

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**Reducción de iones cobre empleando peróxido de hidrógeno, en el
relave de la empresa minera PALTARUMI S.A.C., para la
reutilización del agua en el proceso de cianuración**

Informe de Experiencia Profesional para optar el título
profesional de:

Ingeniero Químico

Presentado por:

Bach. Roque Auqui Bautista

Ayacucho - Perú

2024

DEDICATORIA

Esta obra está dedicada en primer lugar a Dios, así como a mis padres, mi esposa y mi hijo, que hicieron importantes esfuerzos y sacrificios para que pudiera completar mi carrera profesional. Ahora que he logrado este hito, comparto mi triunfo con vosotros porque sin vuestro apoyo inquebrantable no habría podido alcanzar este nivel de éxito. Tengo un profundo afecto y espero que seáis constantemente favorecidos por Dios.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, a mí Escuela Profesional de Ingeniería Química institución educativa publica por darme la oportunidad de formarme profesionalmente y como persona con principios éticos y responsabilidad social que me permiten contribuir al desarrollo sostenible de la región y el país.

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, a la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, a mí Escuela Profesional de Ingeniería Química por darme la oportunidad de crecer profesionalmente y culminar mis estudios.

A la empresa PALTARUMI S.A.C por haberme brindado trabajar y demostrar mis conocimientos adquiridos durante los años de estudio en la Universidad y estar siempre listos a ayudarme con toda la información que necesite.

Agradecido al ingeniero Edgar Orlando Aguilar Guerrero por su enseñanza de su experiencia laboral en el campo minero.

RESUMEN

Actualmente, la industria minera es conceptuada como en las ramas adicional valiosas sobre la economía de Perú; pero, a su vez es una fuente de gran contaminación teniendo en cuenta el medio ambiente, causando verdídicamente por preocuparse por la ubicación último del tratamiento de las aguas residuales, especialmente como el cianuro es decir conocido por ser entre los peores. En estos momentos se tienen estudios sobre la disminución de la contaminación del cianuro en los relaves, y para nuestro pesar, no se ha expandido su aplicación, ni se ha optado por un método definitivo.

El informe profesional realiza en primer lugar análisis bibliográfico de los métodos de proceso químico de oxidación empleado en la remediación de compuestos de cianuro; enfocándose primordialmente en la oxidación química del cianuro mediante el empleo del H_2O_2 , ya que este tipo de tratamiento catalizado con el cobre contenido en el relave es el más utilizado por las distintas unidades mineras, por la asequibilidad, sencillez de uso y alta eficacia que posee en abatir los residuos originados a favor de las minas de oro.

Dicha envergadura en este informe profesional es ilustrar el beneficio del cual tendría el empleo de esta técnica, en la minimización de los efectos del medio ambiente en las poblaciones y los ecosistemas de influencia a la unidad minera. Sobre todo, en cuanto al ahorro de agua ya que, si se logra disminuir el porcentaje de cobre en el agua de relave, ésta va a poder ser reciclada al proceso.

Términos importantes

cianuro, auríferos, estériles, relaves, técnicas y degradación

SUMMARY

Currently, the mining industry is conceptualized as one of the additional valuable branches on the economy of Peru; but, at the same time it is a source of great contamination considering the environment, causing truthfully to worry about the last location of the wastewater treatment, especially as cyanide is known to be among the worst. At the moment there are studies on the decrease of cyanide pollution in tailings, and to our regret, its application has not been expanded, nor has a definitive method been chosen.

The professional report first makes a bibliographic analysis of the chemical oxidation methods for the treatment of cyanide, focusing primarily on the chemical oxidation of cyanide using H₂O₂, since this type of treatment catalyzed with the copper contained in the tailings is the most used by the different mining units, due to its affordability, simplicity of use and high efficiency in reducing the waste originated by the gold mines.

The purpose of this professional report is to illustrate the benefits of using this technique in minimizing the environmental effects on the populations and ecosystems that influence the mining unit. Above all, in terms of water saving since, if the percentage of copper in the tailings water is reduced, it will be able to be recycled to the process.

Important terms

cyanide, auriferous, tailings, tailings, tailings, degradation and techniques

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL	1
1.1. RAZÓN SOCIAL PALTARUMI S.A.C.	1
1.2. UBICACIÓN DE LA PLANTA	1
1.3. EMPRESA MINERA PALTARUMI S.A.C.	2
1.4. VISION	3
1.5. MISION	3
1.6. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA MINERA PALTARUMI S.A.C	3
1.7 ANÁLISIS EN LA EMPRESA MINERA PALTARUMI S.A.C.	4
1.7.1. Protocolo de Análisis de Minerales	3
1.7.2. Análisis de Muestra por Vía Seca	8
CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO CIENTÍFICO Y DESCRIPCIÓN PRACTICA	17
2.1. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA EMPRESA PALTARUMI S.A.C.	17
2.2. PROCESAMIENTO DE ORO Y PLATA EN LA EMPRESA MINERA PALTARUMI S.A.C.	17
2.3. FLOWSHEET DE LA PLANTA DE CIANURACION PALTARUMI S.A.C.	18
2.4. REQUERIMIENTOS DE AGUA	20
2.4.1. Abastecimiento de Agua para Uso Industrial	21
2.4.2. Abastecimiento de Agua para Uso Doméstico	21
2.5. CANTIDADES ESTIMADAS DE EFLUENTES	22
2.5.1. Efluentes Producto de la Planta de Beneficio	22

2.5.1. Efluentes de la población laboral	22
2.6. CIANURO	23
2.6.1. Degradación del Cianuro	23
2.7. TÉCNICAS DE TRATAMIENTO PARA LA OXIDACIÓN DEL CIANURO	24
2.7.1. Tratamiento con H ₂ O ₂ (Peróxido de Hidrógeno)	24
2.6.2. Tratamiento con UV-H ₂ O ₂	26
2.6.3. Tratamiento con O ₃	27
2.6.4. Tratamiento por Cloración	28
2.6.5. Proceso INCO (SO ₂ /Aire)	29
2.6.6. Tratamiento con “Ácido de Caro”	29
2.8. GENERACIÓN DE RESIDUOS EN MINERAS	30
2.8.1. Residuos de la Extracción de Mineral a través del Cianuro	30
2.8.2. Residuos Líquidos	31
2.8.3. Reacciones con el Cobre	32
2.9. PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	33
2.9.1. Oxidación con Peróxido de Hidrógeno	34
CAPÍTULO III REDUCCIÓN DE IONES COBRE EMPLEANDO PEROXIDO DE HIDROGENO	38
3.1 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	38
3.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.2.1 Objetivo General	39
3.2.2. Objetivos Específicos	39
3.3 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN	39
3.4 PROCEDIMIENTOS	40
3.4.1. Análisis del Relave	40
3.4.2. Determinación de la Concentración de H ₂ O ₂	40
3.4.3. Determinación del Volumen a Emplearse de H ₂ O ₂	41
3.4.4. Determinación del pH	41
3.4.5. Determinación de la Agitación	41
3.4.6. Caracterización de la Constitución del Relave	41
3.4.7. Estimación Económica para la Empresa	41
3.5 DESARROLLO EXPERIMENTAL	41
3.5.1. Reactivos, Materiales y equipos	41
3.5.1.1 Reactivos	41
3.5.1.2. Materiales	42

3.5.1.3. Equipos	41
3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	42
3.6.1. Análisis del relave	42
3.6.2. Determinación de la Concentración de H ₂ O ₂	42
3.6.3. Determinación del Volumen a Emplearse de H ₂ O ₂	43
3.6.4. Determinación del pH	43
3.6.5. Determinación de la Agitación	43
3.6.6. Caracterización de la Constitución del Relave	44
3.6.7. Estimación Económica para la Empresa	44
3.7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	44
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Ubicación de la planta de beneficio PALTARUMI S.A.C.	2
Figura 2 Organigrama de la empresa	3
Figura 3 Expansión de la muestra previo al muestreo	4
Figura 4 Puntos imaginarios para hacer el muestreo	5
Figura 5 Procedimiento de muestreo	5
Figura 6 Flowsheet de la planta de cianuración PALTARUMI S.A.C. 50 TMSD	20
Figura 7 Proceso del Peróxido de hidrógeno	26

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Medidas de los límites superiores e inferiores del análisis	9
Tabla 2 Volumen anual del consumo de agua Industrial	22
Tabla 3 Volumen anual del consumo de agua doméstico	23
Tabla 4 Cuadro comparativo de los estados de degradación del Cianuro	32
Tabla 5 Análisis del relave	41
Tabla 6 Determinación de concentración de H ₂ O ₂	42
Tabla 7 Volumen de H ₂ O ₂ a emplearse	42
Tabla 8 Caracterización de la constitución del relave	43
Tabla 9 Estimación económica	43

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1: Panel Fotográfico	49

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Cobre, es un elemento químico de símbolo Cu y número atómico 29. Pertenece a los metales de transición. Pertenece a los metales de transición y es un importante metal no ferroso. Es el metal más utilizado por sus propiedades químicas, físicas, mecánicas y eléctricas. También fue uno de los primeros metales utilizados. La mayor parte del suministro mundial de cobre procede de minerales sulfurados, como la calcosina, la covelina, la calcopirita y la bornita.

Agua tratada, es un procedimiento complejo que incluye una secuencia de procesos químicos, físicos y biológicos destinados a eliminar las impurezas presentes en el agua de uso humano.

Aguas Residuales, se entiende el agua que ha sido alterada por la actividad humana y se vierte en una fuente de agua natural para su reutilización. Sin embargo, al no ser apta para el consumo, debe someterse a un tratamiento previo.

Aguas Residuales Industriales, se generan como resultado de diversos procesos productivos, como la minería, la agricultura, la pesca y las operaciones agroindustriales.

Aguas de Mina, son el resultado de las actividades mineras y entran en contacto con sustancias mineralizadas, adquiriendo ciertas características que requieren un tratamiento antes de poder ser reutilizadas.

Aguas continentales, se entienden las masas de agua duraderas que abarcan tanto las aguas dulces superficiales como las subterráneas.

Calidad de agua, se refiere a sus características físicas, químicas y biológicas.

CAL, a menudo denominada óxido de calcio o hidróxido de calcio, se utiliza para eliminar los carbonatos y garantizar un control adecuado del pH.

Color Aparente, se debe a la presencia de partículas en suspensión que contribuyen a su coloración.

Contaminación del Agua, se entiende la introducción en ella de cualquier sustancia no deseada que no se encuentre normalmente en ella, como microbios, sustancias químicas, basura y productos de desecho. Esta contaminación hace que el agua no sea apta para su uso.

Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua, se refiere a la concentración máxima admisible de elementos, compuestos o factores físicos, químicos y biológicos que se encuentran en los recursos hídricos superficiales. Estas concentraciones no deben representar un riesgo significativo para la salud humana ni causar contaminación ambiental.

Límites Máximos Permisibles, se refieren a los valores cuantificables que indican la concentración de componentes, compuestos o propiedades físicas, químicas y biológicas en un efluente o emisión. Estos límites representan los niveles más altos de tratamiento que pueden alcanzarse utilizando los enfoques más eficaces y económicamente viables para el tratamiento de las aguas residuales. La determinación se alinea con el Ministerio de Medio Ambiente y su cumplimiento es legalmente vinculante, impuesto tanto por el Ministerio de Medio Ambiente como por los organismos.

Muestra de Agua, es una porción de la sustancia que se está investigando, y se utiliza para analizar las propiedades de interés.

Prueba de jarras, se realiza para evaluar la rentabilidad y la eficacia de un método de tratamiento de un efluente.

Reducción, es un fenómeno electroquímico por el que un átomo o ion adquiere electrones, lo que provoca una disminución de su estado de oxidación, que es el opuesto a la oxidación.

INTRODUCCIÓN

El cianuro, es una sustancia química que, por razones técnicas y económicas, se emplea en el sector minero para recuperar el oro. En ahí la importancia que tiene su uso responsable. Esta sustancia química se ha empleado en la industria por casi un centenar de años.

Mundialmente, se generan alrededor unos 1,27 millones de toneladas de cianuro anualmente. Al igual que el cianuro un compuesto fundamental empleado por la industria química, formado por carbono y nitrógeno, y reacciona con facilidad con otras sustancias. Es un compuesto químico peligroso que exige impecables procedimientos de gestión. Las unidades mineras que procesan oro, no tienen otra alternativa que seguirlo utilizando, por cuanto aún no se han logrado obtener otras alternativas que sean baratas y amigables con el medio ambiente. La bibliografía nos presenta una serie de opciones para el tratamiento de aguas cianuradas, teniéndose entre otras técnicas químicas y biológicas, de foto degradación, dentro de las primeras opciones.

Dentro de los métodos químicos, se engloba el empleo de sustancias que se comportan como agentes oxidantes del ión cianuro, logrando su reducción a una estructura menos perjudicial, el cianato. Varias de las sustancias tan empleadas el peróxido de hidrógeno (H_2SO_5), el agua oxigenada (H_2O_2) y el hipoclorito de sodio ($NaClO$) son los materiales necesarios para este fin entre otros. El peróxido de hidrógeno, tiene más ventajas que los anteriores, debido a que no realza el incremento de la concentración salina en el agua en abundancia tiende a descomponerse en esencias no nocivas en relación con el ambiente.

También es menester tener en cuenta que, su costo no es tan oneroso como el de los otros compuestos usados con este fin. En estudios desarrollados, con la finalidad de comprobar la eficacia de la disminución en el uso de cianuro para tratar el agua de relave, se logró establecer, que, aunque más a mayor rendimiento, mayor tiempo de retención que se obtiene en la reducción de la concentración de iones cianuro.

Se ha precisado experimentalmente que, junto con la presencia de poca cantidad de catalizadores a base de sales metálicas solubles, como el cobre, el ritmo de reacción y el grado de eliminación del ion cianuro son mejorados. Este trabajo de investigación

a desarrollarse versará sobre la utilización de la técnica de oxidación química del cianuro por el H_2O_2 , como sustancia oxidante y su degradación para cianatar los iones posee mínima toxicidad ese cianuro; la propuesta consiste en confirmar que se está aplicando el tratamiento indicado anteriormente al relave resultante del procedimiento de cianuración en la planta de la empresa minera PALTARUMI.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

1.1. RAZÓN SOCIAL PALTARUMI S.A.C.

Forma jurídica: Sociedad anónima cerrada

RUC: 20548370840

Campo de actividad: Planta de Beneficio

Sector: Minería

Sede fiscal: Av. 28 de julio N° 755 - Miraflores - Lima - Perú

Jefe de laboratorio: Edgar Orlando AGUILAR GUERRERO

1.2. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

La Planta Procesadora Mineral PALTARUMI S.A.C., se encuentra ubicado en la Panamericana Norte km 221, Distrito de Paramonga, Provincia de Barranca, Departamento de Lima, a una altitud 24 m.s.n.m., el clima de la Zona es típico de la costa, alcanzando una temperatura máxima de 30 °C durante los meses de verano y una temperatura de 14 °C en época de invierno, cuenta con perfil geológico normal con accidentes geográficos sin gradientes pronunciados.

