minarssouthnaica@gmail.com / informesnaica@minares.com.pe
 Av. 19 de Diciembre N° 36 Lte. 11 - La Aguadilla - Chala - Cel.: 986635086 / minarssouth2014@outlook.com / informeschala@minares.com.pe
 Parque San Martín N° 224/226 - Depto. 1401 - Pueblo Libre - Lima - Tel: 01 530 4689 Cel.: 986635085 / informeslima@minares.com.pe
www.minares.com.pe

MINARES SOUTH S.R.L.
LABORATORIO QUIMICO
ANALISIS QUIMICO DE MINERALES Y
PRUEBAS METALURGICAS DE FLOTACION - CROMATOGRAFIA

CERTIFICADO N°: MS-SA-2310- 005

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

A SOLICITUD DE : JULIAN HILARIO PARI FLORES
SOLICITUD DE ANALISIS : RECONOCIMIENTO : AU

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

PRODUCTO DESCRITO COMO : SOLUCION
CODIGO DE MUESTRA : PRUEBA 2 OV
N° DE CODIGO DE LABORATORIO : 005
MUESTRA ENVASADA EN : BOTELLA PLASTICA
PESO DE LA MUESTRA :
FECHA DE RECEPCIÓN : 25/10/2023
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 26/10/2023

DETALLE DE INFORME

| ITEM | CODIGO DEL CLIENTE | RESULTADOS |
|------|--------------------|------------------------|
| 02 | SOLUCION | Lev Au (g/m3) 0.735 |

NOTA: Los resultados indicados en el presente documento, corresponden al analisis solicitado en la muestra recibida del cliente.

ING. DANIEL HUATCCO SOTO
 INGENIERO QUIMICO (C.O.P.)
 REG. C.O.P. N° 72149

Av. Panamericana Sur N° 355 - Vista Alegre - Nazca - Cel.: 986635088 / minarssouthnaica@gmail.com / informesnaica@minares.com.pe
 Av. 19 de Diciembre N° 36 Lte. 11 - La Aguadilla - Chala - Cel.: 986635086 / minarssouth2014@outlook.com / informeschala@minares.com.pe
 Parque San Martín N° 224/226 - Depto. 1401 - Pueblo Libre - Lima - Tel: 01 530 4689 Cel.: 986635085 / informeslima@minares.com.pe
www.minares.com.pe



MINARES SOUTH S.R.L.
LABORATORIO QUIMICO
ANALISIS QUIMICO DE MINERALES Y
PRUEBAS METALURGICAS DE FLOTACION - COMBINACION

CERTIFICADO N°: MS-SA-2310- 006

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

A SOLICITUD DE : JULIAN HILARIO PARI FLORES
SOLICITUD DE ANALISIS : RECONOCIMIENTO : AU

RECEPCION DE MUESTRAS

PRODUCTO DESCRITO COMO : SOLUCION
CODIGO DE MUESTRA : PRUEBA 3 OV
N° DE CODIGO DE LABORATORIO : 006
MUESTRA ENVASADA EN : BOTELLA PLASTICA
PESO DE LA MUESTRA : 25/10/2023
FECHA DE RECEPCION : 26/10/2023
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 26/10/2023

DETALLE DE INFORME

| ITEM | CODIGO DEL CLIENTE | RESULTADOS |
|------|--------------------|---------------------------|
| 02 | SOLUCION | Ley Au (g/m3) 0.782 |

NOTA: Los resultados indicados en el presente documento, corresponden al analisis solicitado en la muestra recibida del cliente.




ING. DANIEL HORACIO SOTO
REG. QP N° 72142

Av. Panamericana Sur N° 355 - Viza Alegre - Nasca - Cel.: 986635086 / minaresouthnaaca@gmail.com / informesnaaca@minares.com.pe
 Av. 19 de Diciembre N° 36, Lta. 11 - La Aguadita - Chala - Cel.: 986635086 / minaresouth2014@outlook.com / informeschala@minares.com.pe
 Parque San Martín N° 224/226 - Dpto. 1401 - Pueblo Libre - Lima Telf.: 01 530 4689 Cel.: 986635085 / informeslima@minares.com.pe
www.minares.com.pe



MINARES SOUTH S.R.L.
LABORATORIO QUIMICO
ANALISIS QUIMICO DE MINERALES Y
PRUEBAS METALURGICAS DE FLOTACION - COMBINACION

CERTIFICADO N°: MS-SA-2310- 007

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

A SOLICITUD DE : JULIAN HILARIO PARI FLORES
SOLICITUD DE ANALISIS : RECONOCIMIENTO : AU

RECEPCION DE MUESTRAS

PRODUCTO DESCRITO COMO : SOLUCION
CODIGO DE MUESTRA : PRUEBA 4 OV
N° DE CODIGO DE LABORATORIO : 007
MUESTRA ENVASADA EN : BOTELLA PLASTICA
PESO DE LA MUESTRA : 25/10/2023
FECHA DE RECEPCION : 26/10/2023
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 26/10/2023

DETALLE DE INFORME

| ITEM | CODIGO DEL CLIENTE | RESULTADOS |
|------|--------------------|---------------------------|
| 02 | SOLUCION | Ley Au (g/m3) 0.768 |

NOTA: Los resultados indicados en el presente documento, corresponden al analisis solicitado en la muestra recibida del cliente.