El ingreso la Planta de Beneficio está efectuada terrestre saliendo en la ciudad de Lima, se sigue la Panamericana Norte y luego de pasar la ciudad de Barranca, seguimos por la Panamericana hasta el kilómetro 221 en el que se ubica la Unidad de Peaje Huarmey. En este punto se recorren 800 m y a esta distancia se encuentra un desvío hacia la derecha, recorriéndose 600 m a la zona del proyecto. La duración del viaje es de aproximadamente 3 horas pasadas con 30 minutos.

1.3. EMPRESA MINERA PALTARUMI S.A.C.

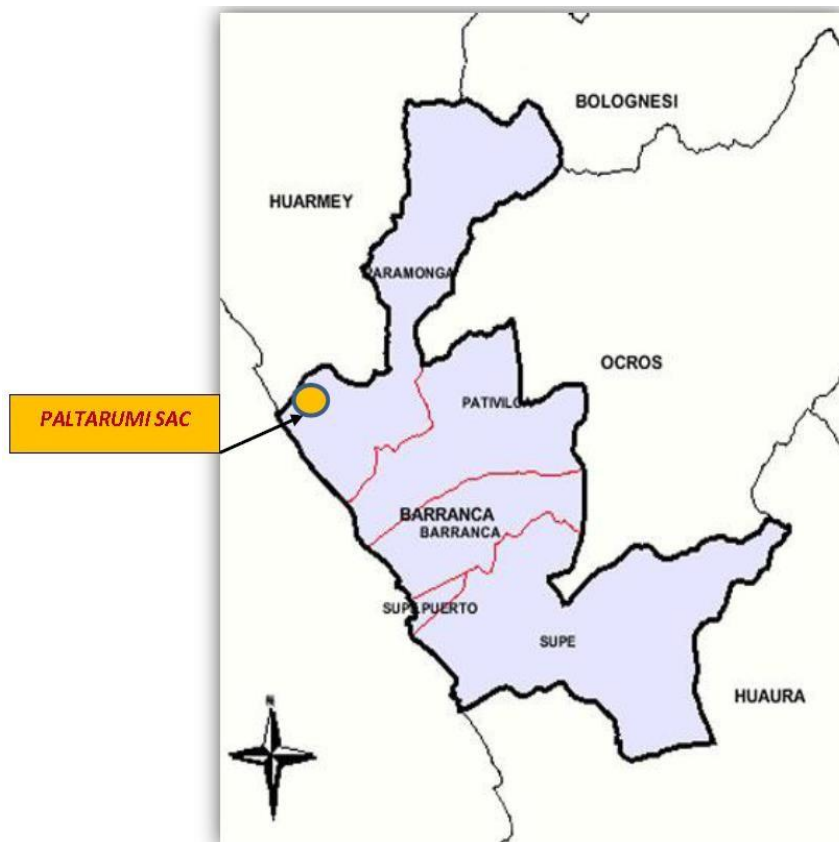
La empresa minera PALTARUMI S.A.C. es una empresa de capital con sede en Perú que explota plantas de beneficio, un tipo de minería. Está dedicado a la adquisición y transformación del oro y polimetálicos 100 % trazable provenientes de la minería artesanal, y de la pequeña minería, siendo su actividad principal la explotación aurífera.

La actividad minera PALTARUMI S.A.C. acumula minerales extraídos actualmente por pequeños mineros en diversos lugares como, por ejemplo: Entre las zonas mineras potenciales se encuentran Casma, Chimbote, Trujillo, Huánuco, Cerro de Pasco, Pararin, Paramonga, Huarmey, entre otras.

Las coordenadas de la concesión indican que la planta no está situada en la región de mitigación de un Área Natural Protegida (ANP) en los mapas que delimitan áreas restringidas del INGEMMET.

Figura 1

Localización de la empresa PALTARUMI S.A.C.



Nota. En la imagen se muestra el lugar donde se realiza el proceso.

1.4. VISION

Operar explotaciones mineras modernas y eficaces que maximicen la utilización de los recursos y sitúen a la empresa en el cuartil inferior de los costes de producción.

1.5. MISION

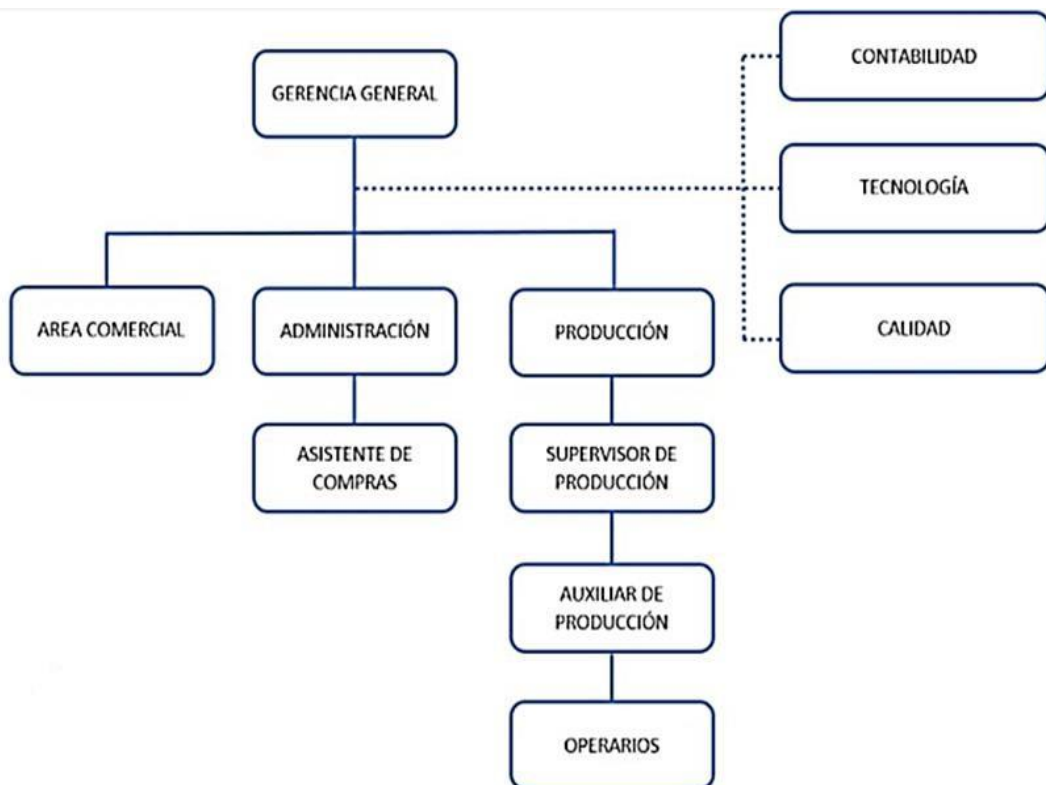
Ser una empresa minera altamente lucrativa y eficiente que garantice el crecimiento y la continuidad del negocio mediante el desarrollo de sus recursos con estándares de primer nivel, excelentes recursos humanos y cuidado del medio ambiente.

1.6. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA MINERA PALTARUMI S.A.C.

En la figura 2 se muestra el organigrama de la empresa minera.

Figura 2

Organigrama de la empresa.



Nota. Se muestra los órdenes jerárquicos de la empresa

1.7. ANÁLISIS EN LA EMPRESA MINERA PALTARUMI S.A.C.

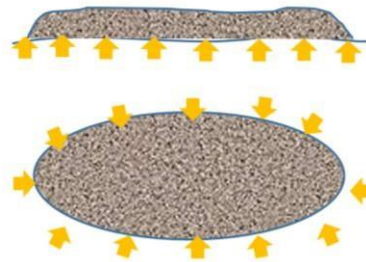
1.7.1. Protocolo de Análisis de Minerales

a. *Muestreo de mineral*

- Verificar que el lote esté identificado con un letrero.
- Antes de iniciar con el proceso de muestreo se deben tener las herramientas limpias y en buen estado en el lugar de muestreo.
- El muestrero deberá lavar su lona y sus herramientas con el mismo mineral a muestrear.
- El personal muestrero inicia tomando la muestra en todo el contorno del lote con un distanciamiento de 1 metro entre los puntos de muestreo tal como se observa en el gráfico.

Figura 3

Expansión de la muestra previo al muestreo.

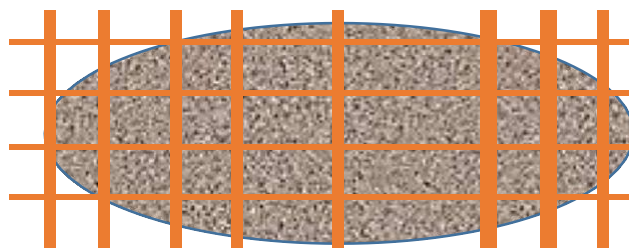


Nota. En la figura se muestra la forma adecuada de expandir el lote.

- Luego iniciar con el muestreo superficial del lote con un distanciamiento de 1 metro entre cada punto de muestreo, tal como se observa en la figura (intersección de la línea horizontal y vertical).

Figura 4

Puntos imaginarios para hacer el muestreo.

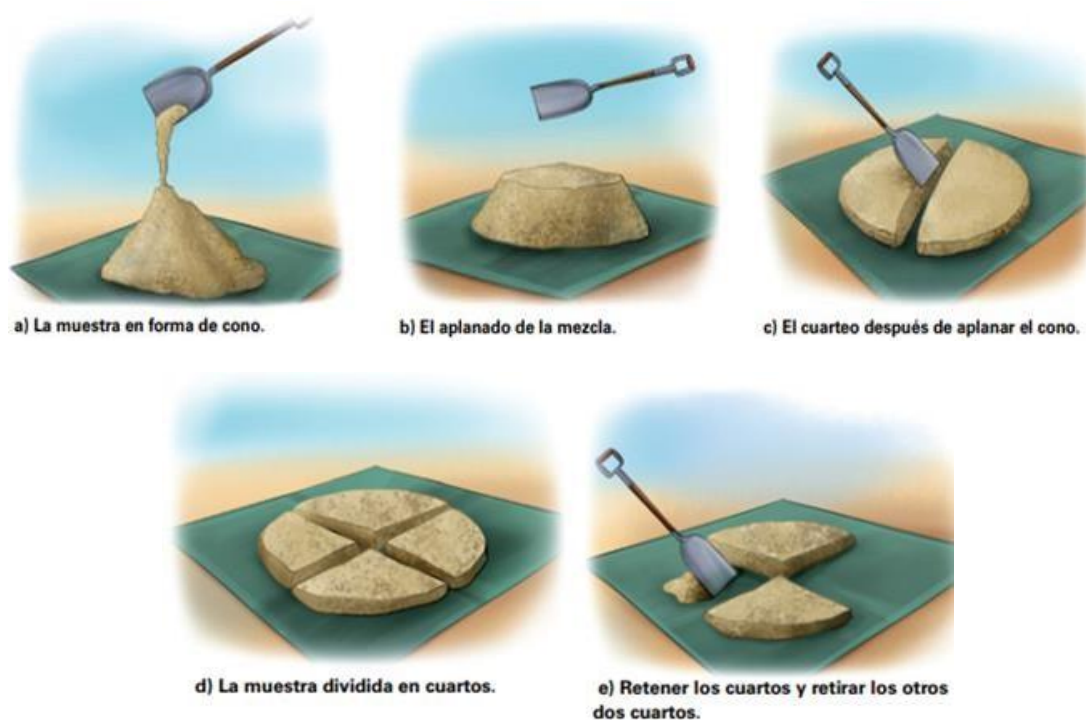


Nota. En la figura se realiza puntos imaginarios para hacer el muestreo homogéneo

- Luego se realiza el muestreo en profundidad del lote excavando un hoyo con una pala en el mismo punto de muestreo superficial y extraer la muestra con una pala de la parte inferior, acumular en balde o carretilla.
- Toda la muestra acumulada en balde/carretilla se traslada sobre una manta de homogenización, con ayuda de una pala se realiza el movimiento de toda la muestra formando un cono, las paladas siempre colocar sobre la parte superior del cono para que se distribuya uniformemente alrededor del cono de muestra, esta tarea se realiza dos veces.
- Se realiza el cuarteo con un cortador en cruz, las partes opuestas se descartan y las otras dos partes quedan para continuar con el proceso de reducción de muestra hasta tener aproximadamente 20 kg.

Figura 5

Procedimiento de muestreo



Nota. Las figuras muestran el procedimiento detallado del muestreo y cuarteo.

b. Muestreo de relave/material tratado

- Cuando la muestra esté lista para el muestreo se realiza con la pluma realizando sobre el material trazando en forma cuadrangular y en cada intersección realizar el muestreo asegurando que el muestreador llegue hasta

el piso, luego se da una vuelta de 180° y se retira la pluma con la muestra, descargar la muestra sobre la carretilla.

- Realizar la homogenización de la muestra con ayuda de una pala de un lado hacia otro, cuando esté homogenizado realizar el corte con un cuarteador manual, las 2 partes se toman para trasladar a laboratorio químico y las otras dos partes se descartan devolviendo a la ruma de relave.

c. Restricciones

- No realizara el trabajo personal no capacitado ni autorizado.
- Se realizará el muestreo de mineral previamente disminuido el tamaño de muestra en la chancadora de quijada de planta.
- No se realizará el trabajo si no se han elaborado las herramientas de gestión.
- No se realizará el trabajo, si el trabajador no cuente con sus EPPs respectivos.
- No utilizar equipos, herramientas ni accesorios en mal estado.

d. Preparación de muestra

- Supervisor de muestreo
- Muestrero/Preparador de Muestras

e. Equipos de protección personal

- Protector tipo Jockey con barbiquejo
- Gafas de protección
- Máscara facial de media cobertura con filtros para partículas y vapores
- Atuendo integral con bandas reflectantes
- Dispositivo para la protección auditiva
- Manoplas de material nitrílico
- Guantes de cuero/Badana
- Guantes aluminizados
- Zapatos con punta de acero

f. Equipos/herramientas/materiales

- Estufa de secado
- Molino Polveador

- Pala metálica
- Manta de Jebe
- Baldes de 20 L
- Cortador en cruz
- Escoba de nylon
- Sacos mineros
- Bandeja Metálica de recepción 20 kg
- Bolsa de muestreo

g. Procedimiento

- El personal asignado al muestreo deberá coordinar el trabajo con el Supervisor de Muestreo y/o jefe de Laboratorio Químico – Metalúrgico.
- Utilizar en todo momento el EPP (básico y/o especial) para el desarrollo del trabajo.
- Realizar el check list de los equipos, herramientas y materiales que va a usar en el trabajo. (De corresponder).
- El jefe de Laboratorio y/o responsable debe entregar el orden de trabajo al personal que realiza el trabajo.
- El personal asignado para el muestreo debe realizar el IPERC continuo antes de inicio de sus labores, el mismo que debe tener el visto bueno del supervisor responsable de la actividad.
- Es fundamental garantizar que la zona laboral se encuentre en condiciones de limpieza, organización y sin obstrucciones.

h. Recepción de mineral

- El lote muestreado debe registrarse la fecha y hora de ingreso, tipo de muestra y la identificación del lote en el formato de determinación de humedad FOR-LAB-03.
- De la muestra total tomar una porción de muestra para determinar la humedad.
- Realizar el secado de toda la muestra en bandejas de acero inoxidable a una temperatura de 105 °C +/- 5 °C hasta que esté completamente seco, luego retirar y enfriar. Esto durara 1 h y 30 min. Sacar y dejar enfriar por un tiempo de 20 min.
- Realizar la limpieza de la chancadora quijada con aire comprimido y cuarzo.

- Una vez limpio la chancadora quijada procedemos a chancar el mineral (2 veces) hasta obtener el tamaño de partícula requerida para la pulverización; obtendremos una malla entre 70 a 85 % este proceso durara 10 min aproximadamente.
- Luego de obtener el mineral chancado pasamos a mantear el mineral hasta que quede completamente homogenizada y procederemos a muestrear por incremento obteniendo 1 bolsas de 2 kg aproximadamente. para su previa pulverización Dicho proceso será de 15 min aproximadamente.
- Luego verificar que el plato de anillos de la pulverizadora se encuentre limpia o sino proceder a la limpieza con cuarzo o sílice fino; echar al plato aproximadamente 250 g luego proceder a la pulverización por 5 min. Este proceso nos tomara un tiempo de 1 h y 30 min
- Una vez pulverizada la muestra proceder a homogenizar y tomar muestras en 4 bolsas destinadas para cliente, laboratorio químico, metalúrgico y dirimensia cuyo proceso nos tomara un tiempo de 30 min.

i. Restricciones

- No realizará el trabajo personal no capacitado ni autorizado.
- No se realizará el trabajo si no se han elaborado las herramientas de gestión.
- No se realizará el trabajo, si el trabajador no cuente con sus EPPs respectivos.
- No utilizar equipos, herramientas ni accesorios en mal estado.

1.7.2. Análisis de Muestra por Vía Seca

i. Alcance

Este método es aplicable para la determinación de Oro y Plata en minerales con presencia de plata y oro libre.

Tabla 1

Medidas de los limites superiores e inferiores del análisis

Análisis	MAGNITUD	Tope Inferior	Máximo límite
Oro	ppm	0,030	10
Plata	ppm	0,060	60000

Nota. Está tabla muestra los límites de análisis.

ii. Principio

El procedimiento consiste en determinar los pesos de una muestra que ha sido sometida inicialmente a una separación por malla. Ello se debe a la presencia en la muestra de residuos de Au y Ag no ligados, que no están distribuidos uniformemente. Sin embargo, el proceso previo de preparación de la muestra puede ayudar a reducir los efectos negativos de la dispersión desigual del material precioso. Las partes denominadas gruesas (+ malla) y finas (- malla) se tratan por separado a fundir, y poder reunir metales nobles, incluidos los metales del grupo Pt, Ag y Au. En el proceso de fundición es la parte reducida del PbO de la mezcla fundente forma una regla, o botón, mientras que el PbO restante oxida las impurezas de metal se combinan con los óxidos metálicos para generar compuestos plomados. La fundición se aísla de la parte preciosa pasándola por una copela de magnesita, que la oxida y absorbe hasta el 90 % junto con ciertas impurezas metálicas y es volatilizado ya sea como PbO o en la configuración de Pb_2O_3 , durante la etapa de copelación, se genera un botón resistente a la oxidación compuesto por metales preciosos, comúnmente denominado doré.

Estos metales se separan mediante asalto ácido, como el ácido nítrico, en crisoles de porcelana forma $AgNO_3$ ambos en solución, dejando decantar el oro metálico que contenga; el aureato enjuague con agua, tratamiento con una solución de amoníaco, proceso de secado y posterior calcinación.

iii. Normas y/o documentos de referencia

- JIS M 8111:1963 Método para determinar la cantidad de plata y oro en los minerales.
- ISO 10378: 2016 Para determinar oro y plata
- NORMA ASTM B 562 Necesidades de oro refinado.
- NORMA ASTM E 50 Procedimientos relativos a las medidas de seguridad, los reactivos y el equipo utilizados en el análisis químico de metales.
- NORMA ASTM E135 Palabras utilizadas en el examen químico de materiales afines, minerales y metales.
- NORMA ASTM E 882 Guía En lo que respecta al control de calidad en el análisis químico de metales.

iv. Términos y definiciones

- **Copelación**, proceso de oxidación del plomo metálico, los metales nobles son separados del regulo de plomo, que es absorbido por la copela, por el principio de capilaridad.
- **Régulo**, botón de plomo que contiene los metales nobles colectados su peso varío de 30 a 60 g.
- **Litargirio**, es un mineral de la clase de los minerales óxidos cuya fórmula química corresponde al óxido de plomo (II), PbO.
- **Mezcla fundente**, es un reactivo compuesto por óxido de plomo, carbonato de sodio, bórax y sílice.
- **Fundición**, proceso por el cual se fusiona la muestra por el efecto de la temperatura y la mezcla fundente.
- **Oro libre**, son pepitas de oro diseminadas en una muestra geológica o concentrado, que causan heterogeneidad en la misma.
- **Encuarte**, La inclusión de la plata en el ensaye del material para ayudar en el proceso de separación del oro de la plata.
- **Doré**, Aleación de plata y oro producida por copelación.

v. Materiales y equipos

- Fundidor térmico
- Horno para el proceso de copelación
- Báscula microscópica con una sensibilidad de 0,001 mg
- Báscula de precisión con una sensibilidad de 1 mg
- Pinza especializada para la fundición
- Sujetador específico para la etapa de copelación
- Guante recubierto de aluminio
- Delantal con capa de aluminio
- Una careta
- Respirador para gases metálicos
- Molde para lingote de hierro
- Escritorio metálico
- Martillo
- Yunque

- Copela Magnesita # 7C
- Crisol refractario de 40 g
- Alicate plano
- Crisoles de porcelana 25 mL
- Tubos de vidrio de 5 y 10 mL
- Laminadora

vi. Reactivos

- Solución de Ácido Nítrico (65 - 70 %) (Densidad 1,40) Grado Analítico.
- Soluciones de Ácido Nítrico (15 % v/v y 50 % v/v)
 - ✓ Preparar 150 mL de ácido nítrico y diluir a 1000 mL con agua
 - ✓ Preparar 500 mL de ácido nítrico y diluir a 1000 mL con agua
- Ácido Clorhídrico (Densidad 1,19)
(En los ácidos G.E. Corrosivos, utilizar gafas y guantes, y operar únicamente en una campana extractora)
- Ceniza de hueso
 - Plomo laminado
 - Plata metálica
 - Harina domestica

vii. Muestra

La muestra debe estar seca y luego separada por malla (140 mallas y una garantía de calidad 85 % \pm 5 %), se obtendrá dos partes la malla +140 (muestra gruesa) y la malla -140 (muestra fina), la cantidad de muestra necesaria será de 200 a 250 g de muestra.

viii. Seguridad

- Para la gestión de mezclas fundentes y reactivos debe llevar un respirador con filtros de polvo.
- A la hora de trabajar con los los hornos de (los procesos de fusión y copelación) requieren el empleo de delantales con revestimiento de aluminio, guantes y protectores faciales.
- Es necesario emplear una máscara con cartucho para partículas y ácidos,

gafas de protección y guantes de goma al manejar ácido clorhídrico y nítrico.
Consulte las MSDS correspondientes para obtener más detalles.

- La manipulación de ácidos solo está permitida dentro de una campana de extracción.

ix. Responsables

- El jefe de laboratorio y/o analista químico del área es responsable de:
 - ✓ implementar; capacitar y hacer cumplir el método.
- El analista químico es responsable de:
 - ✓ Informar al jefe de laboratorio, las no conformidades detectadas antes, durante o después de realizar la estipulación de plata y oro mediante la técnica Newmont (Retallas.)

x. Procedimiento

- **Pesado**

Usando un vidrio de reloj previamente tarado, pesar ambas fracciones del material fino y grueso a ensayar en incrementos de 10 g a 20 g. Luego, transfiera los resultados a una bolsa de plástico etiquetada. La totalidad del material grueso es pasada directamente a la bolsa que le corresponde de acuerdo con lo que indica la hoja de trabajo o de existir excesiva muestra separar en dos o tres porciones que luego serán sumadas en los cálculos. Según el peso y el material adicionar los reactivos para ello usar la balanza de precisión

- **Acondicionamiento en crisoles**

Numerar y limpiar los crisoles refractarios utilizando la hoja de trabajo como guía. formato F-LAB-009 y colocarlos en orden.

- **Fundición**

- Incluir en la muestra ponderada, aproximadamente 150 +/- 5 g de flujo homogenizar asegurándose de evitar cualquier fuga y posteriormente ubicar en el crisol asignado.
- Colocar una capa de bórax sobre la muestra.
- Introducir los crisoles en el horno en orden descendente y de derecha a

- izquierda, organizándolos en su interior.
- La temperatura inicial para el proceso de fusión es de 860 +/- 40 °C durante un lapso de 20 minutos; es esencial que el extractor esté activado para eliminar los gases de combustión.
 - Ajustar la temperatura de inicio de fusión a 960 +/- 40 °C durante un periodo de 20 minutos, según la respuesta observada en las muestras. Es crucial mantener activado el extractor para la eliminación de los gases de combustión.
 - Después de verificar la salida de los gases de combustión y la interrupción de la efervescencia tras 20 minutos, incrementar la temperatura a 1060 +/- 40 °C y cerrar la puerta del horno. Una vez alcanzada la temperatura final, dejar transcurrir 20 minutos adicionales antes de proceder con la descarga.
 - Realizar la descarga, vaciando el contenido del crisol en la lingotera.
 - Permitir que se enfríe y separar la masa de plomo de la escoria. Golpearla con un cincel sobre un yunque para darle la forma de un cubo y eliminar cualquier residuo de escoria. En el caso de las masas de plomo limpias, solo aplanar la parte superior para facilitar su manipulación durante el proceso de copelación. Asignar un código único a cada masa, de acuerdo con la hoja de trabajo F-LAB-009.
 - El peso medio del botón de plomo oscilará entre 25 y 50 g en el caso de las muestras finas; de lo contrario, se repetirá el proceso de fusión ajustando la cantidad de KNO_3 o harina añadida. Para las muestras gruesas, se empleará una copela #7C.
- ***Muestras con contenidos altos de Ag y Au***
 - En el caso de muestras con concentraciones superiores a 10000 g/tm en plata y/o 40 g/tm en oro, se procede a recuperar las escorias mediante un nuevo proceso de fusión, generando así un regulus de plomo con un peso que varía entre 5 y 15 g.
 - La escoria es reintroducida en el crisol y sometida a un proceso de fusión durante 20 minutos, posteriormente se le añade un cuarto de cucharón de mezcla fundente y 1 g de harina envueltos en papel.
 - Luego, se inicia el proceso de fusión.
 - La masa de plomo obtenida se combina con la obtenida en la primera fusión y se avanza a la fase de copelación.

- **Copelación**
 - Introducir las copelas identificadas en el horno y calentar durante 15 minutos, siguiendo la codificación establecida en el formato F-LAB-XXX, a una temperatura de 930 ± 30 °C. Especificar la disposición de las copelas dentro del horno,
 - Se añadirá un marcador (con un peso de plata conocido, aproximado al peso esperado del doré en análisis) de modo que dicho marcador pueda supervisar las muestras cercanas a él, ubicándolo al menos una vez por cada fila. Este marcador estará envuelto en láminas de plomo con un peso similar al de la masa de plomo obtenida.
 - Introducir las masas de plomo de manera secuencial, respetando un espacio de tiempo de 2 a 3 minutos entre cada fila.
 - La fase de copelación tiene una duración que varía entre 30 y 50 minutos, ajustándose al tamaño de la masa de plomo cargada (con una velocidad aproximada de al menos 1 g de plomo de la masa mínima). Se realiza a una temperatura de 930 ± 30 °C, y se considera que la copelación ha concluido cuando se detecta el brillo característico de la plata. En este punto, se retira la copela del horno.
 - Para limpiar el doré obtenido, emplear un alicate tipo pico de loro y las pinzas específicas para doré. Posteriormente, realizar la pesada utilizando una micro balanza y registrar los resultados en la hoja de trabajo F-LAB-009.

- **Partición gravimétrica y por absorción (si se requiere)**
 - Colocar los dores de la muestra fina en los tubos de 10 mL de capacidad.
 - Laminar los dores de la muestra gruesa y/o aplanar con un martillo, luego colocar en los tubos 10 mL de capacidad.
 - Agregar 1,5 mL ácido nítrico al 15 %, trasladándola a la superficie de tratamiento a temperatura 120 °C.
 - Agregar 5 mL ácido nítrico al 50 % y transferirlo a la superficie de tratamiento a la temperatura 120 °C.
 - Después de completarse la reacción (identificada por la detención de burbujeo), aumentar la temperatura a 150 °C y agregar aproximadamente 1 mL de ácido nítrico concentrado. Permitir que el proceso de ataque continúe durante un lapso de 20 a 30 minutos.

- En el caso del mineral grueso, decantar la solución de AgNO_3 y agregar 1,5 mL ácido nítrico 15 %, y posteriormente agregar 5 mL al 50 %.
- Quitar las estructuras de soporte y permitir que se enfríen antes de transferir la solución de nitrato de plata con oro a los crisoles de porcelana. Posteriormente, llevar a cabo el proceso de lavado, realizando dos enjuagues con agua desionizada.
- Permitir que los crisoles de porcelana con la presencia de oro se sequen sobre la superficie y proceder a la calcinación utilizando un mechero o el horno.
- Llevar a cabo la medición del peso del oro y anotarlo en las hojas de trabajo según el formato F-LAB-009.
- Cuando la proporción Ag:Au no sea de 3:1, se llevará a cabo un proceso de encuarte, que implica la adición de plata metálica al doré y su envoltura en alrededor de 10 g de plomo laminado, seguido de la copelación.
- División para ser analizado mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica.
- Poner las muestras de doré en tubos de ensayo con una capacidad de 10 mL, etiquetándolos de manera apropiada.
- Incorporar 1 mL de ácido nítrico al tubo de 10 mL y calentarlo en la superficie a una temperatura de $120\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$.
- Una vez concluida la reacción del ácido con el doré (indicada por la detención de la efervescencia), se retiran los tubos de la superficie de calentamiento. Luego, se añaden 3 mL de ácido clorhídrico concentrado y se prosigue con el proceso de ataque ácido en la plancha para garantizar la completa disolución del oro, eliminando los vapores nitrosos. La finalización de este proceso se evidenciará cuando la solución adquiera un tono amarillo claro.
- Refrigerar y completar el volumen a 10 mL utilizando agua desionizada hasta alcanzar el nivel deseado.
- Cubrir toda la estructura con un material plástico delgado, mezclar de manera uniforme y llevar a cabo la lectura mediante Absorción Atómica.

xi. Expresión de resultados

- **Cálculos para los resultados del análisis**

a.
$$Au_{\left(\frac{g}{Tm}\right)} = Au_{ppm} = \frac{W_{Aumg}}{W_{muestra\ en\ g}} * 1000$$

$$\begin{aligned}
\text{b. } Au_{\left(\frac{oz}{Tc}\right)} &= \frac{W_{Au(mg)}}{W_{muestra \text{ en } g}} * 29,1667 \\
\text{c. } Au_{\left(\frac{g}{Tm}\right)(S/A)} &= Ag_{ppm(A)} \frac{\delta}{\rho} = \frac{(W_{dore} - W_{Au} - W_{BK})(mg)}{W} * 1000 \\
\text{d. } Ag_{Oz/Tc\left(\frac{S}{A}\right)} &= \frac{(W_{dore} - W_{Au} - W_{BK})(mg)}{W} * 29,1667 \\
\text{e. } Ag_{\left(\frac{g}{Tm}\right)(C/A)} &= Ag_{ppm(A)} \frac{c}{\rho} = f_{aj} * \frac{(W_{dore} - W_{Au} - W_{BK})(mg)}{W} * 1000 \\
\text{f. } Ag_{Oz/Tc\left(\frac{S}{A}\right)} &= f_{aj} * \frac{(W_{dore} - W_{Au} - W_{BK})(mg)}{W} * 29,1667 \\
\text{g. } f_{(aj)} &= \frac{W_o(\text{titulo})}{W_f(\text{titulo}) - W_{BK}(\text{plomo laminado})} \\
\text{h. } Ag_{(ponderado)} &= \frac{W_{(finos)g}}{W_{(total \text{ muestra})g}} Ag_{(finos)\left(\frac{oz}{Tm}\right)} + Ag_{(gruesos)\left(\frac{oz}{Tc}\right)u\left(\frac{oz}{Tm}\right)} \\
\text{i. } Au_{ponderado} &= \frac{W_{(finos)g}}{W_{(Total \text{ muestra})g}} Au_{(finos)\left(\frac{oz}{tm}\right)} + Au_{(gruesos)\left(\frac{oz}{tc}\right)u\left(\frac{oz}{tm}\right)}
\end{aligned}$$

Donde:

- $W_{doré} (mg)$: Peso de doré en mg
- $W_{dorécorregido} (mg)$: Peso de doré corregido de muestra con contenido de Bi.
- $W_{Au} (mg)$: Peso de oro en mg
- $W_{BK} (mg)$: Peso del blanco de la mezcla fundente en mg
- $W_{muestra} (g)$: Peso de la muestra ensayada en g, para el caso de la porción de gruesos, el peso de la muestra es el total de muestras de finos y gruesos
- $W_f (\text{titulo})$: Peso final de título en mg
- $W_0 (\text{titulo})$: Peso inicial de título en mg
- $W_{BK} (\text{plomo laminado})$: Peso del blanco del plomo laminado
- f_{aj} : Factor de ajuste
- $Ag_{\left(\frac{g}{tm}\right)} (s/a)$: Ley de plata en g/Tm sin ajuste
- $Ag_{\left(\frac{oz}{tc}\right)} (s/a)$: Ley de plata en oz/Tc sin ajuste
- $Ag_{\left(\frac{g}{tm}\right)} (c/a)$: Ley de plata en g/Tm con ajuste
- $Ag_{\left(\frac{oz}{tc}\right)} (c/a)$: Ley de plata en oz/Tc con ajuste
- $Au_{(g/Tm)}$: Ley de oro en g/Tm

- $Au_{(oz/Tc)}$: Ley de oro en oz/Tc
- $Ag_{(ponderado)}$: Ley de plata ponderada en oz/Tc u oz/Tm
- $Au_{(ponderado)}$: Ley de oro ponderada en oz/Tc u oz/Tm
- $Ag_{(finos)} \left(\frac{oz}{tc}\right)u\left(\frac{oz}{tm}\right)$: Ley de plata de finos
- $Au_{(finos)} \left(\frac{oz}{tc}\right)u\left(\frac{oz}{tm}\right)$: Ley de oro de finos
- $Ag_{(gruesos)} \left(\frac{oz}{tc}\right)u\left(\frac{oz}{tm}\right)$: Ley de plata de gruesos
- $Au_{(gruesos)} \left(\frac{oz}{tc}\right)u\left(\frac{oz}{tm}\right)$: Ley de oro de gruesos

- **Control de calidad**

- Duplicados
- Material de referencia certificado y/o material de referencia interno

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO CIENTÍFICO Y DESCRIPCIÓN PRACTICA

2.1. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA EMPRESA MINERA PALTARUMI S.A.C.

El desarrollo de mi actividad profesional en la empresa minera PALTARUMI S.A.C. fue el de realizar análisis químico en el procesamiento de oro y plata, que describo a continuación.

- Evaluación y Reporte de Resultados, de muestras almacenadas, instalaciones de lixiviación y proceso de desorción, carbones de control, bullones de barras de dorés, y pruebas metalúrgicas
- Método Newmont para Au (determinación de Au grueso)
- Método Chidi para soluciones cianuradas Au y Ag
- Análisis gravimétrico para Au y Ag
- Método Combinado Au
- Análisis de carbones de control y de cosecha
- Análisis de bullones
- Lectura de soluciones cianuradas por Absorción Atómica

2.2. PROCESAMIENTO DE ORO Y PLATA EN LA EMPRESA MINERA PALTARUMI S.A.C

Ubicada en la comunidad campesina de Pararin, distrito de Paramonga, provincia de Barranca, departamento de Lima, la planta de lixiviación de PALTARUMI S.A.C.

opera dentro de la concesión minera "Karim 20" a una altura de 100 metros sobre el nivel del mar en la intercuenca 137593 (Pararin).

La empresa minera PALTARUMI S.A.C., procesa minerales con la presencia de:

- pirrotita ($\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$)
- Mmarcasita (FeS_2)
- Alcopirita (CuFeS_2)
- Electrum (Au nativo)
- Pirarguirita (Ag_3SbS_3)
- Esfalerita (ZnS).

La empresa minera PALTARUMI S.A.C., produce Alrededor de 1,000 onzas de oro anuales, principalmente originadas de:

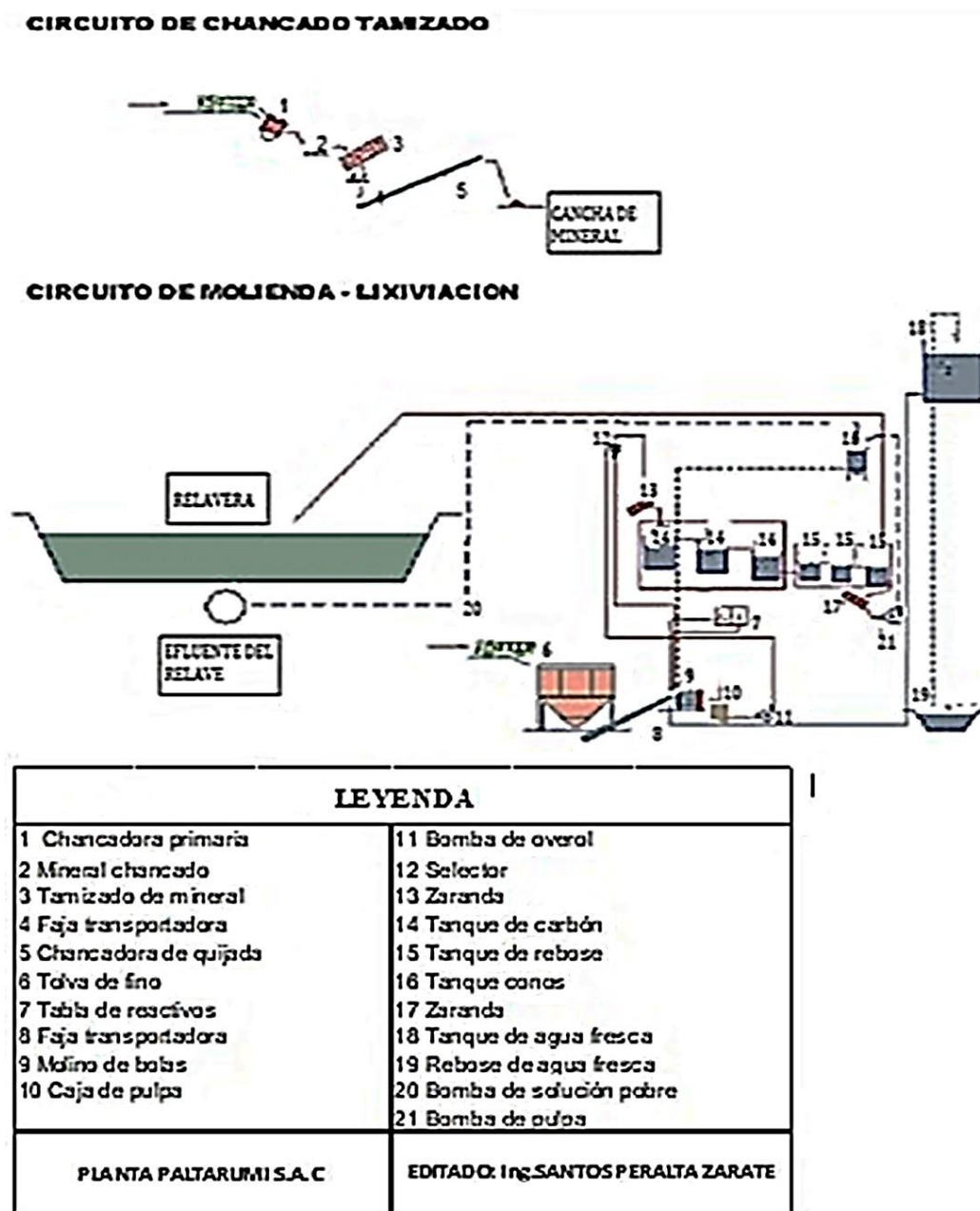
- La planta de cianuración de mineral aurífero funciona a una capacidad diaria de 50 toneladas métricas, abasteciéndose de actividades mineras artesanales y de pequeña escala. Este suministro procede principalmente de las inmediaciones del proyecto y de otras regiones del norte de Perú, a través de la compra de vetas de mineral.
- Entre 2013 y 2014, la empresa minera Paltarumi S.A.C. invirtió aproximadamente US\$ 800,000.00 de sus accionistas en construcción, puesta en marcha de la planta y exploración minera. La empresa planea utilizar estas inversiones para ampliar su producción a 2.000 onzas por año a mediano plazo (período 2014).
- El caudal que llega a la sección de estériles es de 4,34 metros cúbicos por hora, con una densidad de 1.300 gramos por litro.
- El mineral procesado en la planta de beneficio procede de varios proveedores, algunos de los cuales suministran mineral en pequeñas cantidades. Esto hace necesaria la trituración por separado para obtener muestras, realizar ensayos y llegar a un acuerdo con el proveedor (a efectos de comercialización).

2.3. FLOWSHEET DE LA PLANTA DE CIANURACION PALTARUMI S.A.C

En la figura 6 se muestra el flowsheet de la planta de cianuración PALTARUMI S.A.C - 50 TMSD.

Figura 6

Flowsheet de la planta de cianuración PALTARUMI S.A.C.



Nota. Se muestra el diagrama de flujo, a través del flowsheet que consta de 21 operaciones en dos circuitos de PALTARUMI S.A.C.

El diagrama de flujo se desarrolla de la siguiente manera: La carga mineral de la compuerta de material grueso se introduce mediante un dispositivo de alimentación continuo y transportado a la sección de chancado.

La introducción de cal al mineral de mayor tamaño se realiza debido a la cantidad considerable necesaria y por la facilidad de incorporación.

Una rejilla fija separa el material con un tamaño de menos 1 pulgada delante de la trituradora de mandíbulas, que está conectada en circuito abierto con una criba vibratoria de dos pisos de 3 por 6 pies y una trituradora de cono de 3 pies. El nivel superior de la criba de 3 por 6 pies divide la fracción inferior a media pulgada. El material triturado se transporta a las tolvas de finos mediante una cinta transportadora estacionaria. Si es necesario aumentar la capacidad de la planta, existe la opción de almacenar el material en tolvas adicionales.

El mineral procedente de depósitos finos se suministra a cada uno de los molinos de bolas de 5' x 8' mediante un sistema de velocidad variable. Los molinos de bolas funcionan en circuito cerrado con los clasificadores en espiral de 36'. La descarga de cada clasificador se compone de partículas de tamaño inferior a 100 mallas, que representan el 95 % del volumen total. El lodo, con un contenido sólido del 25%, se transporta por fuerza gravitatoria a espesadores que tienen un diámetro de 30 pies y una altura de 8 pies. El material sobrante del espesador, junto con la solución concentrada, se dirige a la planta de precipitación situada debajo del molino. El efluente de cada espesador se dirige a un sistema de lixiviación de tres tanques con dimensiones de 16 pies de diámetro y 14 pies de altura. La pulpa del tercer agitador se envía al espesamiento inicial en un sistema de lavado en contracorriente que consta de cuatro espesadores de doble compartimento. Cada compartimento está conectado a una bomba para garantizar una gestión eficaz de los lodos entre los espesadores. El caudal reducido del cuarto espesador se envía a dos filtros de disco de 6' x 4 mediante bombeo.

El residuo sólido, conocido como torta de filtración, se rehidrata y se traslada a una alta concentración al depósito de estériles. Se introduce agua en la cámara de espesamiento para reponer el agua que se ha perdido como resultado de la evaporación y la humedad presente en la torta de filtración. El agua de la balsa de estériles, que incluye cianuro, se reutiliza como agua de lavado en los espesadores o como agua de proceso en la planta.

2.4. REQUERIMIENTOS DE AGUA

La empresa minera PALTARUMI S.A.C. requiere y/o consume agua con dos finalidades, uno destinado a fines industriales y otro designado para aplicaciones domésticas; a continuación, se describen las fuentes de aprovisionamiento y las cantidades.

2.4.1. Abastecimiento de Agua para Uso Industrial

- a) Para iniciar el proceso de cianuración se utilizaron 430 m³ de agua dulce. La proporción de mineral por agua fue de 1:1,72, que es el volumen necesario para llenar la pulpa de los 6 tanques de agitación y comenzar las actividades iniciales del proceso de cianuración. La fábrica requiere un aporte diario de 61,5 metros cúbicos de agua dulce para funcionar a su máxima capacidad, procesando 250 toneladas métricas de mineral cada día. Además, necesitamos incorporar otros 2,00 m³/día de agua dulce para diversos fines, como la zona del circuito de trituración, el riego para compensar la pérdida de mineral fino en el proceso de mezcla, la preparación de muestras, el laboratorio químico, etc.
- b) Tras una semana de producción, la pulpa se deposita en la balsa de residuos para su clarificación, lo que da lugar a una solución agotada (solución Barren) que se recicla de nuevo en la planta mediante una bomba de solución. La solución Barren recupera el 60 % (258 m³), pero 172 m³ se pierden en los relaves de cianuración debido a la evaporación, la humedad del mineral y la elevada temperatura del lugar.
- c) El agua dulce industrial se almacena en dos pozos: uno con una capacidad de 40 m³ y otro con una capacidad de 25 m³, ambos con una capacidad adicional del 40% para situaciones de contingencia.

Tabla 2

Volumen anual del consumo de agua industrial

Descripción	Diario (m ³ /día)	Mensual (m ³ /mes)	Anual (m ³ /año)
Planta (Fresca)	61,5	1 845	22 140
Lavado de carbón	1,5	45	540
Regado, otros	2	60	720
Total	65	1 950	23 400

Nota. En la tabla describimos el consumo de agua.

- d) La demanda inicial de agua para el funcionamiento de la planta en la primera fase se cubrirá con camiones cisterna de 10 m³ de capacidad. Estos camiones procederán de proveedores situados en el distrito de Paramonga.

2.4.2. Abastecimiento de Agua para Uso Doméstico

- a) El consumo de agua previsto para uso doméstico del personal de la planta (incluyendo lavandería, higiene personal y alimentación) es de 2,05 m³ por persona y mes. Esta estimación tiene en cuenta la presencia de entre 25 y 30 personas que vivirán en la planta durante la fase operativa, con un margen adicional del 30% para las visitas.
- b) Hay tres unidades de cisternas duraplant con una capacidad de 2.000 L cada una, que se distribuirán entre las instalaciones del campamento, la cocina y las oficinas. El agua potable se suministra mediante camiones cisterna de terceros.
- c) El precio de compra de 1.00 m³ de H₂O Industrial en la zona de Las Barrancas es de S/.10.00 x m³. El tanque tiene una capacidad de 10.00 m³, lo que equivale a \$3,16 por tonelada métrica (TM).
- d) El precio de adquisición de agua potable es de S/. 25,0 por metro cúbico.

A continuación, se presenta la cantidad anual de agua consumida por el personal en la etapa operativa de la instalación.

Tabla 3

Volumen anual del consumo de agua doméstico

Descripción	Diario (m ³ /día)	Mensual (m ³ /mes)	Anual (m ³ /año)
Consumo humano	2,05	61,50	738,00
Total	2,05	61,50	738,00

Nota. En el cuadro describimos el consumo de agua de una persona.

2.5. CANTIDADES ESTIMADAS DE EFLUENTES

2.5.1. Efluentes Producto de la Planta de Beneficio

Los estériles producidos a partir del concentrado de mineral serán limitados gracias a nuestro uso de un sistema cerrado, centrado en reciclar la mayor cantidad de agua

posible. Los lodos formados se transportarán al depósito de estériles mediante tuberías de 4' para su eliminación final.

Se implantará un sistema de geomembranas para salvaguardar el terreno de estériles, al tiempo que se procurará maximizar la recuperación de agua para su posterior reutilización.

2.5.2. Efluentes de la Población Laboral

Las aguas residuales producidas por las personas empleadas (excrementos humanos) se verterán en una fosa séptica específicamente diseñada y construida para gestionar los residuos que se generen. Los efluentes generados se someterán a un tratamiento previo para su reciclado.

2.6. CIANURO

El cianuro es un compuesto químico formado por un átomo de nitrógeno y un átomo de carbono unidos por un triple enlace. Además, existe una cantidad considerable de compuestos que contienen este grupo químico concreto, a los que se denomina cianuro.

El cianuro existe tanto en forma natural como sintética. Ejemplos de productos químicos sintéticos son el cianuro de sodio y el cianuro de hidrógeno, que poseen un alto nivel de toxicidad.

Se han realizado descubrimientos que indican la existencia de más de dos mil fuentes de cianuro, cada una con diferentes niveles de toxicidad y distintos grados de complejidad. Además, este componente también se encuentra en otras plantas comestibles, sobre todo en la mandioca, en cantidades minúsculas. Sin embargo, la ingestión excesiva de estas plantas puede provocar graves enfermedades a largo plazo.

El cianuro presenta una reactividad notablemente elevada en comparación con otros compuestos, debido a su carga negativa y a su abundante disponibilidad de electrones. Además, es capaz de formar enlaces con diversos componentes químicos, como el azufre, las moléculas orgánicas de carbono y los seres vivos.

El cianuro forma complejos con una amplia gama de metales, como el oro, el cobre, el zinc, el mercurio y el hierro. Estos complejos son solubles en agua.

El atributo más significativo de la industria minera es su capacidad para extraer metales valiosos como el oro y la plata. Sin embargo, su utilización se extiende más allá de este negocio concreto e incluye otros sectores como los plásticos, los fertilizantes, los herbicidas, los tintes y la industria farmacéutica.

2.6.1. Degradación del Cianuro

Una vez extraído el oro de la solución de cianuro, ésta queda desprovista de metal, pero aún conserva cianuro, que es necesario disminuir. Para lograrlo, las industrias químicas y los complejos mineros han realizado importantes avances en la gestión de estas soluciones para evitar cualquier efecto adverso sobre la salud o el medio ambiente. En este estudio, ofreceremos una visión concisa de varios métodos de oxidación química, que son ampliamente reconocidos y comúnmente empleados en el negocio del oro.

2.7 TÉCNICAS DE TRATAMIENTO PARA LA OXIDACIÓN DEL CIANURO

2.7.1. Tratamiento con H₂O₂ (Peróxido de Hidrógeno)

Este compuesto es conocido por sus potentes propiedades oxidantes. Su uso ha crecido significativamente a lo largo de los años, y actualmente se emplea en numerosas plantas metalúrgicas de todo el mundo, especialmente en el tratamiento de residuos de cianuro.

Este reactivo se suele vender en envases de 1 m³ con una concentración de alrededor del 70 % en H₂O₂. El efluente de cianuro normalmente tiene un pH de 10, que es la condición óptima para que ocurra la reacción de oxidación. Esta reacción facilita la oxidación de metales como el cobre y el zinc, dando lugar a la formación de sus respectivos hidróxidos mediante precipitación (Pomalaza, 2016).

En este caso, los ferrocianuros no se oxidan, sino que precipitan en forma de sales metálicas insolubles. Esta precipitación ocurre junto con los precipitados de hidróxido, lo que da como resultado la formación de cianato. Luego, el cianato sufre una hidrólisis espontánea, produciendo iones carbonato e iones amonio. Finalmente, la cantidad restante de oxidante se descompone, produciendo oxígeno (Pomalaza, 2016)

Visto de otro modo, el tiocianato no sufre oxidación, lo que supone una ventaja en comparación con las plantas industriales que no necesitan controlar este proceso. Esto evita el uso excesivo de reactivo de tiocianato. Sin embargo, en los negocios que requieran la erradicación del tiocianato, los procedimientos serán indispensables. oxidantes radicales adicionales.

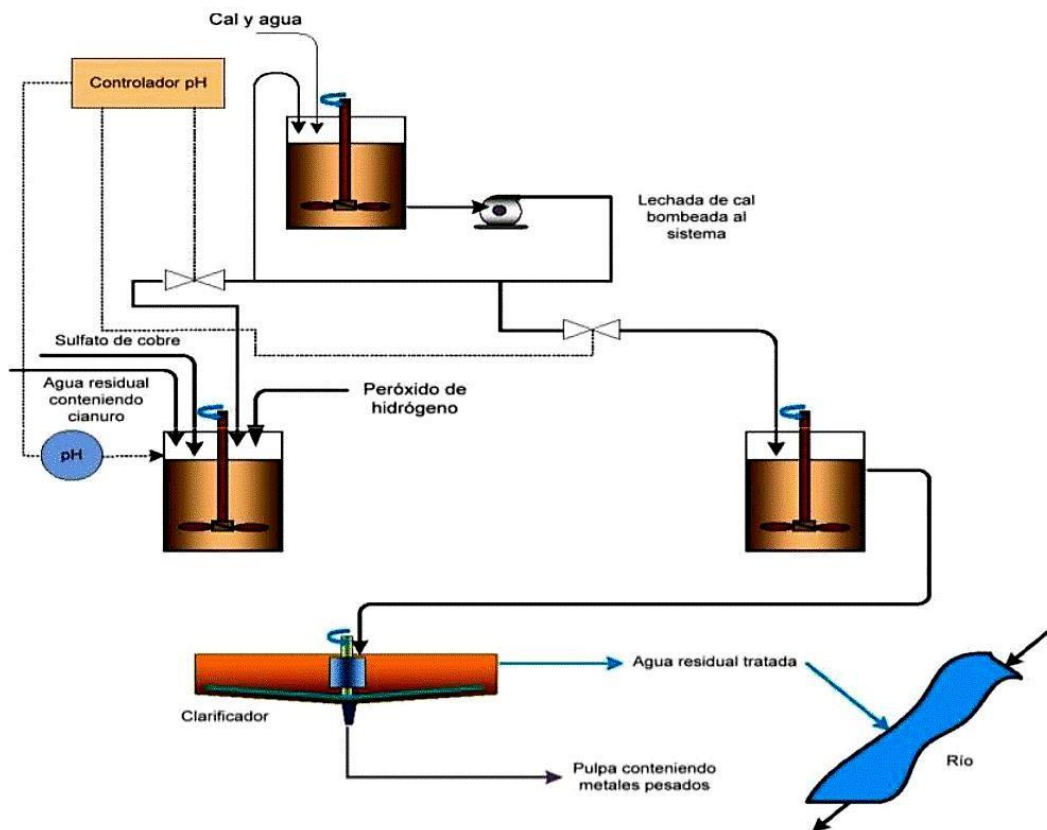
La oxidación se realiza en tanques abiertos y, aunque es una reacción homogénea, se requiere agitación para proporcionar una mezcla adecuada de efluente y oxidante, evitando así la acumulación de precipitados en los tanques (Gómez, 2012).

Por cada gramo de cianuro oxidado son necesarios 1,31 gramos de agua. Es importante señalar que el requisito actual de cianuro oxidado puro es de entre 2 y 8 gramos de agua por gramo de cianuro (Gómez, 2012).

Se exhibe la secuencia de acciones llevadas a cabo por el peróxido de hidrógeno en el proceso, en la figura 7.

Figura 7

Proceso del Peróxido de hidrógeno.



Nota. En la figura se describe el proceso de adición del Peróxido de hidrogeno. (Young C. & Jordan T., 1995)

El proceso cinético de oxidación está significativamente influenciado por bajas concentraciones de iones de cobre (10 - 20 mg/L), que funcionan como catalizadores. Por lo tanto, se emplea con frecuencia para remediar efluentes que contienen iones de cobre en solución superiores a 20 mg/L. Sin estos iones, la velocidad de la reacción de oxidación disminuye, siendo necesaria una mayor cantidad de agua para acelerar el proceso o introducirlos en forma de CuSO_4 . (Pomalaza, 2016)

Sin embargo, la velocidad de la reacción se reduciría significativamente. Por lo tanto, es aconsejable considerar el empleo de procedimientos de tratamiento con carboácido o hipoclorito como técnicas de fotoactivación UV en este escenario.

Por tanto, podemos enumerar los beneficios posteriores relacionados con el uso de este enfoque:

- La inversión de capital necesaria es significativamente inferior a la empleada en distintos métodos químicos.
- La metodología es relativamente fácil, tanto en la estructuración como en la operación.
- Implementar esta técnica nos posibilitará reducir de manera sustancial las concentraciones de todas las variedades de cianuro a niveles considerados aceptables desde el punto de vista ambiental.
- Mediante el proceso de precipitación, es posible disminuir de manera apreciable los niveles de metales.
- La versatilidad de este método permite ajustarlo tanto a sistemas continuos como a procesos intermitentes.
- Su eficacia ha sido comprobada tanto en entornos de laboratorio como en operaciones a gran escala en la industria.
- Implementar este enfoque no produce volúmenes notables de residuos sedimentados ni genera cantidades considerables de partículas disueltas.

En cambio, las limitaciones identificadas son:

- La cantidad de peróxido de hidrógeno y sulfato de cobre utilizada, así como los gastos asociados a estos productos como reactivos.
- La técnica no erradica la presencia de tiocianato y amoníaco.
- No se logra la recuperación del cianuro.

2.7.2. Tratamiento con UV-H₂O₂

(Quispe, Arteaga, & Cardenas, 2011) descubrieron lo siguiente: El proceso de eliminación de cianuro mediante radiación de H₂O₂ muestra que a medida que aumenta la cantidad de H₂O₂, también aumenta la eliminación de cianuro, lo que resulta en una reducción significativa de cianuro a una concentración de 0,5% de H₂O₂. Además, cuando la proporción de H₂O₂ es mayor, el cambio en la concentración de cianuro se vuelve menor.

Además, como afirman Venkatadri R. y Peters R.W., la aplicación de un tratamiento con H₂O₂ fotoactivado se utiliza comúnmente para eliminar el cianuro y otros disolventes orgánicos.

El procedimiento se delinea de la siguiente manera: la exposición del H₂O₂ a la luz ultravioleta a una frecuencia de 254 nm produce la fragmentación de esta molécula, lo que lleva a la creación de radicales libres OH. Estas sustancias poseen una gran movilidad en agua, exhiben un alto potencial de oxidación y una fuerte reactividad, lo que les permite oxidar eficazmente todos los compuestos de cianuro (Pomalaza, 2016).

Por lo tanto, este proceso es extremadamente eficiente y requiere simplemente H₂O₂. Sin embargo, existen inconvenientes relacionados con este enfoque:

- En la actualidad, el desarrollo del procedimiento está en curso, ya que no hay ninguna instalación que lo haya implementado hasta ahora.
- El procedimiento tiene una velocidad reducida.
- Para su implementación, es necesario contar con fotoactivadores y es recomendable utilizarlo en soluciones transparentes. En situaciones contrarias, las partículas absorberán la radiación, disminuyendo la intensidad del proceso.
- La eficacia del proceso se ve significativamente reducida debido a la precipitación de los sólidos que tiene lugar durante la operación. (Chatwin T., 1989)

Por consideraciones anteriores, las condiciones ideales para implementar este método serían estanques de contención situados en zonas con abundante radiación solar (preferiblemente durante todo el año) y con una profundidad inferior a 50 cm. Esto asegura que la eficacia del método no se vea comprometida.

2.7.3. Tratamiento con O₃

El ozono presenta un nuevo potencial para el tratamiento de desechos de cianuro al descomponer eficazmente tiocianatos, cianuros y cianatos. Además, este método no requiere el almacenamiento de productos químicos, a diferencia de los otros métodos enumerados, lo que requiere poco mantenimiento.

El costo de implementar este enfoque ha ido disminuyendo a medida que su utilización ha aumentado con el tiempo; sin embargo, el estudio limitado sobre la cinética y los procesos requeridos para el proceso de oxidación ha dificultado su adopción (Smith A. & Mudder T., 1991)

Este enfoque utiliza un compuesto que consiste en ozono y oxígeno, donde el oxígeno constituye solo el 3% del volumen. Cuando se entrega en forma de burbujas en una solución acuosa, este compuesto exhibe una fuerte capacidad oxidante. Para garantizar la mejor transferencia posible de masa a la solución a tratar, es necesario un contacto eficiente, ya que el ozono (O₃) tiene una solubilidad limitada en agua (Pomalaza, 2016).

Según la investigación bibliográfica, el consumo teórico de ozono para cianuro completamente oxidado es de 1,85 gramos de ozono por gramo de cianuro. Las cantidades actuales oscilan entre 3 y 6 gramos de O₃ por gramo de cianuro oxidado. Por tanto, es fundamental regular los niveles de pH para evitar la descomposición del ozono por los iones hidronio, lo que podría provocar una disminución de la eficacia de la oxidación.

Actualmente, se está centrando la investigación en el tratamiento con ozono y la fotólisis asistida cooperativamente debido a su capacidad para mejorar la eficacia de la oxidación y reducir su coste.

La combinación de ambos enfoques demuestra ser altamente eficiente en la degradación del cianuro y sus derivados, lo que resulta en concentraciones de residuos de cianuro inferiores a 0,1 mg/L. Esto se consigue a partir de soluciones con concentraciones iniciales que oscilan entre 1 y 100.000 mg/L (Garrison et al, 1975; Heltz et al, 1994).

2.7.4. Tratamiento por Cloración

En el pasado, la cloración era un método comúnmente empleado para la oxidación, pero ahora ha sido sustituida por técnicas alternativas debido a su alto costo. Si bien esta metodología es muy eficaz para minimizar los niveles de cianuro, requiere una cantidad sustancial de reactivos, lo que la hace financieramente inviable.

En teoría, la relación estequiométrica para oxidar cianuro a cianato usando cloro es 2,73 g de Cl_2 por gramo de CN oxidado. Sin embargo, en la práctica, esta relación puede oscilar entre 3 y 8 gramos de Cl_2 por gramo de CN oxidado (Pomalaza, 2016).

Los siguientes pasos describen la metodología: Durante la primera etapa, el cianuro se transforma en cloruro de cianógeno. Luego, este compuesto se hidroliza, dando como resultado la formación de cianato. El cianato se hidroliza aún más mediante un proceso catalítico y, en última instancia, produce amonio (Gómez, 2012).

Se deben tener en cuenta ciertas restricciones al momento de aplicar el método, entre las que se incluyen las siguientes:

- Aunque la aplicación de la cloración pueda resultar en la descomposición del cianuro, cianato y amonio, se experimenta un consumo excesivo de cloro debido a la oxidación del tiocianato.
- Por lo general, se prefiere aplicar este método en soluciones, ya que su utilización con suspensiones acuosas demanda una mayor cantidad del reactivo (Young C. & Jordan T., 1995)

Emplear esta técnica para la eliminación de cianuro libre posibilita la reducción de cantidades insignificantes de cianuro de hierro, siendo este resultado variable según la presencia de otros metales.

2.7.5. Proceso INCO (SO_2 /Aire)

El proceso de desintoxicación se lleva a cabo en un tanque conocido como tanque de desintoxicación. En este tanque se inyecta una mezcla de aire y dióxido de azufre, que oxida rápidamente el cianuro presente en las soluciones residuales. Este proceso de oxidación es facilitado por el catalizador iónico. Construido en cobre. Para facilitar el proceso de oxidación se introduce una cantidad de 30 a 90 gramos de ion cobre (Cu^{2+}) por tonelada de solución. Posteriormente, la solución se infunde con una

mezcla de SO₂ y aire mediante el uso de burbujas. Finalmente se añade bisulfito de sodio para completar el procedimiento (Young C. & Jordan T., 1995).

A lo largo del proceso, es fundamental considerar variables como el tiempo de residencia, el volumen de aire, la dosis de cobre, el pH y la velocidad del oxidante. Controlando cuidadosamente y manteniendo estas variables en los niveles adecuados, es posible lograr resultados eficientes en el tratamiento de efluentes. Específicamente, esto puede conducir a una reducción significativa en la concentración de cianuro total de aproximadamente 200 mg/L a niveles inferiores a 1 mg/L.

2.7.6. Tratamiento con “Ácido de Caro”

La aplicación de esta tecnología a escala industrial se inició a finales de los años 90 y rápidamente se convirtió en una de las opciones más factibles y prácticas del sector. La eficacia de este tratamiento depende de la adición simultánea al efluente de ácido de Caro, derivado de una mezcla de ácido peroxosulfúrico (H₂SO₅) y ácido sulfúrico (H₂SO₄) altamente concentrados, junto con una base de hidróxido como hidróxido de calcio o sodio. El caroácido logra una alta tasa de oxidación y eficacia tanto en soluciones transparentes de cianuro como en lodos, sin requerir el uso de catalizadores.

2.8. GENERACIÓN DE RESIDUOS EN MINERAS

Los residuos producidos por las explotaciones mineras de oro se categorizan de acuerdo con la clasificación establecida por Eppers (2014):

- Material removido o desechos estériles
- Desechos provenientes del proceso de extracción de mineral mediante el uso de cianuro
- Desechos en forma líquida

Cada uno de los desechos previamente mencionados requiere una gestión cautelosa debido a que su impacto puede resultar irreversible.

2.8.1. Residuos de la Extracción de Mineral a través del Cianuro

La utilización de cianuro en la extracción de minerales da como resultado la producción de varias formas de desechos, que varían según el método específico

empleado. Estos desechos suelen ser muy peligrosos y provocan problemas de erosión cuando se exponen al agua y al viento. Sin embargo, en métodos de extracción específicos se incluyen aditivos químicos para facilitar el proceso de separación.

El mineral obtenido durante la lixiviación puede contener una porción de la solución alcalina de cianuro, el cual se clasifica como residuo peligroso si las concentraciones exceden los límites permitidos. Para minimizar la posible contaminación del suelo y del agua, es necesario evitar la entrada de lixiviados al subsuelo. Esto se debe a que los residuos resultantes de la lixiviación pueden tomar la forma de un sólido o de lodo, dependiendo de la granulometría del mineral lixiviado. incluida cualquier interacción con cuerpos de agua superficiales.

El peligro más importante en el proceso de lixiviación de minerales es la posible ruptura de una presa de relaves, lo que resultaría en una liberación incontrolada de una gran cantidad de lodos contaminados con cianuro y otros metales. El cumplimiento de las normas para la construcción de presas, tal como se describe en la Guía Ambiental para el manejo de Relaves Mineros (MEM, 1996), es crucial para todas las instalaciones que producen relaves como residuos.

Sin embargo, la basura con altos niveles de cianuro suele tener un tamaño de partícula pequeño, lo que la hace más susceptible a la erosión por el aire y el agua. Esta erosión conduce a la generación de materiales contaminados (Eppers, 2014).

2.8.2. Residuos Líquidos

En varias instalaciones de lixiviación, las soluciones que contienen cantidades importantes de minerales se depositan directamente en el suelo para su infiltración sin ninguna regulación previa. Esta práctica plantea un riesgo sustancial de contaminación ambiental.

Las concentraciones de cianuro en soluciones con altas concentraciones de minerales suelen variar entre 40 miligramos y 2000 miligramos por litro de cianuro (Logsdon M. & Hagelstein K. & Mudder T., 1999). De ahí que sea necesario someter estos residuos a un tratamiento riguroso antes de liberarlos al medio ambiente. Sin embargo, los tratamientos biológicos por sí solos suelen ser inadecuados para reducir la concentración de cianuro a los límites máximos permisibles establecidos

por el MEM. Por lo tanto, se deben emplear tratamientos físico-químicos adicionales para asegurar la degradación más efectiva de metales pesados y metaloides.

Tabla 4

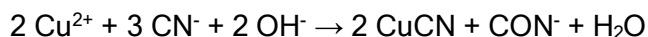
Cuadro comparativo de los estados de degradación del cianuro

Tratamiento	% de degradación del cianuro puro	Ventajas	Desventajas	Tratamiento adicional
Con H ₂ O ₂	98 %	Aplicación sencilla tanto en su diseño como en su funcionamiento.	Consumo excesivo de CuSO ₄ y H ₂ O ₂ .	No
Con UV-H ₂ O ₂	94 %	Costo de capital bajo. Alto % de remoción de cianuro	Proceso en desarrollo	No
Con O ₃	92 %	Proceso veloz. Degradación casi total del cianuro. No necesita almacenamiento	Elevado control de la cantidad a usar	Si
Por cloración	95 %	Efectivo para eliminar cianuro en mínimas concentraciones	Elevado consumo de cloro	Si

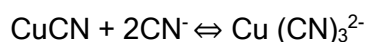
Nota. En el cuadro vemos las ventajas y desventajas para degradar el cianuro.

2.8.3. Reacciones con el cobre

Los metales preciosos, así como el cobre, forman complejos estables con el cianuro. Los metales preciosos tienden a lixiviar con mayor dificultad en pulpas minerales que contienen iones de cobre, posiblemente, esto se deba a que el cobre compite con estos elementos por el cianuro disponible. Se reconoce que el cobre presenta dos estados de oxidación en solución (cúprico y cuproso), y el ion cúprico es inestable en presencia de cianuro. Por esta razón, una porción del ion cúprico se reducirá para precipitar como cianuro cuproso:



Si la solución contiene suficiente cianuro, el ion cuproso no va a precipitar, ya que se estabiliza en la solución (en niveles bajos) como el complejo triciano de cobre:



Los resultados obtenidos en experimentos indican que minerales de cobre oxidados, como la azurita, malaquita, cuprita y crisocola, así como sulfuros como la calcocita, calcopirita, bornita, sulfosales como la enargita y tetrahedrita, y el cobre nativo, reaccionarán con soluciones de cianuro para formar complejos de cianuro de cobre (Hedley y Tabachnik, 1968). Entre los minerales de cobre oxidados antes mencionados, la crisocola, la calcopirita y la tetrahedrita tienen el nivel más bajo de reactividad. Tras el proceso de cianuración, se extrae el cobre y el oro para posteriormente incorporarlo al doré obtenido de la planta. Extraer cobre de metales preciosos es un desafío, lo que resulta en una compensación reducida para las empresas que adquieren el producto básico. Durante el proceso de cianuración, cualquier cobre que se disuelva o se agregue como catalizador debe convertirse en cianuro cuproso o hidróxido cuproso/cúprico una vez que la concentración de cianuro libre se haya reducido lo suficiente (Higgs, 1990).

Existen dos posibles explicaciones para ello:

- La precipitación del cobre como un coloide y determinarlo en el procedimiento analítico como cobre disuelto o,
- La presencia de otros iones probablemente orgánicos, los cuales han formado complejos con el cobre, los cuales pueden o no incluir cianuro.

2.9. PERÓXIDO DE HIDRÓGENO

El peróxido de hidrógeno es un compuesto químico con la fórmula empírica H_2O_2 . Si bien el peróxido de hidrógeno a menudo se considera inodoro, tiene un aroma agradable cuando está presente en altas concentraciones de vapor.

Debido a que puede mezclarse con agua a temperaturas superiores a $0\text{ }^\circ\text{C}$, este compuesto se vende en una solución en la que el 98% de su peso consiste en H_2O_2 . La solución parece agua, ya sea en forma líquida o sólida. La solución acuosa exhibe una mayor densidad, una viscosidad ligeramente mayor, un punto de ebullición elevado y un punto de congelación más bajo en comparación con el agua.

La falta de reactividad de las soluciones de H_2O_2 ante golpes e impactos se debe a su alto punto de inflamación. Sin embargo, muestran una respuesta cuando se exponen a sustancias oxidantes y pueden descomponerse en agua y oxígeno, lo que resulta en una reacción exotérmica. Las soluciones de H_2O_2 presentan un carácter

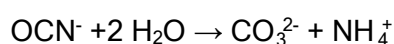
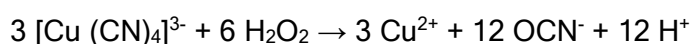
fuertemente oxidante y liberan una cantidad sustancial de oxígeno y calor cuando se descomponen. La velocidad de reacción aumenta significativamente con temperaturas más altas o con la presencia de impurezas, como cobre, plata o bronce, especialmente en forma de componentes inorgánicos.

El peróxido de hidrógeno, una molécula orgánica muy versátil, normalmente se mantiene, transporta y manipula como líquido bajo su propia presión de vapor. Esto se hace utilizando dispositivos de retransmisión y el proceso de manipulación generalmente no presenta problemas. Cuando se realiza de forma segura, es decir, de acuerdo con las normas de compatibilidad de materiales y los estándares para el manejo de sustancias químicas.

A finales del siglo XX y principios del XXI, las organizaciones ambientalistas y las leyes asociadas han abogado firmemente por la conservación del medio ambiente, con especial énfasis en la promoción de la química verde para minimizar o eliminar sustancias nocivas en el medio ambiente. Actualmente, el peróxido de hidrógeno está ganando popularidad debido a su uso versátil en el tratamiento de aguas residuales y en la minería. Es eficaz para minimizar y controlar la contaminación ambiental al actuar como oxidante de la materia orgánica.

2.9.1. Oxidación con Peróxido de Hidrógeno

El proceso de oxidación se ve facilitado por la presencia de Cu^{+2} , que se introduce como sulfato de cobre en una solución alcalina. Esto forma un complejo con el ion cianuro (tetracianocuprato), que muestra una mayor atracción por el peróxido. Este proceso es un desarrollo reciente que no es complicado, requiere una supervisión mínima e incurre en gastos bajos. El peróxido de hidrógeno es una sustancia biocompatible y fuertemente oxidante que puede descomponer fácilmente los compuestos de cianuro.



El peróxido de hidrógeno se clasifica como agente oxidante por diversas razones:

- En la actualidad, se está investigando la viabilidad de emplear esta tecnología

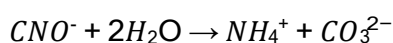
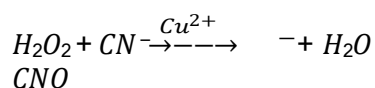
en este ámbito, lo que augura un considerable potencial para futuras investigaciones y mejoras en el proceso.

- Exhibe una alta capacidad de oxidación ($E^0 [\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}] = +1,78 \text{ V}$).
- Demuestra una gran selectividad hacia los sulfuros. Y,
- Se trata de una sustancia que al descomponerse genera poca o nula contaminación, ya que nos da como productos agua y oxígeno; motivo por el cual, el impacto ambiental que generan los efluentes se reduce, cumpliéndose así uno de los objetivos de la minería actual.

En el proceso de oxidación de sulfuros con peróxido de hidrógeno, es necesario incluir ligandos que faciliten la oxidación de sulfuros metálicos a azufre elemental (S₀). Estos ligandos también ayudan en la conversión de azufre elemental en sulfatos solubles mediante la adición de iones hidronio. Estos ligandos son proporcionados por el entorno circundante. El ácido sulfúrico se selecciona para su utilización debido a sus propiedades deseables:

- Es una sustancia que cumple con las condiciones propuestas, y
- Previene la competencia con otras sales no solubles.

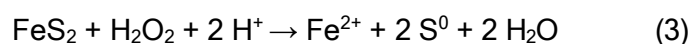
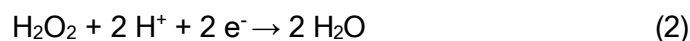
El H₂O₂ es muy eficaz en el tratamiento de cianuros libres, cianuros disociables de ácidos débiles (WAD) y complejos de cianuro de metales como cobre, zinc y cadmio. Cuando estas sustancias se oxidan con H₂O₂, precipitan espontáneamente.



El sulfato de cobre pentahidrato (CuSO₄·5H₂O) se utiliza como fuente de Cu⁺² para la formación de complejos CN⁻ y Cu²⁺. Estos complejos luego se desintegran para producir cianógeno. En una solución alcalina, el cianógeno se descompone aún más en iones cianuro y cianato. Al finalizar la reacción, se forma un precipitado sólido de color marrón oscuro como resultado de la acción catalítica del Cu(OH)₂, que sirve como catalizador heterogéneo para la descomposición del exceso de H₂O₂.

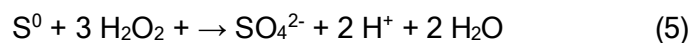
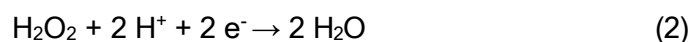
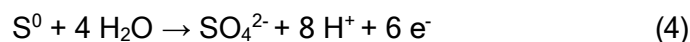
A continuación, se detallan una serie de reacciones redox específicas para cada sulfuro metálico.

En el caso de la pirita (FeS_2), se refiere a la oxidación del azufre contenido en la pirita:

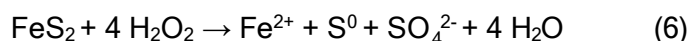
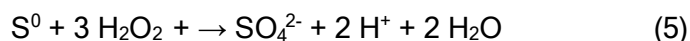
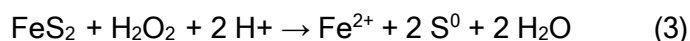


Como se puede notar en las ecuaciones previas, el azufre experimenta una oxidación de S^{2-} a S^0 en la ecuación (1), mientras que el oxígeno del peróxido sufre una reducción de O_2^{2-} a O^{2-} en la ecuación (2), generando la ecuación final (3).

Sin embargo, el azufre en estado S^0 experimenta una oxidación posterior, transformándose en SO_4^{2-} , tal como se presenta a continuación.

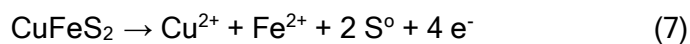


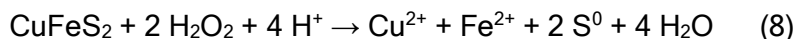
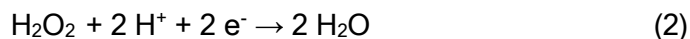
Para obtener la ecuación global de la pirita, se suman las ecuaciones (3) y (5), resultando en la ecuación (6).



Como se observa en la reacción [6] se forman como producto de la lixiviación de la pirita S^0 y SO_4^{2-} junto con Fe^{2+} .

Para la calcopirita (CuFeS_2); la oxidación del azufre en la pirita:

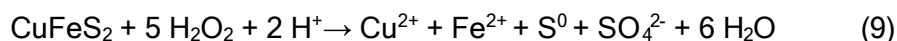
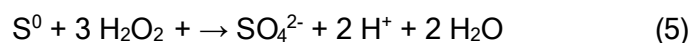
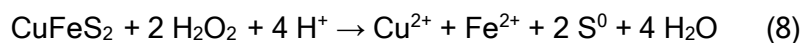




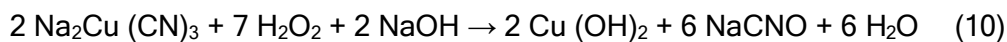
De manera similar a la ecuación (1), en la ecuación (7) se evidencia la oxidación del azufre presente en la calcopirita. Por otro lado, la ecuación (8) ilustra el producto de la oxidación (7) y la reducción (2) mencionada previamente.

De manera semejante que en la pirita el S^0 se oxida a SO_4^{2-} .

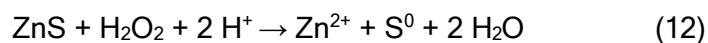
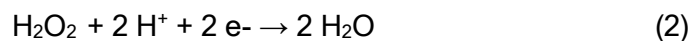
El resultado final se observa en la reacción [9] que combina las reacciones (8) y (5).



Como el ion cobre es el que nos interesa a continuación se presenta la ecuación balanceada:

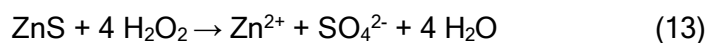
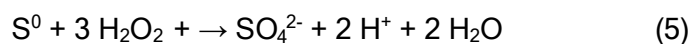
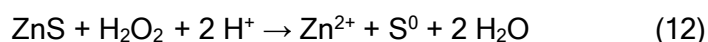


Para la esfalerita (ZnS):



Igualmente, el S^0 se oxida a SO_4^{2-} .

La reacción global de la esfalerita se observa en la reacción (13).



CAPÍTULO III

REDUCCIÓN DE IONES COBRE EMPLEANDO PEROXIDO DE HIDROGENO

En el capítulo II, se ha desarrollado en forma sencilla y clara el procesamiento del oro y la plata en la empresa minera PALTARUMI S.A.C. y el requerimiento de agua para el proceso de cianuración y las técnicas de recuperación del agua para su reuso en el proceso. En el presente capítulo describiremos de cómo se realiza la reducción de iones cobre en la solución de relaves para la recuperación de la calidad del agua y su reuso en el proceso de cianuración.

3.1. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, la Empresa Minera PALTARUMI S.A.C, tiene el inconveniente con la presencia de los iones cobre en la solución del relave, debido a que hay momentos en el cual la solución de relave se satura de iones cobre, y por este motivo, la solución de relave ya no se puede reusar por tener exceso de cobre ($>250\text{mg/L}$), por lo que se comienza a adicionar agua fresca, con la finalidad de que este exceso de iones cobre se diluya y se vuelve a reusar la nueva solución de relave con bajo contenido de iones cobre; todo este proceso de saturación de cobre, hace que la relavera se llene de solución y se incremente el consumo de agua fresca.

Los minerales sulfurados como la bornita (Cu_5FeS_4) hacen que el concentrado de oro pirítico sea resistente al proceso de cianuración estándar. Esto se debe a que el cobre plantea un desafío importante para la extracción del valioso metal oro (Au). Las leyes de cabeza obtenidas mediante cianuración directa convencional son $16,35\text{ g Au/t}$, $19,46\text{ g Au/t}$ y $18,75\text{ g Au/t}$, lo que da como resultado un porcentaje de recuperación

de oro del orden de 62,32 %; 56,74 %; 48,36 %; respectivamente; siendo el cobre uno de los iones que impide la absorción del metal precioso, por lo que se requiere el uso de agua fresca para obtener una solución con baja concentración de cobre.

3.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 Objetivo General

Determinar, el método adecuado para la reducción del ion cobre, mediante el empleo de peróxido de hidrógeno en el relave, para la reutilización del agua en el proceso de cianuración en la empresa minera PALTARUMI S.A.C.

3.2.2. Objetivos Específicos

- a. Caracterizar, la constitución del relave de la empresa Minera PALTARUMI S.A.C.
- b. Determinar, los parámetros óptimos de operación, para la reducción de iones cobre en el relave de la empresa minera PALTARUMI S.A.C.
- c. Determinar, la concentración final de iones cobre en el agua de relave para su reutilización en el proceso de cianuración.

3.3. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

La disposición de las aguas de relave sin tratamiento, han sido y siguen siendo un problema en las empresas mineras, provocando no únicamente la pérdida de ecosistemas que son útiles a la unidad minera y su entorno, sino que sus efectos se vuelven en su contra, afectando su estabilidad y poniendo en riesgo su salud.

No únicamente la presencia de cianuro provoca daños al medio ambiente. Otros componentes que frecuentemente se encuentran en las aguas de relave tales como los metales pesados, también generan deterioro al medio ambiente. Además, hay que tener en cuenta que el uso excesivo de agua, podría debilitar las paredes de la relavera y generar percances que podrían extenderse a tener conflictos con las comunidades aledañas.

Por todas estas consideraciones es de importancia efectuar un tratamiento a las aguas de relave con la finalidad de reutilizarlas, separando por precipitación a los elementos cianicidas, tales como los iones hierro, iones zinc y especialmente a los

iones cobre, ya que este detalle nos va a permitir la reutilización del agua, disminuyendo en gran medida el uso de agua fresca en el proceso de cianuración, y regresando al proceso los valores de oro y plata que se pierden en el relave.

Es innegable que las empresas mineras están en la continua búsqueda de mejorar sus procesos con la intención de obtener mayor productividad a menores costos y la empresa minera PALTARUMI S.A.C. no está exenta de este propósito.

En este contexto, si sumamos la recuperación de impurezas, especialmente la de cobre en las soluciones de relave y la disminución del uso de agua fresca en el proceso de cianuración, mediante la reutilización de las aguas de relave tratadas, y el regreso de los valores de oro y plata que se pierden en el relave al proceso de cianuración, la empresa disminuiría sus gastos de producción y generaría ganancias extras por la recuperación de las diversas impurezas precipitadas que tienen valor comercial.

3.4. PROCEDIMIENTOS

3.4.1. Análisis del Relave

Al empezar esta investigación, se tomaron muestras de relave, las cuales fueron filtradas y luego analizadas mediante el equipo de absorción atómica, generándose de este modo las bases para sustentar este trabajo.

3.4.2. Determinación de la Concentración de H₂O₂

Se tomaron 4 vasos de precipitados de 500 mL y en cada uno de ellos se colocó a volumen solución de relave; luego se agregó 100 mL de solución de H₂O₂ con las siguientes concentraciones: 0,5 % al primero, 1,0 % al segundo, 2 % al tercero y 3 % al cuarto; se agito y se dejó en reposo por media hora, pasado ese tiempo se llevó las muestras respectivas al laboratorio para su respectivo análisis de iones cobre.

3.4.3. Determinación del Volumen a Emplearse de H₂O₂

Una vez conocida la concentración que mayor cantidad de iones cobre precipitaba, nos propusimos determinar el volumen de H₂O₂, que nos permitiría eliminar la mayor cantidad de iones cobre; para lo cual se tomaron 6 vasos de precipitado de 500 mL, se colocó a volumen solución de relave y se fue agregando volúmenes variables de

solución de H₂O₂, de tal modo que en el primer vaso se colocó 15 mL, en el segundo 20 mL, en el tercero 25 mL, en el cuarto 50 mL, en el quinto 80 mL y en el sexto 100 mL, se agito, se dejó en reposo por media hora y luego se llevaron las muestras respectivas al laboratorio para su análisis respectivo.

3.4.4. Determinación del pH

Esta variable no fue necesaria determinarla ya que se trabajó al mismo pH de las operaciones de planta.

3.4.5. Determinación de la Agitación

La agitación resulta indispensable para llevar a cabo la combinación de los reactivos y prevenir la formación de precipitados en los recipientes. Para nuestras pruebas se trabajó con una velocidad de agitación constante.

3.4.6. Caracterización de la Constitución del Relave

Una vez determinados los parámetros para una buena eliminación de los iones cobre, se efectuó una prueba final y se llevó para su respectivo análisis de la muestra de relave mediante absorción atómica en los laboratorios de la compañía minera PALTARUMI S.A.C.

3.4.7. Estimación Económica para la Empresa

Se realizó un pequeño balance económico para determinar las ganancias que puede generar a la empresa, la recuperación de cobre, basado en el presente trabajo de informe profesional.

3.5. DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.5.1. Reactivos, Materiales y Equipos

3.5.1.1 Reactivos

- Peróxido de hidrógeno al 3 %

3.5.1.2. Materiales

- Vasos de precipitado de 500 mL
- Probetas
- Varillas de vidrio
- Embudos
- Papeles de filtro

3.5.1.3. Equipos

- pH - metro
- Absorción atómica Perkin Elmer
- Agitación

3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.6.1. Análisis del Relave

Se tomaron muestras de relave, se filtraron y se llevaron para ser analizadas en el laboratorio químico de la empresa minera Paltarumi S.A.C., mediante absorción atómica, cuyos resultados se presentan en la tabla 5.

Tabla 5

Análisis del relave

Au(mg/L)	Ag(mg/L)	Cu(mg/L)	Fe(mg/L)	Zn(mg/L)
0,214	4,694	364,5	329,5	25,225

Nota. En el cuadro obtenemos datos del análisis del relave.

3.6.2. Determinación de la Concentración de H₂O₂

Se colocaron en vasos de precipitado de 500 mL, solución de relave a volumen; a los cuales se les agrego 100 mL de diferentes concentraciones de H₂O₂, se agitó, se dejó en reposo por media hora y luego se llevó al laboratorio para su análisis de iones cobre, mediante absorción atómica cuyos resultados se presentan en la tabla 6.

Tabla 6*Determinación de concentración de H₂O₂*

[H ₂ O ₂]	0,5 %	1 %	2 %	3 %
mg/L	335,39	185,90	109,35	23,39

Nota. En el cuadro se obtuvo los análisis de resultados según su concentración de peróxido de hidrogeno.

3.6.3. Determinación del Volumen a Emplearse de H₂O₂

Se colocaron en vasos de precipitado de 500 mL, solución de relave a volumen; a los cuales se les agrego volúmenes diferentes de H₂O₂ al 3 %, se agitó, se dejó en reposo por media hora y luego se llevó al laboratorio para su análisis de iones cobre, mediante absorción atómica cuyos resultados fueron los siguientes.

Tabla 7*Volumen de H₂O₂ a emplearse*

H ₂ O ₂	Ley de Cu
ml	Final (mg/L)
0	364,5
15	123,2
20	113,6
25	105,1
50	46,53
80	15,71
100	13,06

Nota. En el cuadro vemos la cantidad de volumen de peróxido y sus resultados de cobre.

3.6.4. Determinación del pH

En todos los ensayos se trabajó a un pH igual a 12.

3.6.5. Determinación de la Agitación

Para todas las pruebas se utilizó una agitación de 360 R.P.M.

3.6.6. Caracterización de la Constitución del Relave

Se efectuó una prueba final aplicando los parámetros anteriormente determinados, a una muestra de 500 mL, se agitó, se dejó en reposo por media hora y posteriormente se llevó al laboratorio de la empresa minera PALTARUMI S.A.C., para su respectivo análisis, obteniéndose los siguientes resultados que se muestran en la tabla 8.

Tabla 8

Caracterización de la constitución del relave

	Au (mg/L)	Ag (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Zn (mg/L)
Inicial	0,214	4,694	364,500	329,500	25,225
Final	0,214	3,864	21,260	170,050	3,808
precipitado	0,000	0,830	343,240	159,450	21,417

Nota. En el cuadro vemos resultados del relave en el análisis final.

Lo cual genera un porcentaje de remoción de iones Ag igual a 17,68 %, de iones Cu igual a 94,17 %, de iones Fe igual a 48,39 % y de iones Zn igual a 84,90 %.

3.6.7. Estimación Económica para la Empresa

Precio del cobre = \$ 8 820/t, 08/05/2023.

Tabla 9

Estimación económica

Tiempo	\$
día	317,2
mes	9 525,6
año	114 307,2

Nota. En el cuadro se ve la estimación económica.

3.7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

- La duración del proceso requerida depende de la concentración de peróxido de hidrógeno y de iones de cobre; a medida que aumenta la cantidad de cada reactivo, disminuye el tiempo necesario para el tratamiento.
- El incremento en la rapidez de descomposición con el pH se explica por la hidrólisis gradual del catalizador disuelto, dando lugar a la formación de un

hidróxido coloidal (o sales básicas ligeramente solubles). Este presenta una alta actividad superficial catalítica cuando entra en contacto con la solución de peróxido de hidrógeno.

- En la industria, el peróxido de hidrógeno se emplea extensamente en la eliminación del cianuro. Este método presenta una ventaja significativa sobre otras técnicas de detoxificación, ya que no introduce sustancias adicionales durante su implementación.
- No es necesario regular el pH, ya que el peróxido de hidrógeno exhibe propiedades ligeramente ácidas.
- La velocidad de la reacción de oxidación se ve influenciada por la presencia de pequeñas concentraciones de iones de cobre (10 - 20 mg/L), los cuales actúan como catalizadores. Por lo tanto, este método se recomienda especialmente para tratar efluentes que contienen iones de cobre en solución por encima de los 20 mg/L. En ausencia de estos iones, la reacción tiende a ser más lenta, requiriendo un exceso significativo de peróxido de hidrógeno para acelerar el proceso o, alternativamente, añadirlos en forma de CuSO_4 .
- Cabe indicar que la empresa va a ahorrar 82 560 soles anuales por concepto de compra de agua para el proceso, ya que se va a evitar la pérdida de 172 m³ de agua, además de beneficiarse por la recuperación de diversos iones que actualmente son llevados a la relavera.
- Resulta crucial el retorno del agua clarificada a la planta de lixiviación, ya que:
 - ✓ Se optimiza el uso del recurso, especialmente en áreas con limitaciones de agua.
 - ✓ Se hace uso de las características de pH y la presencia de reactivos en el agua reciclada, reduciendo la dependencia de adquirir estos insumos.
 - ✓ Se previene la liberación de agua del procedimiento al entorno y se reduce el riesgo de contaminación en suelos y cuerpos de agua circundantes.

CONCLUSIONES

Se logró determinar, un método adecuado para la reducción del ion cobre, mediante el empleo de peróxido de hidrógeno al 3 % en el relave, para la reutilización del agua en el proceso de cianuración en la empresa minera PALTARUMI S.A.C., con lo cual se demuestra que el peróxido es una buena alternativa para poder precipitar aquellos elementos contaminantes (Cu, Fe, Zn) de la solución de la relavera, que perjudica la buena cianuración del oro y la plata, así como también en el proceso de adsorción por carbón activado.

Se Caracterizó, la constitución del relave de la empresa minera PALTARUMI S.A.C., determinándose en la prueba final, la presencia de Au (0,214 mg/L), Ag (3,864 mg/L), Cu (21,260 mg/L), Fe (170,050 mg/L) y Zn (3,808 mg/L), resultados que nos indican que el ion Au no precipita, pero los otros iones si, en diferente proporción.

Se determinaron, los parámetros óptimos de operación, para la reducción de iones cobre en el relave de la empresa minera PALTARUMI S.A.C., teniéndose como resultado el empleo de H_2O_2 al 3 %, en un volumen de 80 ml, a un pH de 12 y con una agitación de 360 R.P.M. para un volumen de solución de relave de 500 ml.

Se determinó, la concentración final de iones cobre en el agua de relave el cual fue de 13,06 mg/L, obtenido empleando un volumen de 100 ml de H_2O_2 al 3 %, generándonos agua idónea para su reutilización en el proceso de cianuración.

RECOMENDACIONES

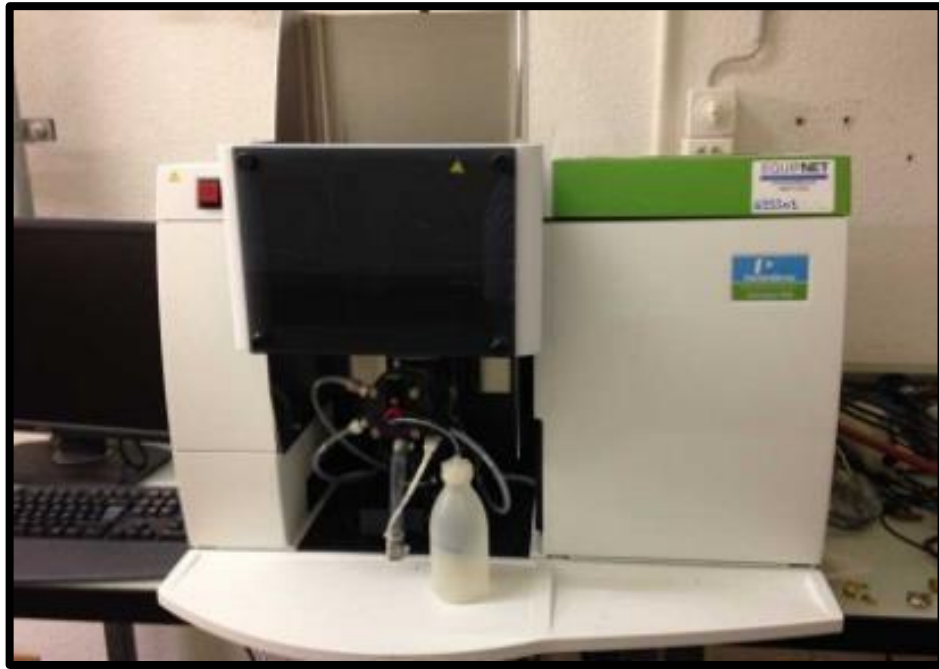
1. La empresa minera PALTARUMI S.A.C. debe ajustar sus procedimientos de cianuración con base en los detalles obtenidos en este estudio, con el objetivo de mejorar la eficiencia de sus operaciones comerciales, lo cual contribuirá a su reputación como colaborador en la preservación del medio ambiente.
2. Además, como se observa en la Tabla 10, mediante la recuperación del cobre precipitado; al año, la empresa va a obtener una ganancia sustancial, lo cual es recomendable para la implementación de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fajardo, J. y otros. 2010. *Estudio de métodos químicos de remoción de cianuro presente en residuos de cianuración provenientes del proceso de extracción de oro de veta en el departamento de Nariño*. Revista Luna Azul issn 1909-2474. no. 31, julio-diciembre 2010. Manizales, 2009-11-05 (rev. 2010-03-28).
- Herdoíza, G. 2010. Tesis de maestría. *Sistema de gestión integral de residuos sólidos (relaves) para la planta de beneficio Prohemach*. Universidad de Cuenca. Colombia.
- Gutiérrez, F. 2018. Tesis. *Análisis del proceso de eliminación de sustancias tóxicas de efluentes contaminados con cianuro en plantas metalúrgicas de obtención del oro*. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa. Perú.
- Alcántara, D. 2020. Tesis de maestría en gestión ambiental. *Método integrado de remediación para la disminución de la concentración de metales pesados de aguas residuales de actividad minera de la sierra central- 2018*. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima. Perú.
- Díaz, M. tesis. 2016. *experimentación para la destrucción de cianuro en pulpa y solución de lavado del espesador de relave minera inmaculada*. universidad nacional de san Agustín. Arequipa. Perú.
- Isidro, H. 2018. Tesis. *Pruebas de cianuración en botellas y columnas para minerales mixtos auríferos en la empresa minera J.J. Inversiones Mineras S.A.C en Abancay*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna. Perú.

ANEXOS

Anexo 1 Panel Fotográfico



Equipo de Absorción atómica Perkin Elmer



Peróxido de hidrógeno al 3 %



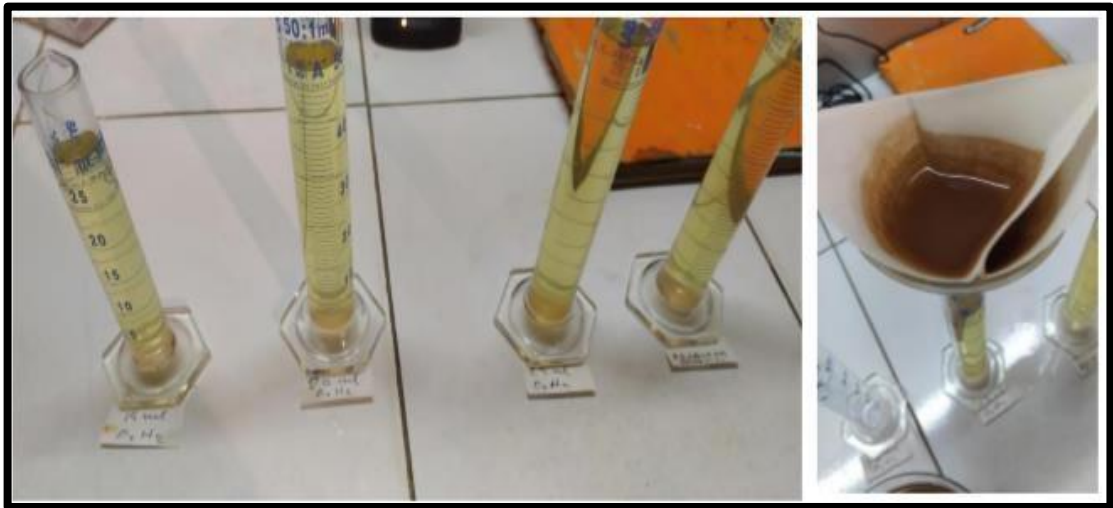
Solución de relavera



Solución de relavera con el agregado de H_2O_2



Filtrando el precipitado



Solución filtrada lista para el análisis químico por absorción atómica



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA

ACTA DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL:

“REDUCCIÓN DE IONES COBRE EMPLEANDO PERÓXIDO DE HIDRÓGENO, EN EL RELAVE DE LA EMPRESA MINERA PALTARUMI S.A.C PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA EN EL PROCESO DE CIANURACIÓN”

Expositor: ROQUE AUQUI BAUTISTA
Bachiller en Ingeniería Química

Exp. N°247517

Resolución Decanal N° 074-2024-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 27-02-2024.

-1-

En la Sala de Conferencia “Pedro Villena Hidalgo” de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, realiza la Exposición de Informe de Experiencia Profesional modalidad: presencial, siendo las diez de la mañana con cinco minutos del día jueves veintinueve de febrero del año dos mil veinticuatro, se reunieron el Bachiller en Ingeniería Química **ROQUE AUQUI BAUTISTA**, los docentes Miembros de la Comisión de Recepción del Informe de Trabajo Profesional **“REDUCCIÓN DE IONES COBRE EMPLEANDO PERÓXIDO DE HIDRÓGENO, EN EL RELAVE DE LA EMPRESA MINERA PALTARUMI S.A.C PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA EN EL PROCESO DE CIANURACIÓN”** Ingenieros: Mg. Hernán Pedro QUISPE MISAICO, Mg. Abraham Fernando TREJO ESPINOZA y Mg. Luis Alberto COSSIO HERRERA, bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la Facultad), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Exposición dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Exposición del Informe de Experiencia Profesional: **“REDUCCIÓN DE IONES COBRE EMPLEANDO PERÓXIDO DE HIDRÓGENO, EN EL RELAVE DE LA EMPRESA MINERA PALTARUMI S.A.C PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA EN EL PROCESO DE CIANURACIÓN”**, presentado por el Bachiller **ROQUE AUQUI BAUTISTA**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 074-2024-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó al Bachiller **ROQUE AUQUI BAUTISTA**, a través de la exposición presencial de su Informe de Experiencia Profesional en un tiempo máximo de cuarenta minutos.

Culminada esta etapa el Presidente de la Comisión autorizó la participación con sus preguntas a los docentes Miembros de la Comisión de Recepción del Informe de Experiencia Profesional en el siguiente orden: Mg. Luis Alberto COSSIO HERRERA, Mg. Abraham Fernando TREJO ESPINOZA y el Mg. Hernán Pedro QUISPE MISAICO.



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA

ACTA DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL:

“REDUCCIÓN DE IONES COBRE EMPLEANDO PERÓXIDO DE HIDRÓGENO, EN EL RELAVE DE LA EMPRESA MINERA PALTARUMI S.A.C PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA EN EL PROCESO DE CIANURACIÓN”

Expositor: ROQUE AUQUI BAUTISTA
Bachiller en Ingeniería Química

Exp. N°247517

Resolución Decanal N° 074-2024-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 27-02-2024.

Página 2 de 2

Luego participó el Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA en su condición de Presidente. Finalmente, el Presidente invitó a los asistentes a que participen con las preguntas que crean conveniente.

Al haber concluido la exposición, el Presidente de la Comisión de Recepción del Informe de Experiencia Profesional proclamó públicamente al **Bachiller en Ingeniería Química, ROQUE AUQUI BAUTISTA** como flamante **INGENIERO QUÍMICO** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las once de la mañana con cuarenta y cinco minutos se dió por finalizado este Acto Académico, En fe de lo cual firmamos:

.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente

.....
Mg. Hernán Pedro QUISPE MISAICO
Miembro

.....
Mg. Abraham Fernando TREJO ESPINOZA
Miembro

.....
Mg. Luis Alberto COSSIO HERRERA
Miembro

.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA Y
METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA QUÍMICA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 004-2024-UNSCH-FIQM/EPIQ

El que suscribe, Director de la **Escuela Profesional de Ingeniería Química** de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, habiendo recibido el requerimiento de Constancia de Originalidad por parte del Bach. **Roque AUQUI BAUTISTA**, se procedió a la evaluación y regularización de originalidad del archivo adjunto con el **TURNITIN - UNSCH**, de acuerdo a los criterios establecidos en el **Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH**, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU; cuyos resultados son:

INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL: Reducción de iones cobre empleando peróxido de hidrógeno, en el relave de la empresa minera PALTARUMI S.A.C., para la reutilización del agua en el proceso de cianuración

Autor Bach. : Roque AUQUI BAUTISTA
Identificado : 2324890001
Fecha : 19 de marzo de 2024
Archivo : Informe de Experiencia Profesional

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del **12 (doce) % de ÍNDICE DE SIMILITUD** realizado con **Depósito de trabajos estándar**, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que, los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 19 de marzo de 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA
Mtro. Abraham Fernando Toledo ESPINOZA
DIRECTOR

Adjunto Reporte de Índice de Similitud
cc. archivo

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
QUÍMICA Av. Independencia S/N –
Ayacucho Telf. 066-312510 Anexo. 152 Correo:
ep.quimica@unsch.edu.pe

Reducción de iones cobre empleando peróxido de hidrógeno, en el relave de la empresa minera PALTARUMI S.A.C., para la reutilización del agua en el proceso de cianuración

by Roque AUQUI BAUTISTA

Submission date: 19-Mar-2024 11:38AM (UTC-0500)

Submission ID: 2324890001

File name: AUQUI_ROQUE_INFORME_EXPERIENCIA_PROFESIONAL_FINAL_MARZO_2024.pdf (2.15M)

Word count: 13586

Character count: 67488

Reducción de iones cobre empleando peróxido de hidrógeno, en el relave de la empresa minera PALTARUMI S.A.C., para la reutilización del agua en el proceso de cianuración

ORIGINALITY REPORT

12%	11%	1%	5%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repositorio.ucsp.edu.pe Internet Source	4%
2	creativecommons.org Internet Source	2%
3	cybertesis.uni.edu.pe Internet Source	1%
4	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Student Paper	1%
5	Submitted to Universidad Católica San Pablo Student Paper	1%
6	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Student Paper	1%
7	es.scribd.com Internet Source	< 1%

doku.pub

8

Internet Source

< 1 %

9

unsworks.unsw.edu.au

Internet Source

< 1 %

10

www.tdx.cat

Internet Source

< 1 %

11

101ab.be

Internet Source

< 1 %

12

qdoc.tips

Internet Source

< 1 %

Exclude quotes On

Exclude matches < 30 words

Exclude bibliography On