ING. DANIEL HORACIO SOTO
REG. QP N° 72142

Av. Panamericana Sur N° 355 - Viza Alegre - Nasca - Cel.: 986635086 / minaresouthnaaca@gmail.com / informesnaaca@minares.com.pe
 Av. 19 de Diciembre N° 36, Lta. 11 - La Aguadita - Chala - Cel.: 986635086 / minaresouth2014@outlook.com / informeschala@minares.com.pe
 Parque San Martín N° 224/226 - Dpto. 1401 - Pueblo Libre - Lima Telf.: 01 530 4689 Cel.: 986635085 / informeslima@minares.com.pe
www.minares.com.pe



MINARES SOUTH S.R.L.
LABORATORIO QUIMICO
ANALISIS QUIMICO DE MINERALES Y
PRUEBAS METALURGICAS DE FLOTACION - CAMBIACION

CERTIFICADO N°: MS-SA-2310- 008

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE
A SOLICITUD DE : JULIAN HILARIO PARI FLORES
SOLICITUD DE ANALISIS : RECONOCIMIENTO : Au

RECEPCIÓN DE MUESTRAS
PRODUCTO DESCRITO COMO : SOLUCION
CODIGO DE MUESTRA : PRUEBA 2 S/B
N° DE CODIGO DE LABORATORIO : 008
MUESTRA ENVASADA EN : BOTELLA PLASTICA

PESO DE LA MUESTRA :
FECHA DE RECEPCIÓN : 25/10/2023
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 26/10/2023

DETALLE DE INFORME

| ITEM | CODIGO DEL CLIENTE | | RESULTADOS | |
|------|--------------------|---------|------------|--------|
| | SOLUCION | CLIENTE | LAY Au | (g/m3) |
| 02 | | | | 0.084 |

NOTA: Los resultados indicados en el presente documento, corresponden al analisis solicitado en la muestra recibida del cliente.

ING. DANIEL HUATLICO SOTO
REG. CP N° 72140

Av. Panamericana Sur, N° 355 - Vista Alegre - Nasca. Cel. : 986635088 / minaresouthnasca@gmail.com / informesnasca@minares.com.pe
Av. 19 de Diciembre N° 36 Lte. 11 - La Aguadilla - Challa - Cel. : 986635086 / minaresouth2014@outlook.com / informeschalla@minares.com.pe
Parque San Martín N° 224/226 - Dpto. 1401 - Pueblo Libre - Lima Tel.: 01 530 4689 Cel. : 986635085 / informelima@minares.com.pe

www.minares.com.pe



MINARES SOUTH S.R.L.
LABORATORIO QUIMICO
ANALISIS QUIMICO DE MINERALES Y
PRUEBAS METALURGICAS DE FLOTACION - CAMBIACION

CERTIFICADO N°: MS-SA-2310- 009

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE
A SOLICITUD DE : JULIAN HILARIO PARI FLORES
SOLICITUD DE ANALISIS : RECONOCIMIENTO : Au

RECEPCIÓN DE MUESTRAS
PRODUCTO DESCRITO COMO : SOLUCION
CODIGO DE MUESTRA : PRUEBA 2 S/B
N° DE CODIGO DE LABORATORIO : 009
MUESTRA ENVASADA EN : BOTELLA PLASTICA

PESO DE LA MUESTRA :
FECHA DE RECEPCIÓN : 25/10/2023
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 26/10/2023

DETALLE DE INFORME

| ITEM | CODIGO DEL CLIENTE | | RESULTADOS | |
|------|--------------------|---------|------------|--------|
| | SOLUCION | CLIENTE | LAY Au | (g/m3) |
| 02 | | | | 0.105 |

NOTA: Los resultados indicados en el presente documento, corresponden al analisis solicitado en la muestra recibida del cliente.

ING. DANIEL HUATLICO SOTO
REG. CP N° 72140

Av. Panamericana Sur, N° 355 - Vista Alegre - Nasca. Cel. : 986635088 / minaresouthnasca@gmail.com / informesnasca@minares.com.pe
Av. 19 de Diciembre N° 36 Lte. 11 - La Aguadilla - Challa - Cel. : 986635086 / minaresouth2014@outlook.com / informeschalla@minares.com.pe
Parque San Martín N° 224/226 - Dpto. 1401 - Pueblo Libre - Lima Tel.: 01 530 4689 Cel. : 986635085 / informelima@minares.com.pe

www.minares.com.pe



MINARES SOUTH S.R.L.
LABORATORIO QUÍMICO
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES Y
PRUEBAS METALÚRGICAS DE ELFLOTACIÓN - CILMAYACIÓN

CERTIFICADO N°: MS-SA-2310- 011

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

A. SOLICITUD DE : JULIAN HILARIO PARI FLORES
SOLICITUD DE ANÁLISIS : RECONOCIMIENTO : AU

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

PRODUCTO DESCRITO COMO : SOLUCION
CODIGO DE MUESTRA : PRUEBA 4 SIB
N° DE CODIGO DE LABORATORIO : 011
MUESTRA ENVASADA EN : BOTELLA PLASTICA
PESO DE LA MUESTRA :
FECHA DE RECEPCIÓN : 25/10/2023
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 26/10/2023

DETALLE DE INFORME

| ITEM | CODIGO DEL CLIENTE | SOLUCION | RESULTADOS Ley Au (g/m3) |
|------|--------------------|----------|--------------------------------|
| 02 | | | 0.088 |

NOTA: Los resultados indicados en el presente documento, corresponden a análisis solicitados en la muestra recibida del cliente.

ING. DANIEL HIATUCO SOTO
REG. U.P. N° 72149

Av. Panamericana Sur N° 355 - Vista Alegre - Nasca Cel.: 986635086 / minaresouthnaaca@gmail.com / informesnaaca@minares.com.pe
Av. 19 de Diciembre Mz. 36 Lote 11 - La Aguadilla - Challa Cel.: 986635086 / minaresouth2014@outlook.com / informeschalla@minares.com.pe
Parque San Martín N° 2247226 - Dpto. 1401 - Pueblo Libre - Lima Telef.: 01 530 4689 Cel.: 986635085 / informeslima@minares.com.pe
www.minares.com.pe



MINARES SOUTH S.R.L.
LABORATORIO QUÍMICO
ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES Y
PRUEBAS METALÚRGICAS DE ELFLOTACIÓN - CILMAYACIÓN

CERTIFICADO N°: MS-SA-2310- 010

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

A. SOLICITUD DE : JULIAN HILARIO PARI FLORES
SOLICITUD DE ANÁLISIS : RECONOCIMIENTO : AU

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

PRODUCTO DESCRITO COMO : SOLUCION
CODIGO DE MUESTRA : PRUEBA 3 SIB
N° DE CODIGO DE LABORATORIO : 010
MUESTRA ENVASADA EN : BOTELLA PLASTICA
PESO DE LA MUESTRA :
FECHA DE RECEPCIÓN : 25/10/2023
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 26/10/2023

DETALLE DE INFORME

| ITEM | CODIGO DEL CLIENTE | SOLUCION | RESULTADOS Ley Au (g/m3) |
|------|--------------------|----------|--------------------------------|
| 02 | | | 0.092 |

NOTA: Los resultados indicados en el presente documento, corresponden a análisis solicitados en la muestra recibida del cliente.

ING. DANIEL HIATUCO SOTO
REG. U.P. N° 72149

Av. Panamericana Sur N° 355 - Vista Alegre - Nasca Cel.: 986635086 / minaresouthnaaca@gmail.com / informesnaaca@minares.com.pe
Av. 19 de Diciembre Mz. 36 Lote 11 - La Aguadilla - Challa Cel.: 986635086 / minaresouth2014@outlook.com / informeschalla@minares.com.pe
Parque San Martín N° 2247226 - Dpto. 1401 - Pueblo Libre - Lima Telef.: 01 530 4689 Cel.: 986635085 / informeslima@minares.com.pe
www.minares.com.pe



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo JULIAN HILARIO PARI FLORES
Identificado con DNI 71001711 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA METALURGICA

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

"EVALUACION COMPARATIVA PARA EL ANALISIS DE ORO EN SOLUCIONES CIANURADAS,
APLICANDO EL METODO DIRECTO Y METODO DE PRECIPITACION SIN HCl EN LA CM CORIRE,

" Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 16 de SEPTIEMBRE del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo JULIAN HILARIO PARI FLORES

, identificado con DNI 71001711 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA METALURGICA

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"EVALUACION COMPARATIVA PARA EL ANALISIS DE ORO EN SOLUCIONES CIANURADAS, APLICANDO EL METODO DIRECTO Y METODO DE PRECIPITACION SIN HCl EN LA CM CORIRE."

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 16 de SEPTIEMBRE del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella