



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"



ESCUELA DE POSGRADO

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al **BORRADOR DE TESIS** cuyo título es:

"USO DE GOLD MAX EN LA LIXIVIACIÓN DE ORO Y PLATA EN LA ZONA MINERA DE RINCONADA - PUNO"

Presentado por:

ALIPIO MANUEL MOLINA VALDEZ.

De la **MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA** mención **PROCESOS QUÍMICOS Y AMBIENTALES**

Que, se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Escuela de Posgrado de la UNICA, el informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 12%.

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate. En Ica 30 de diciembre del 2021

Atentamente

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
ESCUELA DE POSGRADO



Dr. ROBERTO H. CASTAÑEDA TERRONES
DIRECTOR (e) DE LA ESCUELA DE POSGRADO

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA” DE ICA



ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA
INGENIERÍA QUÍMICA**

**MENCIÓN
PROCESOS QUÍMICOS Y AMBIENTALES**

**TEMA
“USO DE GOLD MAX EN LA LIXIVIACIÓN DE ORO Y PLATA EN LA ZONA
MINERA DE RINCONADA - PUNO”**

**PARA OPTAR EL
GRADO DE MAESTRO EN PROCESOS QUÍMICOS Y AMBIENTALES**

**ELABORADO POR
ING. ALIPIO MANUEL MOLINA VALDEZ**

**ASESOR:
ING. DR. SANTOS HUMBERTO OLIVERA MACHADO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
CIENCIAS NATURALES, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES**

**ICA – PERÚ
2021**

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado a Dios, a mi esposa e hijos, quienes con su perseverancia en hacer realidad el presente trabajo de investigación, lograron su objetivo en transmitirme la fe y confianza para salir adelante en culminar dicha investigación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la plana docente, quienes con su esfuerzo y dedicación lograron estimularme para hacer realidad el desarrollo de este tema, basándome en sus guías y orientaciones que sirvieron de mucha utilidad para cristalizar la culminación de la misma.

Agradezco a la Empresa Minera Yuhuay Confianza del Perú S.R.L, RUC N° 20601086256 por facilitarme sus instalaciones de planta de lixiviación en la misma zona minera de Rinconada – Puno, para llevar a cabo este estudio de investigación.

Agradezco al Laboratorio Minares South en Nasca, por facilitarme sus equipos de laboratorio para la ejecución de los análisis y pruebas metalúrgicas, relacionados a este trabajo de investigación.

Agradezco a la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga de Ica”, a la Escuela de Postgrado, y a mi Asesor el Dr. Santos Humberto Olivera Machado, quienes sirvieron de mucha utilidad en el desarrollo y culminación de dicho trabajo de investigación.

ÍNDICE

RESUMEN (ESPAÑOL - INGLES)	7
CONTRACARATULA	11
INTRODUCCIÓN	12
CAPITULO I - MARCO TEÓRICO	14
1.1. ANTECEDENTES	14
1.1.1. Antecedentes Internacionales.....	-14
1.1.2. Antecedentes Nacionales.....	-14
1.1.3. Antecedentes locales	18
1.2. BASES TEÓRICAS	19
1.3. MARCO CONCEPTUAL.....	24
1.4. MARCO LEGAL.....	26
CAPITULO II – PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	27
2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	27
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	29
2.2.1. Problema general	29
2.2.2. Problemas específicos.....	29
2.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	29
2.3.1. Justificación	29
2.3.2. Importancia.....	32
2.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	32
2.4.1. Objetivo general.....	32
2.4.2. Objetivos Específicos.....	33
2.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	33
2.5.1. Hipótesis general.....	33
2.5.2. Hipótesis específicos	33
2.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	33
2.6.1. Identificación de Variables	33

2.6.2. Operacionalización de Variables	34
CAPITULO III – METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	36
3.3. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES	36
CAPITULO IV – TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	44
4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	44
4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	44
4.3. ANÁLISIS Y TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO.....	45
CAPÍTULO V – CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	56
CAPÍTULO VI– PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
6.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	58
6.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	65
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES.....	69
FUENTES DE INFORMACIÓN	70
ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Concentración de los compuestos químicos	22
Tabla 2: Contenido de elementos químicos	22
Tabla 3: Operacionalización de variables	34
Tabla 4: Descripción del uso del mineral preparado	39
Tabla 5: Determinación de la gravedad específica	40
Tabla 6: Determinación de la densidad aparente y la porosidad	41
Tabla 7: Resultados de tiempo de molienda	42
Tabla 8: Variables fijas para el diseño experimental con Gold Max	58
Tabla 9: Niveles de las variables para Gold Max	59
Tabla 10: Planificación y resultados del diseño experimental con Gold Max	59
Tabla 11: Resultados de réplicas en el centro del diseño experimental con Gold Max	59
Tabla 12: Parámetros de operación en lixiviación	59
Tabla 13: Matriz de variables independientes de diseño experimental para Gold Max	60
Tabla 14: Calculo de efectos e interacciones diseño experimental para Gold Max	60
Tabla 15: Suma de cuadrados de los efectos para Gold Max	60
Tabla 16: Análisis de varianza para Gold Max	61
Tabla 17: Coeficientes del modelo matemático para Gold Max	63
Tabla 18: Análisis de residuales para Gold Max	63
Tabla 19: Términos para decodificación para Gold Max	63
Tabla 20: Resumen de lixiviación con Gold Max	64
Tabla 21: Resultados de las pruebas metalúrgicas con Gold Max	64

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se centra en la zona minera de la Rinconada – distrito de Ananea – provincia de San Antonio de Putina – Puno. Son yacimientos de oro, con bajo contenido de plata, que presentan diferentes tipos de formación, donde afloran potentes estratos de pizarras con intercalaciones de cuarcitas y areniscas, localizado en el flanco occidental de los nevados de Ananea y Aricoma pertenecientes a la cordillera oriental del sur del Perú o cordillera del Carabaya.

En la búsqueda constante de tecnologías limpias con impactos ambientales poco significativo pero que demuestren alta eficiencia en la recuperación de metales preciosos, como el oro en minerales auríferos.

Ante oferta en el mercado de nuevos reactivos que reemplazan al cianuro, se determinó la realización de pruebas metalúrgicas con el reactivo ecológico Gold Max, donde sus relaves no generan impactos ambientales significativos. Donde por lo contrario sus relaves registran rastros de Urea y Fosfatos. La fuente de mineral para el proyecto y la realización de la presente tesis es de la zona minera de Rinconada, ubicada en el distrito de Ananea – Provincia de San Antonio de Putina – Puno, de acuerdo al análisis mineralógico se determinó que es un mineral mixto entre óxidos y sulfuros. Las pruebas metalúrgicas se realizaron en el laboratorio de Minares South – SRL. RUC #20517745741, en el departamento de Ica, provincia de Nasca, donde se determinó la gravedad específica, análisis granulométrico, comparación de las pruebas de lixiviación con Cianuro y Gold Max. Donde se realizó una optimización mediante diseños experimentales con un diseño factorial 2k con replicas en el centro. Las variables que se consideraron para la optimización es la concentración del lixivante, pH y el tiempo de lixiviación. Los parámetros con que se realizaron las pruebas de lixiviación con Gold Max, concentración de Gold Max con un nivel inferior de 0,5 g/l a un nivel superior de 1 g/l, el pH con nivel bajo de 10 y un nivel alto de 12 y tiempo de 24 a 48 horas, para obtener finalmente un modelo matemático a escala natural que representa el proceso de lixiviación con Gold Max. =

$$\hat{Y} = -266,0988 + 191,9169Z_1 + 24,8012Z_2 + 4,8232Z_3 - 11,7309Z_1Z_2 - 1,2738Z_1Z_3 - 0,2824Z_2Z_3$$

El porcentaje de recuperación de oro en solución en el desarrollo de optimización del proceso mediante diseños experimentales, alcanza un máximo de 95,5% al trabajar con una concentración de Gold Max del 0,5 g/l a un pH de 12 y en un tiempo de lixiviación de 48 horas. El agente de extracción de oro Gold Max presenta una eficiencia de disolución cercana a la extracción con Cianuro de Sodio. El porcentaje de disolución está dentro del rango esperado, aproximadamente entre 95 % a 99%.

Palabras claves del trabajo de investigación: molienda, lixiviación, Gold Max, Soda cáustica, Carbón activado.

ABSTRACT

The present research work focuses on the mining area of the Rinconada - district of Ananea - province of San Antonio de Putina - Puno. They are gold deposits, with low content of silver, that present different types of formation, where powerful strata of slates with intercalations of quartzites and sandstones emerge, located on the western flank of the snowcapped Ananea and Aricoma belonging to the eastern mountain range of southern Peru or the Carabaya mountain range. In the constant search for clean technologies with little significant environmental impacts but which demonstrate high efficiency in the recovery of precious metals, such as gold in gold ores.

Given the market offer of new reagents that replace cyanide, metallurgical tests were carried out with the ecological reagent Gold Max, where its tailings do not generate significant environmental impacts. Where instead their tailings record traces of urea and phosphates. The mineral source for the project and the realization of this thesis is from the mining area of Rinconada, located in the district of Ananea - Province of San Antonio de Putina - Puno, According to the mineralogical analysis it was determined that it is a mineral mixed between oxides and sulphides. Metallurgical tests were carried out in the laboratory of Minares South - SRL. RUC #20517745741, in the department of Ica, Province of Nasca, where specific gravity was determined, particle size analysis, comparison of leaching tests with Cyanide and Gold Max. Where optimization was performed using experimental designs with a 2k factorial design with replicates in the center. The variables considered for optimization are leachate concentration, pH and leachate time. The parameters used for the leaching tests with Gold Max, Gold Max concentration with a lower level of 0,5 g/l at a higher level of 1 g/l, pH with a low level of 10 and a high level of 12 and a time of 24 to 48 hours, to finally obtain a natural scale mathematical model representing the leaching process with Gold Max =

$$\hat{Y} = -266,0988 + 191,9169Z_1 + 24,8012Z_2 + 4,8232Z_3 - 11,7309Z_1Z_2 - 1,2738Z_1Z_3 - 0,2824Z_2Z_3$$

The percentage of gold recovery in solution in the development of process optimization through experimental designs, reaches a maximum of 95.5% when working with a concentration of Gold Max of 0.5 g/l at a pH of 12 and in a leaching time of 48 hours. Gold Extraction Agent Gold Max has a dissolution efficiency close to the extraction with Sodium Cyanide. The percentage of dissolution is within the expected range, approximately between 95% to 99%.

Keywords of the research work: grinding, leaching, Gold Max, Caustic soda, Activated carbon.

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA” DE ICA



ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA
INGENIERÍA QUÍMICA**

**MENCIÓN
PROCESOS QUÍMICOS Y AMBIENTALES**

**TEMA
“USO DE GOLD MAX EN LA LIXIVIACIÓN DE ORO Y PLATA EN LA ZONA
MINERA DE RINCONADA - PUNO”**

**PARA OPTAR EL
GRADO DE MAESTRO EN PROCESOS QUÍMICOS Y AMBIENTALES**

**ELABORADO POR
ING. ALIPIO MANUEL MOLINA VALDEZ**

**ASESOR:
ING. DR. SANTOS HUMBERTO OLIVERA MACHADO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
CIENCIAS NATURALES, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES**

**ICA – PERÚ
2021**

INTRODUCCIÓN

En la zona minera de Rinconada – Puno, existe 15 plantas de lixiviación de oro y plata por cianuración, considerando el cianuro de sodio industrialmente como reactivo lixivante de estos metales preciosos, que hasta la actualidad se viene usando con gran éxito ya que logra disolver en gran porcentaje estos metales preciosos. Pero tenemos que considerar que este reactivo es sumamente tóxico y cualquier mal manejo en la lixiviación de metales preciosos se obtendría una fuerte contaminación ambiental.

Producto de esta toxicidad que causa además problemas sociales que produce divorcio entre la minería frente a las comunidades, la agricultura y ganadería; nace una nueva alternativa que es el uso del Gold Max, que es un reactivo también lixivante de oro y plata, con buenas recuperaciones, sumamente ecológico y que cuyo relave del mineral lixiviado constituye un mineral fértil para la agricultura y no genera pasivo ambiental. Todo esto recae a consecuencia de que el Gold Max está constituido dentro de sus materias primas de fabricación en fertilizantes que se usan en la agricultura, constituyendo por lo tanto el residuo minero un abono agrícola.

El presente trabajo de investigación que se basa en demostrar que el Gold Max lixivia con eficiencia el oro y plata en la zona minera de Rinconada – Puno, se desarrolla bajo la siguiente estructuración.

En el capítulo I, existe los antecedentes internacionales y nacionales, no teniendo antecedentes los locales. En las bases teóricas se explica con amplitud sobre las características y bondades del Gold Max, lográndose especificar los conceptos que más arraigo tienen en el desarrollo del presente trabajo.

En el capítulo II, se fundamenta la situación problemática por lo que conlleva a utilizar la alternativa del uso del Gold Max, considerando por lo tanto una formulación del problema general, que es: ¿La aplicación del Gold Max lixivia con eficiencia el oro y plata en la zona minera Rinconada - Puno?, seguido de sus problemas específicos.

Se plantea el objetivo general: “Determinar el uso de Gold Max en la lixiviación con eficiencia de oro y plata en la zona minera de Rinconada - Puno”, seguido de sus objetivos específicos.

También en este capítulo encontramos nuestra hipótesis general: “El uso de Gold Max lixivia con eficiencia el oro y plata en la zona minera de Rinconada - Puno”, seguido de sus hipótesis específicos.

Identificamos las variables de este trabajo de investigación de la siguiente manera:

Variable independiente: Uso de Gold Max.

Variable dependiente: Lixiviación de oro y plata en la zona minera Rinconada – Puno.

En el capítulo III encontramos que las metodologías de la investigación se desenvuelven en tipo, nivel y el diseño, encontrándose también la población y muestra; cuyos métodos y procedimientos experimentales se basan en el seguimiento de estudio del mineral cuyas evaluaciones concluyen con su balance metalúrgico respectivo.

En el capítulo IV se detalla la recolección de datos, como la observación planificada que consiste en el rol que se sigue para la obtención de datos reales que servirán como base para la ejecución del presente trabajo de investigación, como por ejemplo las evaluaciones físicas, químicas y minero metalúrgicas. Los procedimientos experimentales son datos obtenidos en el laboratorio que incluyen ley de cabeza, ley de solución rica, ley de relave y la obtención de su respectiva prueba metalúrgica.

En el capítulo V se determina la contrastación de la hipótesis general como los específicos, detallando los resultados que demuestran su veracidad.

En el capítulo VI se presentan los resultados obtenidos, interpretándolos con sus respectivas discusiones.

Las conclusiones y recomendaciones se manifiestan teniendo en cuenta el desarrollo y resultados obtenidos en la ejecución del presente estudio.

CAPITULO I - MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. Antecedentes Internacionales. -

Desde el año 2014 este reactivo de Gold Max con expansión por la empresa Royal Chemical del Perú viene incursionando a nivel internacional en los Países de Ecuador (Planta de lixiviación Agriplaza), Bolivia (Planta de lixiviación Oruro), Honduras (Planta minera Chuluteca y Planta minera región del Paraíso), Colombia, Panamá, Nicaragua, Chile, México; demostrando los beneficios del Gold Max en cuanto a su lixiviación de oro y plata, sin generar pasivos ambientales, en contraste generando residuos abonables para la agricultura^[19].

1.1.2. Antecedentes Nacionales. -

“Evaluación del reactivo Gold Max en minerales auríferos refractarios”

Autor : Bach. Pari Ticona, Dario Fredy

Año : 2019

Lugar : Tacna

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Metalurgista.

Conclusiones:

El consumo del reactivo es mayor utilizando el Cianuro de Sodio consumiendo hasta 4,3 Kg/TM de mineral, con respecto al Gold Max cuyo consumo en piritas auríferas es de 1,1 Kg/TM.

La recuperación con el reactivo del Cianuro de Sodio es de 70,83%, es probable por la presencia de otros elementos cianicidas, debido a su baja selectividad.

El proceso de lixiviación con Gold Max muestra su mejor resultado a las 24 horas, llegando a una recuperación de 87,5% de extracción de oro, obteniéndose mayor tasa de lixiviación por unidad de tiempo, lo que proporciona rapidez en el tiempo de extracción (Cinética), indicando pues que este reactivo puede ser utilizado en la lixiviación de sulfuros.

“Lixiviación Ecológica de minerales auríferos a partir del reactivo Gold Max para la pequeña minería”

Autor : Arapa Pari, Mac Gyver

Año : 2019

Lugar : Arequipa

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Metalurgista.

Conclusiones:

El autor en su investigación demuestra la eficiencia en la recuperación de oro en solución en el desarrollo experimentado, del mineral de la unidad minera Jordan de Minera Esperanza del Perú S.A., alcanza un máximo de 95,5% al trabajar con una concentración de Gold Max de 0,5 g/l a un pH de 12 y en un tiempo de lixiviación de 48 horas, además del % de extracción de oro en solución, alcanza un máximo de 97,70% al trabajar con una concentración de Cianuro del 1,0 g/l a un pH de 12 y en un tiempo de lixiviación de 48 horas. Comparada con el Gold Max, el cianuro es más eficiente en la extracción de oro.

El análisis costo - beneficio demuestra que la implementación de una planta piloto de 50 TMD, es factible si se opera con cianuro o Gold Max. Cumpliendo los detalles de diseño y el proyecto de inversión, lográndose determinar la utilización del

nuevo insumo ecológico Gold Max en la lixiviación de minerales auríferos. Finalmente, las estructuraciones de las partes desarrolladas en esta tesis cumplieron con los aspectos viables de un proyecto de investigación: técnico, medioambiental, social y económico.

- **“Estudio de Investigación para recuperar oro y plata con cianuro de sodio y Gold Max de los relaves de flotación”**

Autor : Conza Peñafiel, Fritz Edson

Año : 2018

Lugar : Arequipa,

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Metalurgista,

Conclusiones:

El autor llega a las siguientes conclusiones: En el microscopio electrónico de barrido se observa al oro dentro de la estructura de la arsenopirita y pirita, y la plata en similar estructura se encuentra en pequeños contenidos en la tetraedrita y jamesonita. El concentrado de flotación sin remolienda tiene 77.06% -200m y 35.77% -400m y luego de la remolienda se tiene 100% -200m y 64.08% -400m, que son las granulometrías con las que se realizaron las pruebas. Obteniéndose los siguientes resultados;

GOLD MAX:

Sin remolienda: 77,06% - 200m.

Au = 7,57%

Ag = 21,19%

Con remolienda: 100% - 200m

Au = 12,44%

Ag = 37%

CIANURACIÓN

Sin remolienda: 77,06 % - 200m

Au = 6,63%

Ag = 15,65%

Con remolienda: 100% - 200m

Au = 12,77%

Ag = 32%

Además, que el consumo de Gold Max es tres veces más el consumo de NaCN y a su vez su comportamiento es el mismo con respecto al oro y para la plata se observa una ligera mejora.

Mediante el proceso de tostación se llegó a obtener una recuperación de oro de 23.41% y de plata de 33.52% y mediante la nitrificación se llegó a una recuperación de oro de 21.07% y de plata de 53.08%. Estos resultados son mejores que los obtenidos por cianuración directa y con el reactivo Gold Max. La granulometría para la oxidación mediante tostación y la nitrificación del concentrado de flotación se realizaron a 77.06% -200m y no a 100% -200m. se concluye que las mejores recuperaciones para el oro y la plata es oxidar la pirita y arsenopirita aurífera para luego aplicar el proceso de cianuración y la otra sería el proceso de nitrificación.

- **“Investigación para determinar la estructura y la composición química del reactivo ecológico Gold Max, alternativo al cianuro de sodio en la disolución de metales preciosos en minerales”**

Autores : Ing. Alarcón Espinoza, Alcajer Miguel
Ing. Dávalos Calderón, Angel Gustavo

Año : 2019

Lugar : Ica

Informe técnico presentado a la oficina de investigación de la universidad Nacional “San Luis Gonzaga de Ica”

Conclusiones:

Se ha determinado que la estructura cristalina del Gold Max es compleja, tal como se puede observar al microscopio esto porque en realidad, este producto es una mezcla de sustancias con diferentes formas cristalinas.

El Gold Max es una mezcla compuesta de óxido de sodio, nitrógeno, amonio, ferrocianuro de sodio, agua, óxido de calcio, óxido de hierro (III) y otros compuestos insolubles en agua.

El Ferrocianuro de sodio contenido en el reactivo ecológico Gold Max es el lixiviante de los metales preciosos y no forma cianuro de sodio ni ácido cianhídrico en el proceso por ende el relave de dicho proceso con este reactivo sirve como abono en la agricultura y es totalmente amigable al medio ambiente.

1.1.3. Antecedentes locales

No se encontraron estudios ni investigaciones acerca de la aplicación del Gold Max en la región Puno y mucho menos en la zona minera de Rinconada – Puno.

1.2. BASES TEÓRICAS

- **Referencia y fabricación del reactivo Gold Max**

En el año 2010, la Royal Chemical del Perú, patento y fabrico industrialmente el reactivo Gold Max, como una alternativa en la lixiviación del oro y la plata, que reemplaza al cianuro por ser este un reactivo toxico y contaminante del medio ambiente.

Como es sabido actualmente el 85% del oro, producido en el mundo se extrae mediante el uso de procesos de cianuración. Para hacer frente a la contaminación de productos altamente tóxicos como el cianuro, expertos investigadores de prestigiosas entidades del extranjero, han llevado a cabo un gran número de experimentos e investigaciones para buscar productos de extracción de oro sin el uso de cianuro en los últimos años, buscando baja toxicidad o de ser posible toxicidad nula, pero ningún avance se ha hecho hasta el momento.

Actualmente Gold Max es un agente de extracción de oro, se plantea como la solución alternativa a esta problemática ofreciendo a el rubro minero, un lixivante eficaz, de bajo consumo, que ofrece alta recuperación de oro muy similar a la que se obtiene con el Cianuro, y a un precio razonable para hacer viable cualquier operación basado en el costo beneficio.

El producto de Gold Max es de muy baja toxicidad y contribuye a preservar el medio ambiente ^[1,19].

- **Características y lixiviación de los metales preciosos por el Gold Max**

Las características de lixiviación del oro y la plata es el mismo en el Gold Max y en el cianuro, teniendo ambas buenas recuperaciones de estos metales preciosos; diferenciándose de que el primero es sumamente ecológico porque su composición es a base de fertilizantes para la agricultura.

Gold Max puede aplicarse desde la molienda, además de la lixiviación en tanque y el proceso de lixiviación del tipo CIP y CIL, sin

mayor inconveniente, además de su total aplicación en el proceso Merrill Crowe.

Agente de extracción de oro, es aplicable en minerales de óxido de oro y plata, mineral de sulfuro, relaves de mineral, puede aplicarse en lixiviación en pilas (Heap Leaching, Vat Leaching), Lixiviación en pozas, estanque de inmersión, (lixiviación agitación CIP – CIL) y el proceso es idéntico a la producción cuando se usa cianuro de sodio.

La lixiviación con Gold Max se desarrolla en forma eficiente en pH=11-12 es muy estable y fiable en el rendimiento, con una mayor tasa de Lixiviación por unidad de tiempo, lo que proporciona rapidez en el tiempo de extracción (cinética), es decir estable en eficiencia y rendimiento.

La disolución de oro en soluciones de Gold Max aumenta linealmente con la concentración de este reactivo, hasta que alcanza o produce un máximo, más allá del cual, un incremento adicional no aumenta la cantidad de oro disuelto, sino por el contrario tiene un ligero retardante ^[1,2,19].

- **Composición y selectibilidad del Gold Max**

El Gold Max es un compuesto inorgánico básico que requiere de poco consumo de soda cáustica durante el proceso, su composición básicamente es de óxido de sodio, nitrógeno, amonio, calcio y fierro, además aplicado en procesos metalúrgicos es selectivo, pues no ataca al fierro ni al cobre que son los principales problemas cianicidas en los procesos con cianuro de sodio; y otra ventaja sobre el cianuro es que las soluciones remanentes pueden ser utilizadas como abono, lo que no ocurre con las soluciones de cianuro.

El Gold Max es netamente selectivo para estos metales preciosos cuyo consumo no es exagerado.

El Gold Max, reactivo inocuo ambientalmente, es un producto químico fabricado en base a materias primas que son usados en la

elaboración de fertilizantes, según la información investigada en la bibliografía, dándole esta particularidad un carácter de lixiviante ecológico adecuado para la disolución de oro y favorable al medio ambiente.

Es un producto alternativo al cianuro de sodio, cuyas características es: no es corrosivo, no es inflamable, no desprende gases tóxicos, su aplicación en el proceso es similar al del cianuro de sodio por que trabaja en las mismas condiciones de pH, temperatura y tiempo de lixiviación.

Es un producto que lixivia en forma selectiva discriminando Fe y Cu, lo cual no ocurre con NaCN y otros productos ^[18,19].

- **Fiscalización y almacenamiento del Gold Max**

Es un producto altamente estable y puede almacenarse largos periodos sin sufrir efecto de descomposición siempre que se le proteja de los elementos, como luz solar y lluvias.

Este reactivo, no está sujeto a fiscalización, ni control de ninguna índole, ante algún control policial y Sunat el procedimiento es como se aplica a cualquier químico común y corriente. Lo que no ocurre con productos fiscalizados o controlados como el NaCN, que si está sujeto a normas específicas.

Gold Max agente de extracción de oro, ha sido sometido a todas las pruebas pertinentes y que garantizan la total funcionalidad y eficacia del producto, realizándose pruebas exhaustivas con todo tipo de mineral y en todas las condiciones garantizando altas recuperaciones de Au-Ag, tanto en minerales oxidados, sulfuros y mixtos ^[1,2,19].

- **Disponibilidad en el mercado del Gold Max**

El Gold Max presenta ventajas técnico-económicas, cuando se le compara con otros productos similares que se ofrecen en el mercado, ya que estos no actúan eficientemente con todo tipo de mineral, muy por el contrario, presentan consumos elevadísimos, reportándose en los

estudios realizados hasta 7 a 12 veces consumos más altos, que cuando se usa Gold Max.

Gold Max, también presenta un mejor precio de venta, costo por kg, TM, etc y la disponibilidad de este reactivo es inmediata.

- **Efecto de la concentración.**

Tabla 1: Concentración de los compuestos químicos ^[19]

Componente	CAS Numero	Aproximado (%) por Peso
Oxido de sodio (Na ₂ O)	1313-59-3	35-50 %
Nitrógeno (N)	7727-37-9	12-20%
Amonio (NH ₄)	14798-03-9	7-12%
Humedad (H ₂ O)	7732-18-5	1-4%
Calcio (Ca)	7440-70-2	1-5%
Hierro (Fe)	7439-89-6	1-5%
Substancia insoluble en agua	3-8%

Tabla 2: Contenido de elementos químicos ^[19]

Elemento	CAS Numero	Contenido (%)
C	12069-90-8	22,04
Na	100894-64-2	38,30
N	14914-35-3	15, 20
O	17778-80-2	22,92
Fe	14092-79-6	0,96
Cl	24934-91-6	0,36

- **Parámetros de control**

Granulometría del mineral: Es importante la liberación del oro y plata de la ganga del mineral y esto se realiza sometiendo a una molienda fina de 80% - 200m. Estos cálculos son efectuados mediante el uso de cedazos de malla 200.

Concentración: Para elegir la fuerza de lixiviación óptima para la lixiviación se debe de realizar pruebas a concentraciones de 0,5; 0,6; 0,8, 1, y 1,2 g/l para evitar un consumo excesivo o lixiviar impurezas.

Para determinar la fuerza de lixiviante libre, se debe de realizar el proceso de titulación se debe de tomar en cuenta los siguientes parámetros:

Cantidad alícuota a utilizar	25 ml. de solución de Gold Max
Titulante a utilizar	Nitrato de Plata
Concentración del titulante	4,33 g/l
Indicador a utilizar	Ioduro de Potasio
Concentración del indicador	5 %

pH: El pH más adecuado para la operación estará entre 11 a 12, se puede medir con papel indicador de pH o un pH neutro digital, se puede regular el pH dosificando Soda Caustica [2,18].

- **Recuperación de oro del licor de lixiviación**

Carbón activado: Para la recuperación de oro de la solución lixiviada con Gold Max se utiliza el método de adsorción con carbón activado, una de las principales propiedades del carbón activado es su selectividad por el oro y plata ante la presencia de otros complejos. La adsorción de oro en carbón activado se puede ejecutar por medio de las tres siguientes operaciones:

Carbón en pulpa (CIP)

Carbón en lixiviación (CIL)

Carbón en columnas (CIC) [2,13, 17]

- **Reactivo ecológico**

Los relaves que se producen tras emplear GOLDMAX contienen Urea y Fosfatos, elementos que son la materia prima de los fertilizantes agrícolas. Actualmente, ROYAL CHEMICAL DEL PERÚ ha implementado un vivero donde riega diversos cultivos con estos relaves.

Esta reutilización de las aguas residuales es una revolución que demuestra, fehacientemente, que la minería y la agricultura pueden convivir y relacionarse estrechamente. Gold Max, ha pasado las pruebas y evaluación de los servicios técnicos interesados.

Protección del medio ambiente análisis ambiental y centro de pruebas de protección ambiental Consulting Co., Ltd realizaron análisis y pruebas sobre la toxicidad de lixiviación de los residuos después del uso de los productos, el resultado de lo que muestra que los relaves mineros después de la pulverización satisfacen el requisito de la protección del medio ambiente, y reducen el envenenamiento del medio ambiente significativamente ^[1,18,19].

1.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Carbón Activado:** Insumo cuya materia prima es la cascara de coco que después de un proceso de tostación y eyección de oxígeno, se obtiene las porosidades que originan la adsorción del oro y la plata ^[13,17].
- **Cianuro de sodio:** El Cianuro de Sodio, conocido también como Sal Sódica del Ácido Cianhídrico, se presenta como un polvo blanco, que tiene una pureza mínima de 98% y en forma de solución acuosa, que contiene el 30% en masa de Cianuro de Sodio. El ión cianuro se produce en la naturaleza en diversos microorganismos, insectos y plantas ^[13,17].
- **Composición:** Es una palabra que **viene del latín de la voz «compositus»** a partir del prefijo «com» que significa «junto a» y «positus» participio de la voz verbal «ponere» que quiere decir poner. Compuesto generalmente alude a que se compone de diferentes partes o elementos; por ejemplo, de una sustancia que se forma luego de la unión de dos o más elementos o ingredientes.

- **Composición química:** se conoce como a aquellas sustancias que se encuentran presentes en una determinada muestra y en las cantidades en las cuales se encuentran dispuestas.
- **Concentración de Gold Max:** Cantidad del reactivo disuelto en agua suficiente para la disolución del oro y la plata que oscila entre 0.1% y 0,15%.
- **Estructura:** Una estructura se define como el conjunto de los elementos importantes de un cuerpo, un edificio u otra cosa. Suele relacionarse con la armadura que sirve de soporte para ese determinado cuerpo, edificio, entre otros agentes de extracción.
- **Gold Max:** Reactivo Lixivante de oro y plata cuya composición es a base de materias primas para fertilizantes que se usan en la agricultura. Es sumamente ecológico.
- **Granulometría:** Tamaño de partícula del mineral apto para la lixiviación en este caso lo óptimo para lograr la liberación del oro y la plata es de 70 % - 200 m.
- **Lixiviación:** Disolución de metales valiosos, en este caso del oro y la plata, cuya extracción se produce a partir de sus gangas.
- **pH:** Potencial de Hidrogeno presentes en la solución lixivante, que indica el grado de acidez o alcalinidad.
- **Rate de aplicación:** Es la velocidad de aplicación de la solución lixivante sobre la superficie del mineral que se da en Lit x Hr / m². Se utiliza comúnmente en un sistema de Heap o Vat Leaching.
- **Soda Cáustica:** Reactivo altamente corrosivo que se utiliza para alcalinizar la solución lixivante, cuya fórmula química es NaOH.
- **Solución Barren:** Solución lixivante con escasa presencia de oro y plata.

- **Solución Rica:** Solución lixivante pregnant con contenido alto de oro y plata.
- **Titulación:** Parámetro de medición para determinar la cantidad o concentración del reactivo presente en la solución lixivante.

1.4. MARCO LEGAL

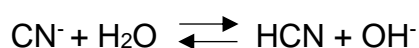
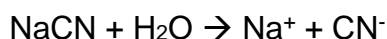
El instituto geológico Minero y metalúrgico en ejercicio de sus funciones y competencias en materia geológica y minera, se sujeta a la normativa especial pertinente comprendida por el texto único ordenado de la ley general de minería, aprobado por decreto supremo N° 014-92-EM, y normas reglamentarias, complementarias y conexas, la ley N° 26615, ley del catastro minero nacional y su reglamento de organización y funciones, aprobado por decreto supremo N° 035-2007-EM ^[7].

CAPITULO II – PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Ante los diferentes procesos de extracción de metales preciosos y, siendo uno de los reactivos más usados aparte del mercurio para la recuperación de oro y plata en los procesos metalúrgicos extractivos, el cianuro de sodio es un reactivo más utilizado, en sustancias alcalinas que tiene la propiedad de disolver el oro y la plata en soluciones sumamente diluidas, en presencia de oxígeno y en medio acuoso (Bodlander);

Sin embargo, este reactivo (cianuro de sodio), es altamente tóxico para el medio ambiente, porque es un reactivo peligroso debido a su potencial riesgo de derrames durante el transporte y uso, que puede generar problemas de contaminación por presencia de cianuro wad y cianuro libre, además de la seguridad ocupacional, es de potencial riesgo a la salud de los operarios y al combinarse con el agua forma el ácido cianhídrico que es un gas altamente venenoso para los seres vivos, que genera impacto negativo en el ecosistema terrestre, esta reacción es gobernada por la siguiente ecuación química:



Estas toxicidades del cianuro han propiciado que haya un rechazo masivo a su uso, y se viene prohibiendo en muchos países del mundo, consecuencia de ser un reactivo altamente nocivo para el medio ambiente, por lo que las industrias químicas han venido buscando reactivos alternativos de la misma efectividad, cuyo comportamiento con el medio ambiente sea más amigable.

La Empresa Royal Chemical ha sacado al mercado un reactivo con el nombre de Gold Max, producto que al haberse hecho una primera inspección en algunas de sus propiedades físicas y químicas al parecer posee dentro de su composición Cianuro; pues el olor en solución es igual al del cianuro de sodio y en los análisis de fuerza se utilizan los mismos

reactivos que para la determinación de fuerza de cianuro o cianuro libre (como el AgNO_3 ; IK), incluso para la desorción de carbón activado y para el proceso Merrill Crowe o polvo de zinc. La industria china, ha sacado al mercado un producto conocido como Sandioss las mismas que el Gold Max, que tiene estas propiedades de disolución de metales preciosos, El Gold Max o Sandioss tienen la gran ventaja de ser amigables con el medio ambiente, incluso al final del proceso puede usarse como fertilizante. Sin embargo, el olor similar del reactivo alternativo y del cianuro nos lleva a una interrogante que pretendemos dilucidar con esta investigación ^[1,18,19].

Hasta la actualidad se viene usando el cianuro de sodio en muchos yacimientos auríferos del Perú en la lixiviación del oro y la plata, contaminando el medio ambiente (suelo y agua) por no tener cuidado en su manejo y mala protección de sus relaveras, es así que en la zona minera de Rinconada-Ananea-San Antonio de Putina-Puno, se cianura constantemente descargando sus relaves al suelo sin ninguna protección, siendo un latente peligro para la población y todo ser orgánico que lo rodea, además con el venir de las lluvias que son frecuentes en esta zona, logran arrasar los relaves y transportan el cianuro a suelos limpios y por ende perjudican la capa freática y por ende causando contaminación al agua del subsuelo.

Lo mismo sucede en el distrito de Chala-Arequipa donde se han concentrado más de 15 plantas de cianuración, lo cual existen derrames de solución de cianuro causando daño al suelo que le rodea, por ende, contaminando al agua subterránea.

En el distrito de Otonaga-Ayacucho, continúan cianurando los artesanales e informales, sin ninguna orientación técnica, en el uso del cianuro, lo cual los derrames de solución cianurada y apilamiento de sus relaves con contenido de cianuro son erosionados con el venir de las lluvias, causando contaminación del suelo que sirve para la agricultura y agua para los pobladores y ganadería.

Además, cabe recalcar que el uso del cianuro de sodio se viene aplicando también en diferentes zonas mineras auríferas del Perú, sobre todo por mineros artesanales en su modalidad de Vat leaching, con carbón activado en columnas, cuya instalación y proceso es simple, sin tener ninguna orientación técnica, lo cual no guardan un buen manejo de este reactivo, contaminando el medio ambiente en el derrame de solución cianurada como en la descarga del relave, sin ninguna protección alguna.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1. Problema general

¿La aplicación de Gold Max lixivia con eficiencia el oro y plata en la zona minera de Rinconada - Puno?

2.2.2. Problemas específicos

¿La concentración de Gold Max influye en la lixiviación de oro y plata en la zona minera Rinconada - Puno?

¿La granulometría del mineral optimiza el uso de Gold Max en la lixiviación de oro y plata en la zona minera de Rinconada - Puno?

¿Los reguladores de pH influyen en el uso de Gold Max en la lixiviación de oro y plata en la zona minera de Rinconada - Puno?

2.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

2.3.1. Justificación

La lixiviación de minerales auríferos con malas prácticas es una problemática de primera necesidad a solucionar. La lixiviación ecológica de minerales puede favorecer de manera relevante a disminuir sus impactos ambientales de muy significativos a poco significativos a 1 000 000 de pequeños productores mineros de los cuales el 20 % realizan actividades de beneficio, también puede favorecer a los mineros que están en el proceso de formalización realizando actividades de beneficio los cuales generan impactos muy significativos. El más grande beneficiado de la lixiviación ecológica sería nuestro medio ambiente. A través de la lixiviación

ecológica de minerales auríferos a partir del reactivo Gold Max para la pequeña minería se considera influenciar en una base para el diseño de futuras plantas de beneficio ecológicas con el medio ambiente.

Expertos investigadores de prestigiosas entidades del extranjero, han llevado a cabo un gran número de investigaciones, según referencia de la Royal Chemical del Perú S.A.C. han realizado experimentos e investigación para buscar alternativas como sustituto del cianuro como producto de extracción y viene lográndose reemplazar por su posible toxicidad nula, pero ningún avance se ha hecho hasta el momento, tampoco se tiene la certeza de esa propiedad al cien por ciento, sin embargo este estudio permitirá definir la estructura próxima a los contenidos y la composición química que lo constituye, por ende se viene realizando experimentos de evaluación estructural de este nuevo reactivo ^[19].

El reactivo ecológico Gold Max es un producto de composición química desconocida, según investigaciones en proceso, es excelente sustituto del cianuro de sodio, es un compuesto inorgánico básico que requiere de poco consumo de cal durante el proceso de disolución del oro, su composición básicamente es de óxido de sodio, nitrógeno, amonio, calcio y fierro, del cual en el proceso no ataca al fierro ni al cobre, que son los principales problemas cianicidas en los procesos con cianuro de sodio, demostrando así su eficacia en lo que respecta a ser un producto que lixivia en forma selectiva al oro, lo que no ocurre con NaCN y otros productos, además de la ventaja en su costo es muy competitivo frente a cianuro, incluso la más importante ventaja es que las soluciones remanentes con este nuevo reactivo pueden ser utilizadas como abono.

El aspecto tecnológico nos permite el estudio permanente de la aplicación de nuevos reactivos como el Gold Max (Lixivante de oro y plata), con el propósito de que la industria metalúrgica deje de usar el cianuro en la disolución del oro por estar considerado como un reactivo contaminante y no amigable con el medio ambiente.

Además, se justifica el uso del Gold Max por los resultados positivos obtenidos en los países de Australia, África, Honduras, Nicaragua, Ecuador, Bolivia y en el Perú en el distrito de Progreso, provincia de Grau, departamento de Apurímac; además en la zona minera de Chaparra – Arequipa, donde se lograron buenas recuperaciones en la lixiviación del oro y la plata, sin contaminar el medio ambiente.

Es justificable además el uso del Gold Max por el bajo precio de venta en el mercado minero metalúrgico, en comparación con el precio de otros reactivos competidores.

El Gold Max ofrece una mejor cinética y puede acortar los tiempos de lixiviación con recuperaciones iguales o similares a la del cianuro de sodio. Incluso se han registrado casos donde se logró disminuir el consumo del agente lixivante hasta en un 45%.

El lanzamiento de este lixivante al mercado sudamericano por parte de la Royal Chemical del Perú puede marcar el fin del uso del cianuro de sodio.

Es un reactivo no tóxico que no está sujeto a ningún control, fiscalización, permiso, ni requiere de un transporte especial, por el contrario, es de libre disponibilidad, manejo y no necesita ser destruido por que se degrada solo ^[1,19].

Este producto se comercializa en el Perú, Ecuador, Colombia, Bolivia, Chile, México, Honduras y Nicaragua. Como también en África y Australia. De los que se están obteniendo resultados favorables en la lixiviación del oro y plata.

2.3.2. Importancia

La importancia del cuidado del medio ambiente y el desarrollo de los procesos metalúrgicos amigables, que protejan al medio ambiente al mismo tiempo que disuelve los contenidos metálicos preciosos, es la que permite realizar el presente estudio.

Sin embargo, amerita conocer su composición química y evaluar estructuralmente para contar con una información más completa y permita realizar investigaciones más profundas, de modo que se tenga la plena seguridad que es un producto totalmente inocuo, tanto para la salud de los seres vivos y el medio ambiente.

La investigación en el presente trabajo, tiene mayor importancia en el aspecto tecnológico que nos permite el estudio permanente de las diferentes variables operacionales intervinientes en el proceso productivo, como la perspectiva de la optimización de los medios de producción para alcanzar resultados más eficientes para el logro de la competitividad, evolución que siempre es expectativa en el contexto actual social, la máxima utilización y optimización de los recursos naturales, protegiendo de esta manera el medio ambiente.

El Gold Max además de lograr una buena recuperación en la lixiviación del oro y la plata, es un reactivo sumamente ecológico lo cual significa que no contamina el medio ambiente.

También el Gold Max es selectivo exclusivamente para el oro y la plata, no lixiviándose el cobre ni el fierro, ni otros metales.

2.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. Objetivo general

“Determinar el uso de Gold Max en la lixiviación con eficiencia de oro y plata en la zona minera de Rinconada-Puno”.

2.4.2. Objetivos específicos

Establecer la influencia de la concentración de Gold Max en la lixiviación de oro y plata en la zona minera de Rinconada-Puno.

Establecer la optimización de la granulometría del mineral en el uso de Gold Max en la lixiviación de oro y plata en la zona minera de Rinconada - Puno.

Definir la influencia del pH en el uso de Gold Max en la lixiviación de oro y plata en la zona minera de Rinconada-Puno.

2.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.5.1. Hipótesis general

“El uso de Gold Max lixivia con eficiencia el oro y plata en la zona minera de Rinconada-Puno”.

2.5.2. Hipótesis específicos

- La concentración de Gold Max influye directamente en la lixiviación de oro y plata en la zona minera de Rinconada-Puno.
- La granulometría del mineral tiene marcada influencia en el uso de Gold Max en la lixiviación de oro y plata en la zona minera de Rinconada-Puno.
- El pH influye en el uso de Gold Max en la lixiviación de oro y plata en la zona minera de Rinconada-Puno.

2.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

2.6.1. Identificación de variables

Independiente: Uso de Gold Max.

Dependiente: lixiviación de oro y plata en la zona minera de Rinconada-Puno.

2.6.2. Operacionalización de variables

Tabla 3: Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Índice
V.I. Uso de Gold Max	Parámetros de control de lixiviación	<ul style="list-style-type: none">• Concentración• Granulometría• pH	<ul style="list-style-type: none">• Titulación.• Finura del mineral.• Alcalinidad.
V.D. Lixiviación de oro y plata en la zona minera Rinconada - Puno	Parámetros de control fisicoquímico	<ul style="list-style-type: none">• Contenido de oro y plata en la cabeza del mineral• Contenido de oro y plata en la solución lixiviante• Contenido de oro y plata en el relave del mineral	<ul style="list-style-type: none">• Ley de cabeza.• Ley de solución rica.• Ley de ripio o relave.

Fuente: Elaboración propia del autor

CAPITULO III – METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- **Tipo:** Aplicada. – Es así porque se está aplicando un nuevo reactivo en un proceso metalúrgico que aparte de ser eficiente en la lixiviación es sumamente ecológico y que por ende no hay contaminación ambiental
- **Nivel:** Tecnológica operativa. – Es así porque está buscando la mejora o el desarrollo de nueva tecnología que además de ser eficiente en la lixiviación, sus desechos del mineral procesado no causan impacto ambiental.
- **Diseño de investigación:** Descriptivo experimental.

El diseño de la investigación es descriptivo experimental porque es aquella que permite con más seguridad establecer relaciones causa y efecto.

La presente investigación se realizó en tres etapas:

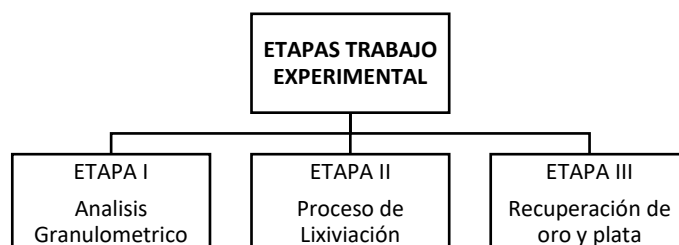
Etapa I: El análisis granulométrico.

Etapa II: El proceso de lixiviación.

Etapa III: La recuperación de oro y plata.

Los que se desarrollaron para alcanzar los objetivos propuestos en el trabajo de investigación y son descritas en el diagrama siguiente:

Etapas desarrolladas en la Investigación descriptiva experimental



3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: 100 000 toneladas de relave de amalgamación existentes en la zona minera de Rinconada - Puno, que son productos obtenidos por la aplicación del sistema gravimétrico al mineral grueso, con molienda y uso del mercurio metálico como agente amalgamador, para la extracción del oro grueso.

Muestra: Muestreo del relave de amalgamación existente, haciendo calicatas cada 100 metros, en forma equidistante en toda el área que se encuentra dicho mineral.

3.3. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

3.3.1. Pruebas evaluativas:

La etapa inicial para determinar las características y propiedades físicas del mineral de la zona minera de Rinconada – Puno, conlleva a hacer sus respectivas evaluaciones lo cual obtendríamos resultados que conlleven a saber la docilidad de dicho mineral a la acción lixiviadora del reactivo Gold Max. También entra a tallar en estas pruebas sus análisis químicos de sólidos como de soluciones ricas y también soluciones barren.

Se realizaron pruebas evaluativas o de reconocimiento, para determinar las diferentes propiedades del mineral, así como análisis previos de oro y plata del mineral a tratarse o beneficiarse en cada una de las etapas del proyecto, destacando que, por la presencia de leyes marginales de plata, este elemento no entrara en dichas pruebas evaluativas.

El mineral fresco de interior mina de la zona minera de Rinconada-Puno dentro de las características del oro ocurrente (el oro se encuentra libre), encontramos presencia de oro grueso o charposo en un 50%, lo cual los productores mineros en su totalidad efectúan la extracción inicial mediante el proceso de amalgamación, quedando en el relave el oro restante, que está constituido por oro

fino casi en su totalidad. Las pruebas evaluativas se harán a partir de este relave de amalgamación, para luego lixiviarlo con Gold Max.

Los resultados obtenidos en las pruebas evaluativas como en las pruebas metalúrgicas son presentadas a continuación.

3.3.1.1. Análisis mineralógico

Este análisis fue realizado con la finalidad de identificar las especies mineralógicas del mineral de la zona minera de Rinconada - Puno.

En general la mineralogía típica del yacimiento define un ensamble cuarzo – oro, emplazada en mantos concordantes con la estratificación de las pizarras y cuarcitas, cuyos espesores varían entre 0.05 a 0.20 metros, así como en vetas subverticales y venillas que cortan dichas estratificaciones.

Los minerales típicos están constituidos por cuarzo, oro nativo, pirita, arsenopirita, esfalerita, marmetita, calcopirita, plata en contenido marginal y otros minerales de menor importancia.

El cuarzo se presenta como hialino, vítreo y lechoso; tanto el hialino como el vítreo se encuentran relacionados con la ocurrencia del oro, es característico describir muestras de cuarzo vítreo microfracturado con fractura ligeramente concoidea y que se encuentra asociado al oro. El cuarzo lechoso se presenta en estructuras (vetas y mantos) de mayor consistencia; su asociación al oro no es importante.

El oro se encuentra nativo a manera de charpas, así como oro de grano grueso asociado principalmente al cuarzo y arsenopirita; es importante mencionar la ocurrencia de las concentraciones de oro en mantos y vetas que llegan a reportar hasta 1000 gr/TM ^[7,11].

3.3.1.2. Análisis químico del mineral

Los análisis por oro del mineral muestreado en la zona minera de Rinconada-Puno, el mineral de cabeza o mineral fresco fueron realizados vía el método de ensayo a fuego para oro Newmont por gravimetría y análisis de oro total y análisis de las soluciones con contenido de oro se realizaron por absorción atómica en solución alcalina.

Estos ensayos tuvieron lugar en el Laboratorio Minares South-S.R.L. RUC #20517745741 en la ciudad de Nasca-Ica.

Los resultados de análisis por oro del relave de amalgamación de la zona minera de Rinconada evidencian variaciones entre 10,284 a 40 gr/TM. Y los resultados para la plata varían entre 4 a 5 gr/TM lo cual considero leyes muy marginales.

Según el ensayo químico en el laboratorio de Minares South reporta una ley de cabeza de 17,83 gr/TM o 0,52 oz/TC para el oro y para la plata es de 4,62 gr/TM o 0,135 oz/TC, para efectos de nuestro estudio experimental.

3.3.1.3. Muestreo y preparación de muestras

El muestreo y preparación de muestras, constituidos por el mineral relave, se llevó a cabo mediante el método clásico de cono y cuarteo para obtener muestras representativas y así realizar las caracterizaciones mineralógicas, químicas, microscópicas, físicas y las pruebas metalúrgicas.

Los minerales relaves de amalgamación presentan una determinada característica mineralógica predominante (sulfuros y óxidos).

Tabla 4: Descripción del uso del mineral preparado

Descripción del uso	Número de muestras	Peso de muestra (kg)	Peso Total de muestra (kg)
Propiedades Físicas (GE) y Dap	4	1	4
Ley de Cabeza	1	1	1
Pruebas de molienda	6	3	18
Lixiviación con Gold Max	13	1	13
TOTAL			36

Fuente: Elaboración propia del autor

3.3.1.4. Determinación de propiedades físicas

Las determinaciones físicas consistieron en: determinar la gravedad específica (método de la fiola) o densidad real, densidad aparente (método de la probeta) y porosidad.

El relave de amalgamación sometido a caracterizaciones o determinaciones físicas se encuentra a una granulometría de 55% - 200m es para el caso de la determinación de la gravedad y peso específico, mientras que en las demás caracterizaciones se utilizó previamente molido.

- **Determinación de la gravedad específica**

Para este propósito, se usó el método de la fiola, cuyo procedimiento constituía de pesar una fiola seca, luego, agregar el mineral seco y fino (55% -200m) en la fiola pesando el conjunto, después, verter agua la fiola hasta del nivel del enrase, agitando hasta que desaparezcan las burbujas para luego pesar el conjunto.

Finalmente, se calculó la gravedad específica, según la fórmula.

$$G.E. = \frac{M-P}{W+M-P-S}$$

Donde:

G.E. : Gravedad específica

P : Peso de la fiola (g)

M : Peso de fiola mas mineral (g)

W : Peso de fiola mas agua (g)

S : Peso de fiola mas mineral, mas agua (g) [2].

Tabla 5: Determinación de la gravedad específica

Nº de Pruebas	M(g)	P(g)	W(g)	S(g)	G.E.
1	40,192	37,276	87,038	88,868	2,6851
2	40,194	37,276	87,039	88,909	2,6844
3	40,194	37,277	87,040	88,869	2,6811
4	40,192	37,277	87,039	88,871	2,6916
5	40,249	37,278	87,040	88,920	2,7232
PROMEDIO					2,7131

Fuente: Elaboración propia del autor

Las variaciones de los pesos específicos están entre 2,6851 g/cc y 2,7844 g/cc, dando un promedio de 2,7131 g/cc.

3.3.1.5. Determinación de la densidad aparente

Para poder determinar la densidad aparente, se utilizó el método de la probeta y se procedió de la siguiente manera:

Primero se pesó una probeta de 1500 cm³ de capacidad. Luego, se introducía la muestra de mineral hasta que enrase una marca de volumen determinado, se pesó este conjunto (muestra más probeta).

Seguidamente, se midió el volumen de agua desplazado en la probeta entre los pesos inicial y final. Finalmente, se calculó la densidad aparente, según la fórmula:

$$\text{Densidad Aparente} = \frac{\text{Peso de Muestra + Probeta} - (\text{Peso de Probeta})}{\text{Volumen de Agua Desplazado en la Probeta}}$$

Adicionalmente, se calculó la porosidad del mineral, usando la fórmula presentada a continuación.

$$\text{Porosidad} = 1 - \frac{\text{Densidad Aparente}}{\text{Densidad Real}} * 100$$

Los resultados de la determinación de la densidad aparente del mineral estudiado [1,2].

Tabla 6: Determinación de la densidad aparente y la porosidad

Densidad aparente y Porosidad	
Peso de la muestra + probeta (g)	1375
Peso de la probeta (g)	200
Volumen ocupado (mL)	1000
Densidad aparente (g/cm ³)	1,175
Porosidad (%)	56,69

Fuente: Elaboración propia del autor

3.3.1.6. Pruebas previas a la obtención de resultados finales

Las pruebas metalúrgicas previas fueron realizadas en el laboratorio de MINARES SOUTH S.R.L. RUC #20517745741, en la ciudad de Nasca – Ica, los cuales consistieron en: Molienda y Lixiviación.

El relave de amalgamación tiene una granulometría de 55%-200m, por lo tanto, ingresan a la prueba de molienda en forma directa.

- **Pruebas de molienda:**

Esta prueba conlleva a determinar el tiempo óptimo de molienda para lograr una liberación eficiente del oro de su ganga, cuyo parámetro eficiente es alcanzar una granulometría de 80% - 200m.

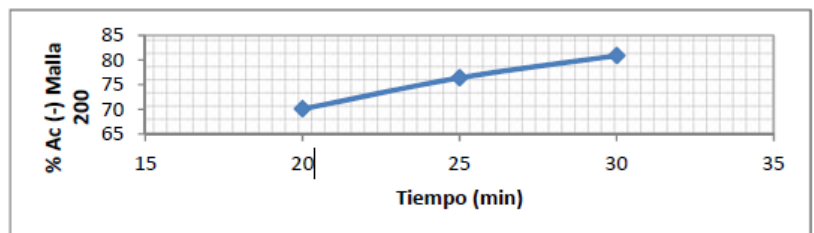
- Pesar 3 Kg de mineral para cada prueba de Tiempo molienda.
- Las pruebas se realizan a diferentes tiempos en minutos
- Se retira la muestra del molino se deslama a – 200 mallas la muestra retenida es secada y pesada, se toma nota del peso y así se repite la operación para los demás tiempos.

Curvas de tiempo de molienda

Los resultados de las pruebas de moliendabilidad a 200 m, en un molino de 12" x 12" se muestran en la tabla 7 y en la figura se muestran la curva de moliendabilidad.

Tabla 7: Resultados de tiempo de molienda

Tiempo (min.)	% -200 mallas
20	69,87
25	77,25
30	80,77



Fuente: Elaboración propia del autor

- **Pruebas de lixiviación:**

Las pruebas con Gold Max se realizaron por el método de agitación, usando tanques de 4000 ml de capacidad, cuyas velocidades de giro fueron de 400 RPM; las pulpas fueron preparadas con porciones de mineral de 1 Kg y soluciones conteniendo el lixiviante Gold Max y soda cáustica.

Cada periodo de tiempo se iba muestreando la pulpa, lo cual después de filtrarlo se calculaba la fuerza de Gold Max con Nitrato de Plata a 4,33 g/L, usando Ioduro de Potasio al 5% como indicador, cuya fuerza promedio fue de 0,05%. Al mismo tiempo se analizaba por absorción atómica el contenido de los metales preciosos en la solución lixiviante.

El pH de la pulpa se media con cintas PANPHEA y se determinaba su grado de basicidad, que oscilaba entre 11 y 12 ^[13,17].

Los análisis químicos de oro en las muestras solidas fueron ensayados por copelación (vía seca), es decir análisis de cabeza y relave.

Los parámetros y resultados de estas pruebas de lixiviación se detallan en el capítulo VI.

El balance metalúrgico de estas pruebas efectuadas se encuentra en el Anexo 03.

CAPITULO IV – TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- **Observación planificada.** – Esta técnica nos conlleva a que mediante todos los seguimientos metalúrgicos y técnicos se desarrolla la acción del Gold Max cuya bondad principal es su reacción ecológica. Actualmente en dicha zona minera están usando el Cianuro de Sodio como reactivo lixivador de los metales preciosos, lo cual sus relaves o desechos contienen el ion Cianuro que contamina el medio ambiente. Mediante esta técnica se conlleva a determinar reservas mineralógicas que conllevan a cristalizar la ejecución del presente trabajo de investigación.

Dentro de esta técnica se recolectará datos en base a los siguientes pasos:

- a) Experimentación.** – Que conlleva a obtener los resultados de la acción de Gold Max mediante las evaluaciones físico químicas y pruebas metalúrgicas que determinan si este reactivo lixivia el oro y plata con eficiencia obteniéndose desechos ecológicos.
- b) Análisis químico.** – Importante aporte porque la ejecución de este trabajo de investigación tiene que estar relacionado a la presencia de metales preciosos que generen rentabilidad frente a la inversión planificada. Las leyes químicas de la cabeza del mineral tienen que estar por arriba de su ley Cutt – off.
- c) Comportamiento metalúrgico del mineral a la acción del Cianuro de Sodio.** – Que nos conlleva a los límites de docilidad del mineral en estudio frente a la acción del Cianuro de Sodio (Reactivo usado actualmente), ya que el Gold Max tiene el mismo comportamiento lixivador.

4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- a) Plumilla de acero, bandejas y cuarteadores para nuestro general.
- b) Agitadores para lixiviación de laboratorio.
- c) Instrumentos de laboratorio (material de arcilla y de vidrio Pirex).

- d) Horno de fundición.
- e) Cintas Panphea.
- f) Balanzas de kilajes y analíticos.
- g) Tamices (mallas 100, 150 y 200).
- h) Molinos de bolas de laboratorio de 1 ft x 1 ft.

4.3. ANÁLISIS Y TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO.

A continuación, se realizó un diseño factorial a fin de determinar el efecto de tres variables: fuerza del lixiviante, pH y tiempo. Estas variables fueron aplicadas en valores mínimos y máximos, tomando como base los resultados de las pruebas preliminares.

Se realizaron 8 pruebas para el diseño experimental y 3 réplicas en el centro en total 11 pruebas con Gold Max. Manteniendo el método de agitación y parámetros fijos de las pruebas preliminares.

4.3.1. Diseño experimental para Gold Max

Como se mencionó, muchos de los procesos en metalurgia, donde el proceso es complejo del tipo caja negra puede ser escrito a través de un modelo empírico de la siguiente manera:

$$F = \Phi(x, u, h, z)$$

$$\circ$$

$$Y = \Phi(x, u, h, z)$$

F=Y: Criterio de optimización

x, u, h, z: Variables independientes

Para la construcción del modelo matemático se requiere de una herramienta poderosa, como son los diseños experimentales, las que constituyen una estrategia más adecuada para obtener modelos matemáticos empíricos con un mínimo de pruebas experimentales [2,6].

Los parámetros para el diseño experimental fueron:

La variable respuesta (criterio de optimización) es el porcentaje de recuperación de oro en solución, la siguiente tabla muestra la planificación del diseño experimental, el cual indica los valores de las variables en escala codificada (X_i) y escala Natural (Z_i) siendo la recuperación de oro en solución (Y).

4.3.2. Optimización de lixiviación

4.3.2.1. Variables del proceso y su clasificación

La recuperación de oro fino contenido en minerales relaves de amalgamación, se realiza por medio de procesos químicos de disolución o lixiviación con Gold Max.

Los factores limitantes para obtener una óptima extracción del oro son:

Tiempo de contacto al que está expuesto el mineral durante la lixiviación.

Molienda necesaria para obtener una buena liberación de las partículas de oro de la ganga.

Contenido de sustancias que catalizan las reacciones de disolución. Por ejemplo, aquellas que consumen Gold Max u oxígeno, elemento necesario para la reacción del lixivante con las partículas de oro.

Las variables del proceso a considerar son aquellas que asumen más de un valor o estado durante el rango de validez del modelo. La notación y clasificación utilizada en este proceso es la siguiente

Variables dependientes

Son aquellas que describen los resultados de un proceso, tales como cantidad, calidad, costos de producción y esta denotado como $F_{(i)}$ llamado también criterio de optimización.

El criterio de optimización es el punto de partida básico en todo proceso de optimización es definir adecuadamente un criterio de optimización es decir debemos de escoger entre las diversas alternativas productivas (variables dependientes) En la lixiviación de minerales auríferos comúnmente se tiene las siguientes alternativas productivas de medición de eficiencia.

Recuperación metálica

Eficiencia económica

Eficiencia de lixiviación (% de Recuperación)

En este desarrollo experimental se va a elegir como función objetivo maximizar la eficiencia de lixiviación de Gold Max.

$$F = \Phi(x, u, \theta, z)$$

F: Criterio de optimización (porcentaje de recuperación %)

x: variables independientes (x1: concentración del lixivante, x2: pH, x3: tiempo)

u: variables independientes no controlable

h: variables independientes indirecta

z: variables independientes desconocida

Variables independientes

Es una variable del proceso que puede tomar valores independientes de las otras variables, así para definir una variable dependiente debe de existir una variable

independiente Las variables independientes pueden ser clasificadas dentro de las siguientes categorías:

Variables controlables

Una variable controlable o manipulable es aquella cuyo valor o estado puede ser medido o controlado independientemente de otras variables

- Concentración del reactivo lixivante (g/l)
- pH
- Tiempo

Variables no controlables

Es aquella cuyo valor puede ser medido, pero no controlado.

- Ley de cabeza de mineral
- Humedad del aire
- Contenido de impurezas en el mineral.

Variables desconocidas

Es aquella cuyo valor no puede ser medido ni controlado con los instrumentos existentes o también que su medida o control representa un alto costo que no justifica la inversión ejemplo medir temperatura en la zona de fusión en la refinación de metales preciosos.

Variables indirectas

Muchas variables independientes, pueden ser combinadas adecuadamente por medio de una relación analítica para formar una variable

indirecta o transformada, ejemplo en la electrometalurgia es común definir las variables amperaje y área del electrodo como densidad de corriente, definida como amperios por unidad de área del electrodo [2,6].

4.3.2.2. Parámetros

Se denomina parámetros del proceso a aquellos que no cambian o no pueden cambiar su valor durante el rango de validez del modelo matemático o físico de un proceso. Comúnmente aparecen como simples constantes en las ecuaciones matemáticas.

De acuerdo a la metodología de diseño factorial con replica en el centro es importante determinar sus efectos de las variables independientes estudiadas sobre a variable respuesta (%de recuperación de oro en soluciones) para continuar con un análisis de varianza y finalizar con un modelo matemático que represente el proceso estudiado, para cada método de lixiviación para comparar dichos procesos.

4.3.3. Calculo de los efectos

Para saber cuantitativamente cuanto afectan las variables sobre la respuesta o criterio de optimización del proceso se determina el cálculo de los efectos los cuales se define como la diferencia de los valores medio las respuestas, cuando en los tratamientos respectivos la variable se encuentra en su nivel inferior y cuando se encuentra en su nivel superior.

Definido por:

$$E_{Xi} = \frac{\sum Y_{++} + \sum Y_{--}}{\frac{N}{2}(r)}$$

Donde:

$\Sigma Y+$: Sumatoria de las respuestas correspondientes al nivel superior del factor o variable en estudio.

$\Sigma Y-$: Sumatoria de las respuestas correspondientes al nivel inferior del factor o variable en estudio.

N : Número de pruebas experimentales.

r : Número de réplicas en el diseño. En este caso $r = 1$ por tratarse de un diseño con replicas en el punto central

La siguiente ecuación es para calcular matricialmente los efectos, practico especialmente cuando se trabaja con computadora mediante una hoja de cálculo [1,2,6].

$$E_{Xi} = \frac{X_i^T * Y}{\binom{N}{2}(r)}$$

4.3.4. Análisis de varianza

Suma total de cuadrados

El procedimiento apropiado para probar la significancia de los efectos es mediante el análisis de varianza, se realiza un resumen de los conceptos para su rápida aplicación del análisis de datos de los diseños experimentales.

$$SS_{Total} = SS_{Efectos} + SS_{Error} + SS_{Curvatura}$$

Donde:

SSTotal : Suma total de cuadrados.

SSEfectos : Suma de cuadrados debida a los efectos o tratamientos.

$$SS_{Efectos} = \frac{(\sum_{i=1}^N X_{ij} Y_{ij})^2}{N * r}$$

o

$$SS_{Efectos} = \frac{(X_i^T Y)^2}{N * r}$$

SS_{Error} : Suma de cuadrados debida al error

$$SS_{Error} = \sum_{i=1}^{n_0} (Y_i^0 - \bar{Y}^0)^2$$

Dónde:

Y_i^0 : Replicas en el punto central del Diseño

n_0 : Numero de Replicas en el centro del diseño

\bar{Y}^0 : Promedio de Todas las Replicas

$SS_{Curvatura}$: Suma de cuadrados para la curvatura.

$$SS_{Curvatura} = \frac{N * n_0 (\bar{Y} - \bar{Y}^0)^2}{N + n_0}$$

Donde:

\bar{y} : Promedio de los puntos exteriores del diseño

Grados de libertad

: Grado de libertad de los efectos e interacciones, generalmente iguales a 1 en los diseños factoriales a dos niveles.

: Grado de libertad de la suma de cuadrados del error, lo cual está calculado como la diferencia de los grados de libertad de la suma total de cuadrados menos la suma de los efectos o tratamientos.

: Grado de libertad de la suma total de cuadrados, definido como el número de pruebas experimentales realizadas (incluyendo replicas) menos 1 definido por

$$N * r - 1$$

Media de cuadrados

Media de cuadrados de efectos

$$MS_{Efectos} = \frac{SS_{EFFECTOS}}{f_1}$$

Media de cuadrados del error

$$MS_{Error} = \frac{SS_{Error}}{f_2}$$

Teorema de Cochran

Un efecto o interacción es significativa si se cumple la siguiente relación

$$F_0 > F_{\alpha f_1 f_2}$$

Dónde:

$$F_0 = \frac{MS_{Efectos}}{MS_{Error}}$$

$F_{\alpha f_1 f_2}$: es lo que se denomina F de tablas, siendo α el nivel de confiabilidad o significancia (Generalmente al 0,01 y 0,05)^[2]

$$SS_{Efectos} = \frac{(X_i^T Y)^2}{N * r}$$

4.3.5. Modelo matemático

Teniendo en cuenta que la obtención de los efectos son muy significativas el siguiente proceder es la obtención de un modelo matemático que represente al proceso metalúrgico investigado, con el diseño factorial a dos niveles siendo un modelo matemático a escala codificada lineal.

$$\hat{Y} = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j X_j + \sum_{u=j=1}^k b_{uj} X_u X_j \quad u \neq j$$

Para estimar los coeficientes b_0 , b_j , b_{uj} se hace uso de la formula matricial utilizada para la estimación de los coeficientes del modelo:

$$B = (X^T X)^{-1} (X^T Y)$$

$$B = \begin{array}{c} \left| \begin{array}{cccccccc} 0,125 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,125 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,125 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,125 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,125 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,125 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,125 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,125 \end{array} \right| \times \left| \begin{array}{c} 650,2852 \\ 34,0408 \\ 46,6934 \\ 73,1022 \\ -23,4617 \\ -30,5712 \\ -27,1103 \\ 2,2209 \end{array} \right| \end{array}$$

4.3.6. Análisis de residuales

Podemos hacer en este punto un análisis de residuos para saber cuan distanciados están las predicciones de los valores iniciales mediante la diferencia de $(Y - \hat{Y})$ Denotado comúnmente como (e_i)

$$e_i = Y - \hat{Y}$$

Siendo Y el promedio de porcentajes de recuperación de oro en solución y \hat{Y} los valores predichos por el modelo matemático, llamado también Y_{est} , o simplemente Y_{est} .

$$\hat{Y} = Y_{Est.} = X_{F_0 > F_{Tablas}} B$$

4.3.7. Suma de cuadrados de residual

$$SCM_R = \sum_{j=1}^{Nr} \frac{(Y - \hat{Y})^2}{Nr - l}$$

Dónde:

Y : Y observado.

\hat{Y} : Y estimado.

Nr : Número total de experimentos.

l : Número de parámetros del modelo matemático

La diferencia $(Nr - l)$ se denomina grados de libertad del residual el cual se denota con $f_4 = 1$

Dónde:

Nr : 8*1

l : 7

$$SCM_R = 0,6165$$

4.3.8. TEST "F"

Ahora para saber estadísticamente si el modelo matemático hallado representa adecuadamente a los datos experimentales.

$$F_0 = \frac{SCM_{Residuos}}{SCM_{Error}} \quad F_0 < F_{(\alpha, f_4, f_2)}$$

Para un nivel de confianza del 95 % o 99% para f y f grados de libertad de F de tablas se determina si el modelo representa adecuadamente al fenómeno investigado.

$$F_0 = \frac{SCM_{Residuos}}{SCM_{Error}} \quad F_0 < F_{(\alpha, f_4, f_2)}$$

$$F_0 = \frac{0,6165}{0,5151} = 1.1969$$

Para un nivel de confianza del 99% para f4 y f2, 1 y 2 grados de libertad respectivamente de F de tablas es de 98.5, se determina qué modelo representa adecuadamente al fenómeno investigado.

4.3.9. Decodificación del modelo matemático

Es importante decodificar el modelo matemático hallado a escala natural, se ha deducido fórmulas para la decodificación que son las siguientes:

Para el termino independiente

$$a_0 = b_0 - \sum_{j=1}^k b_j \epsilon_j + \sum_{ij=1}^k b_{ij} \epsilon_{ij} \quad i \neq j$$

Para el termino lineal

$$a_j Z_j = \frac{b_j}{\Delta Z_j} - \sum_{j,i=1}^{k-1} \frac{b_{ij}}{\Delta Z_j} \quad i \neq j$$

Para el termino interacción

$$a_{ji} Z_j Z_i = \frac{b_{ji}}{\Delta Z_j \Delta Z_i}$$

Dónde:

Z_j^0 : Centro del diseño para la variable (j) $\frac{(Z^{MAX}+Z^{MIN})}{2}$

ΔZ_j : Radio del diseño para la variable (j) $\frac{(Z^{MAX}-Z^{MIN})}{2}$

ε : Resultado de la división de Z_j entre ΔZ_j

El modelo matemático se decodificará a escala natural [1,2].

CAPÍTULO V – CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis general.

“El uso de Gold Max lixivia con eficiencia el oro y plata en la zona minera de Rinconada - Puno”. Los resultados obtenidos demuestran que el comportamiento del mineral (relave de amalgamación) aurífero de la zona minera de Rinconada – Puno con la lixiviación de Gold Max es óptima notándose la docilidad y por ende buena recuperación en un 95%, con los parámetros de concentración en 0,5 g/l, granulometría en 80% - 200m y un pH de 12; cuya decisión se tomó bajo estos resultados.

Hipótesis específicas.

“La concentración de Gold Max influye directamente en la lixiviación de oro y plata en la zona minera de Rinconada - Puno”. El resultado óptimo obtenido de la concentración de Gold Max en la lixiviación de oro y plata de la zona minera de Rinconada – Puno es de 0,5 g/l, decidiéndome en aplicar dicha concentración porque se optimiza su recuperación.

“La granulometría del mineral tiene marcada influencia en el uso de Gold Max en la lixiviación de oro y plata en la zona minera de Rinconada - Puno”. El resultado fehaciente para lograr un buen contacto del reactivo Gold Max con las superficies de oro y plata y lixiviarlo es de una granulometría de 80% - 200m., que logra optimizar la recuperación y cuya decisión de liberación de estos metales preciosos es bajo estas condiciones.

“El pH influye en el uso de Gold Max en la lixiviación de oro y plata en la zona minera de Rinconada - Puno”. El pH 12 es el resultado óptimo que se obtuvo para la lixiviación de oro y plata en la zona minera de Rinconada – Puno, donde la soda cáustica juega un papel preponderante para dicha alcalinidad y lograr la eficiencia de lixiviación con Gold Max de dichos metales. La decisión tomada es positiva por los

resultados obtenidos. Además, la soda cáustica inhibe la adsorción de los metales preciosos en los elementos carbonosos.

CAPÍTULO VI- PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- **Presentación de resultados**

Culminado las pruebas evaluativas del mineral relave de la zona de Rinconada – Puno, se obtuvo los siguientes resultados:

1) Análisis mineralógico. – Presencia de cuarzo, oro nativo, pirita, arsenopirita, esfalerita, marmetita, calcopirita, galena argentífera (marginal), entre otros de menor importancia.

2) Análisis químico del mineral. – Au = 17,83 g/TM o 0,52 oz/TC

Ag = 4,62 g/TM o 0,1348 oz/TC

3) Gravedad específica. – 2,7131 g/cc

4) Densidad aparente. - 1,175 g/cc

5) Porosidad. - 56,69 %

6) Tiempo de molienda (laboratorio). - 30 minutos.

7) Análisis de malla. - 80,77 % - 200m.

8) Tabla 8: Variables fijas para el diseño experimental con Gold Max

	Prueba 1 a 11
Gravedad Especifica (g/ cm ³)	2,7
Peso de Mineral (Kg)	1
Dilución (Relación Líquido Sólido)	2,5
Granulometría (-200 malla %)	80
Porcentaje de –Sólidos (%)	28,57
Volumen del Reactor (l)	4
RPM de Agitador	400
Ley de cabeza Au(g/TM)	17,83
Ley de cabeza Ag (g/TM)	4,62

Fuente: Elaboración propia del autor

9) Tabla 9: Niveles de las variables para Gold Max

		Min.	Max.
Z1	Gold Max (g/l)	0,5	1
Z2	pH	10	12
Z3	Tiempo (Horas)	24	48

Fuente: Elaboración propia del autor

10) Tabla 10: Planificación y resultados del diseño experimental con Gold Max

N	X1	X2	X3	Z1	Z2	Z3	CÓDIGO	Y
1	-1	-1	-1	0,5	10	24	V-8	51,64
2	1	-1	-1	1	10	24	V-10	74,21
3	-1	1	-1	0,5	12	24	V-12	76,51
4	1	1	-1	1	12	24	V-14	86,24
5	-1	-1	1	0,5	10	48	V-16	84,89
6	1	-1	1	1	10	48	V-18	91,06
7	-1	1	1	0,5	12	48	V-20	94,99
8	1	1	1	1	12	48	V-22	90,65

Fuente: Elaboración propia del autor

11) Tabla 11: Resultados de réplicas en el centro del diseño experimental con Gold Max

N	X1	X2	X3	Z1	Z2	Z3	CÓDIGO	Y
9	0	0	0	0,75	11	36	V-24	94,88
10	0	0	0	0,75	11	36	V-26	95,97
11	0	0	0	0,75	11	36	V-28	94,62

Fuente: Elaboración propia del autor

12) Tabla 12: Parámetros de operación en lixiviación

Variable	Parámetros
Capacidad de tanques de agitación	: 4 litro de capacidad máxima
Gravedad Especifica	: 2,7131 g/cm ³
Concentración de Gold Max	: 0,5 g/l, 0,75 g/l y 1 g/l
pH	: 10, 11 y 12
Tiempo	: 24 horas, 36 horas y 48 horas

Fuente: Elaboración propia del autor

13)Tabla 13: Matriz de variables independientes de diseño experimental para Gold Max

N	X0	X1	X2	X3	X1X2	X1X3	X2X3	X1X2X3	Y
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	51,64
2	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	74,21
3	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	76,51
4	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	86,24
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	84,89
6	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	91,06
7	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	94,99
8	1	1	1	1	1	1	1	1	90,65

Fuente: Elaboración propia del autor

14)Tabla 14: Calculo de efectos e interacciones diseño experimental para Gold Max

	X0	X1	X2	X3	X1X2	X1X3	X2X3	X1X2X3
$[X]^t[Y]$	650,29	34,04	46,69	73,10	-23,46	-30,57	-27,11	2,22
Efectos		8,51	11,67	18,28	-5,87	-7,64	-6,78	0,56

Fuente: Elaboración propia del autor

15)Tabla 15: Suma de cuadrados de los efectos para Gold Max

	SCX1	SCX2	SCX3	SCX1X2	SCX1X3	SCX2X3	SCX1X2X3
$([X]^t[Y])^2/n^*r$	144,82	272,51	668,01	68,79	116,81	91,84	0,61
SS _{efectos}					1363,46		

Fuente: Elaboración propia del autor

Promedio de porcentaje de recuperación de oro en solución (Y^0) de las réplicas en centro

$$Y^0 = 95,1364$$

Promedio de porcentaje de recuperación de oro en solución (Y) de las combinaciones experimentales

$$Y = 81,2856$$

Suma de cuadrado del error (SS Error)

$$SS_{Error} = \sum_{i=1}^{n_0} (Y_i^0 - \bar{Y}^0)^2 = 1,0301$$

Suma de cuadrado del curvatura (SS Curvatura)

$$SS_{Curvatura} = \frac{N * n_0 (\bar{Y} - \bar{Y}^0)^2}{N + n_0} = 419,7901$$

Suma de cuadrado total (SS Total)

$$SS_{Total} = SS_{Efectos} + SS_{Error} + SS_{Curvatura}$$

$$SS_{Total} = 1784,2802$$

Un efecto o interacción es significativa si se cumple la siguiente relación

$$F_0 > F_{\alpha, f_1, f_2}$$

Para un nivel de significancia del 95% F de tablas para 1 y 2 grados de libertad respectivamente, es de 18,51. por lo tanto podemos obtener las conclusiones:

16)Tabla 16: Análisis de varianza para Gold Max

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA DE CUADRADOS	F ₀	AL 99% SIGNIFICANCIA (18.51)
X1	144,82	1	144,82	281,19	SI
X2	272,51	1	272,51	529,06	SI
X3	668,01	1	668,01	1296,76	SI
X1X2	68,79	1	68,79	133,57	SI
X1X3	116,81	1	116,81	226,79	SI
X2X3	91,84	1	91,84	178,35	SI
X1X2X3	0,61	1	0,61	1,20	NO
Curvatura	419,79	1	419,79	814,92	SI
Error	1,03	2	0,52		
Total	1784,28	10			

Fuente: Elaboración propia del autor

17) Interpretación de resultados

- De la tabla 16 se deduce que:
 - a) El efecto de aumentar la extracción de oro es causado por el aumento de la concentración de Gold Max, en un 281,19, lo cual es significativo.
 - b) El pH afecta sensiblemente en la recuperación de oro al subir de 10 a 12 en 529,06, lo cual se muestra en el análisis de varianza, considerándose muy significativo.
 - c) El tiempo de lixiviación afecta notablemente, al pasar del nivel inferior a uno superior, 24 a 48 horas respectivamente, afectando en un 1296,76, demostrando que es muy influyente.
 - d) La interacción de la concentración de Gold Max y pH resultaron significativa aumentando el efecto en un 133,57 en la recuperación de oro en soluciones.
 - e) Al incrementar la concentración de Gold Max y el tiempo produce un aumento en la extracción de oro en 226,79, lo cual es significativo.
 - f) La interacción del pH y el tiempo es significativo afectando en un 178,35.
 - g) Cuando las tres variables están en su máximo nivel se incrementa la extracción en un 1,20, que no es significativo.
 - h) A pesar de los errores se puede observar un fuerte efecto de curvatura, siendo muy significativo, lo que indica que la región óptima del proceso se encuentra en el centro del diseño, esta conclusión es valedera porque se realizó tres replicas en el centro del diseño.
 - i) Como podemos observar X_1 , X_2 , X_3 , X_1X_2 , X_1X_3 , X_2X_3 y la curvatura son significativos y $X_1X_2X_3$ no es significativa.

18)Tabla 17: Coeficientes del modelo matemático para Gold Max

[B]		
81,2857	X0	SI
4,2551	X1	SI
5,8367	X2	SI
9,1378	X3	SI
-2,9327	X1X2	SI
-3,8214	X1X3	SI
-3,3888	X2X3	SI
0,2776	X1X2X3	NO

$$\hat{Y} = 81,2857 + 4,2551X_1 + 5,8367X_2 + 9,1378X_3 - 2,9327X_1X_2 - 3,8214X_1X_3 - 3,3888X_2X_3$$

Fuente: Elaboración propia del autor

19)Tabla 18: Análisis de residuales para Gold Max

N	Y	\hat{Y}	$e_i = Y - \hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$
1	51,64	51,91	-0,27761	0,07707
2	74,21	73,93	0,27761	0,07707
3	76,51	76,23	0,27761	0,07707
4	86,24	86,52	-0,27761	0,07707
5	84,89	84,61	0,27761	0,07707
6	91,06	91,34	-0,27761	0,07707
7	94,99	95,37	-0,27761	0,07707
8	90,65	90,37	0,27761	0,07707

Fuente: Elaboración propia del autor

20)Tabla 19: Términos para decodificación del modelo matemático para Gold Max

	Z1	Z2	Z3
NIVEL MÍNIMO (-)	0,5	10	24
NIVEL MÁXIMO(+)	1	12	48
CENTRO DEL DISEÑO (Z_j^0)	0,75	11	36
RADIO DEL DISEÑO (ΔZ_j)	0,25	11	12
RELACIÓN (ϵ)	3	11	3

$$\hat{Y} = -266,0988 + 191,9169Z_1 + 24,8012Z_2 + 4,8232Z_3 - 11,7309Z_1Z_2 - 1,2738Z_1Z_3 - 0,2824Z_2Z_3$$

Fuente: Elaboración propia del autor

21)Tabla 20: Resumen de lixiviación con Gold Max

CÓDIGO	Z1	Z2	Z3	Y	Consumo de Gold Max (Kg/TM)	Consumo de Soda Cáustica (Kg/TM)
VI-8	0,5	10	24	51,64	5,90	1,60
VI-10	1	10	24	74,21	7,75	0,10
VI-12	0,5	12	24	76,51	5,50	2,00
VI-14	1	12	24	86,24	7,18	2,00
VI-16	0,5	10	48	84,89	6,67	2,10
VI-18	1	10	48	91,06	8,45	0,10
VI-20	0,5	12	48	94,99	6,00	0,50
VI-22	1	12	48	90,65	7,57	2,50
VI-24	0,75	11	36	94,88	6,85	0,30
VI-26	0,75	11	36	95,97	6,83	0,30
VI-28	0,75	11	36	94,62	6,79	0,30

Fuente: Elaboración propia del autor

22)Tabla 21: Resultados de las pruebas metalúrgicas con Gold Max.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Tiempo de lixiviación (horas)	12	36	48
pH (Rango de Trabajo)	11	12	12
Peso de Mineral (Kg)	1	1	1
Dilución(Relación Líquido Sólido)	2	2,5	2,5
Granulometría (-200 malla %)	75	80	80
Fuerza de Gold Max (g/l)	0,25	0,75	0,5
Consumo de Gold Max (Kg/TM)	4,04	6,28	6,0
Consumo de Soda Cáustica (Kg/TM)	0,51	1,25	0,5
Extracción de oro (%)	36,23	94,15	94,99
Extracción de plata (%)	16,20	69,87	70,00
Ley de Cabeza Oro (g/TM)	17,83	17,83	17,83
Ley de Cabeza Plata (g/TM)	4,62	4,62	4,62

Fuente: Elaboración propia del autor

- **Interpretación de resultados**

De la tabla 21 se deduce que los resultados demuestran que a un tiempo de 48 horas se logra optimizar la recuperación de los metales preciosos obteniéndose un 94,99% para el oro y 70% para la plata. Con el consumo de 6,0 kg/TM de Gold Max se obtiene una fuerza de este reactivo libre de 0,05 % y con el consumo de 0,5 kg/TM de soda cáustica se logra tener un

pH de 12. Con la dilución de 2,5 de agua y 1 de mineral (relave) el comportamiento del Gold Max optimiza su lixiviación o disolución de oro y plata.

Pero el parámetro más importante es la granulometría del mineral producida en la molienda que es de 80% - 200m, lográndose así la liberación óptima del oro y por ende el contacto de disolución con el Gold Max.

6.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Frente a nuestra hipótesis planteada “El uso de Gold Max lixivia con eficiencia el oro y plata en la zona minera de Rinconada - Puno” y teniendo los resultados de las pruebas evaluativas, se deduce que dichos resultados son positivos, ósea que se demuestra que el Gold Max si lixivia con eficiencia el oro y plata en la zona minera de Rinconada – Puno. El mineral aurífero de dicha zona es dócil a ser lixiviado con el Gold Max, con alto porcentaje de recuperación debido a que dicho metal valioso se encuentra libre casi en su totalidad, teniendo el mismo efecto de lixiviación para la plata. La recuperación alta del oro se justifica debido que antes de ser lixiviado, el mineral pasa por una concentración gravimétrica que culmina con la amalgamación, extrayéndose casi en su totalidad el oro grueso. Además, justifica su alta recuperación por la eyección de aire mediante un blower o compresora, por existir deficiencia de oxígeno en la zona debido a la altura.

Los resultados obtenidos se asemejan mucho a los obtenidos con el reactivo Cianuro de Sodio utilizado actualmente, con la diferencia que este es sumamente tóxico frente al Gold Max que es ecológico desde todo punto de vista.

El porcentaje de recuperación que se ajusta a la optimización de resultados es la prueba VI-20 con una concentración de 0,5 g/l, pH 12 y un tiempo de 48 horas, con un consumo de Gold Max de 6,00 Kg/TM resultando una recuperación de 94,99%.

La concentración de 0,5 g/l representa un 0,05% de Gold Max libre promedio en la solución lixiviante, lo cual es suficiente para que lixivie o disuelva oro y plata durante todo el proceso. El pH 12 justifica una alcalinidad plena como para que el Gold Max actúe con buena lixiviación de estos metales preciosos, donde la soda Cáustica es el principal inhibidor de que estos metales preciosos se adsorban en los elementos carbonosos, como la pizarra y otros. El tiempo de 48 horas es suficiente para la disolución del oro y plata, teniendo en cuenta que en tiempos menores no se obtienen recuperaciones óptimas. Lo mismo en tiempos mayores ya no existe lixiviación alguna. El consumo de Gold Max de 6,00 Kg/TM refleja que existe también lixiviación de otros elementos dóciles a dicha disolución por este reactivo. El adicionamiento de más reactivo no tendría sentido alguno ya que ya no existiría metales preciosos que disolver.

Estos resultados obtenidos de acuerdo a las evaluaciones justifican la disolución del oro y plata dentro de sus recuperaciones establecidas, considerando que dicha concentración de Gold Max lixivia el 95% de oro y 70% de plata presente en el mineral relave. La disolución de otros elementos se produciría si aumentaríamos la fuerza de Gold Max, que no tendrían valor comercial, que muy por el contrario saturaría la capacidad de adsorción del carbón activado.

La fuerza de Gold Max libre de 0,05% se obtiene titulando con Nitrato de Plata a una concentración de 4,33 g/l y usando como indicador el Ioduro de Potasio al 5%.

Lo mismo sucede si se disminuye el pH a menor de 12, conllevaría a más consumo de Gold Max, debido a la activación de reacción de los compuestos interferentes como también la adsorción del oro y plata en los elementos carbonosos.

El tiempo de 48 horas de lixiviación se obtuvo en base a pruebas de disolución de oro y plata en 24,36 y 48 horas; obteniéndose en este último la recuperación del 95%; sobrepasar este tiempo ya no existe lixiviación

o disolución, al contrario, generaría gastos de energía y desgaste de equipos.

CONCLUSIONES

- La Eficiencia en la recuperación de oro en solución en el desarrollo experimentado, del mineral de la zona minera de Rinconada - Puno, alcanza un máximo de 95% y para la plata en 70%, al trabajar con una concentración de Gold Max de 0,5 g/l a un pH de 12 y en un tiempo de lixiviación de 48 horas.
- Conllevar la molienda del mineral (relave de amalgamación) a una malla de 80%-200m. es aceptable porque se logra casi en su totalidad la liberación del oro y plata que se encuentran dentro de su ganga, cuya lixiviación con Gold Max es eficiente.
- La concentración de 0,5g/l de Gold Max que equivale a 0,05% de este reactivo libre, basta para lograr una buena disolución de oro y plata, minimizándose así su consumo.
- El porcentaje de sólidos de 28,57% que equivale a una densidad de pulpa de 1220 g/l, es lo adecuado como para que el Gold Max pueda distribuirse en forma homogénea en toda la pulpa, disolviendo así en alto porcentaje el oro y plata.
- La recuperación de 70% de Ag refleja de que el residual se encuentra encapsulado dentro de la galena que falta liberar.
- Para lograr dicha eficiencia de recuperación es necesario la eyección de aire mediante un blower o compresora debido a la deficiencia de oxígeno que existe en dicha zona minera, por ubicarse a más de 5000 m.s.n.m.
- El uso de la soda cáustica que se usa para alcalinizar la solución lixivante, inhibe la adsorción de oro y plata en los compuestos carbonosos como la pizarra.
- Con el pH 12 se logra mitigar la acción de interferentes, como también se logra un bajo consumo del reactivo de Gold Max.
- Se determinó que si es posible la utilización del nuevo insumo ecológico Gold Max en la lixiviación de minerales auríferos.

RECOMENDACIONES

- Implementar el uso de Gold Max en la zona minera de Rinconada – Puno, ya que es otra alternativa para el tratamiento de minerales auríferos, teniendo en cuenta que se trata de un reactivo ecológico a comparación del Cianuro de Sodio que es tóxico.
- Usar el reactivo de Soda Cáustica en reemplazo de la Cal, cuyo efecto del primero aparte de su alta alcalinidad logra exponer limpiamente la superficie del oro y la plata a la acción del Gold Max, evitando así interferencias para su lixiviación, como la presencia de la pizarra.
- Efectuar constantemente pruebas metalúrgicas con Gold Max ya que al profundizar las extracciones mineras pueden presentarse ciertas anomalías como por ejemplo la presencia de otros elementos interferentes que disminuirían la lixiviación de estos metales preciosos, cuyas consecuencias serían modificar las concentraciones del Gold Max y de otros parámetros.
- Recomiendo usar soda cáustica en reemplazo de la cal, que es beneficioso para mitigar la acción de los adsorbentes como la pizarra.
- Los equipos a usar son los mismos que se están usando actualmente con el Cianuro de Sodio.
- El análisis de malla es importantísimo para lograr la óptima liberación de los metales preciosos y así ser lixiviados con el Gold Max.
- Recomiendo la utilización de los relaves lixiviados con Gold Max obtenidos, para la forestación y agricultura ya que contienen abonos fertilizantes.
- Usar el mismo adsorbente de oro (carbón activado - calgon) de la solución rica, que se usa para con el Cianuro de Sodio.
- Recomiendo trabajar con carbón activado en leach, que quiere decir que lixivía el Gold Max y al mismo tiempo es adsorbido por dicho carbón.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Alarcón E., M., & Dávalos C., G., (2019) "INVESTIGACIÓN PARA DETERMINAR LA ESTRUCTURA Y LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL REACTIVO ECOLÓGICO GOLD MAX, ALTERNATIVO AL CIANURO DE SODIO EN LA DISOLUCIÓN DE METALES PRECIOSOS EN MINERALES". Trabajo de investigación técnica presentado a la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga de Ica".
2. Arapa Pari, Mac Gyver (2019), "LIXIVIACIÓN ECOLÓGICA DE MINERALES AURÍFEROS A PARTIR DEL REACTIVO GOLD MAX PARA LA PEQUEÑA MINERÍA". Tesis para optar el título profesional de INGENIERO METALURGISTA. Arequipa.
3. Ayala M., J., & Pardo M., R. (1995). Optimización por diseños experimentales. Lima: A&B S.A.
4. Ayres H., F., & Torres P., M. (2000). Diseños experimentales. Arequipa: FERAYHI.
5. Caicedo A., F. (1968). Diseño experimental.
6. Conza Peñafiel, Fritz Edson (2018), "ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN PARA RECUPERAR ORO Y PLATA CON CIANURO Y GOLD MAX DE LOS RELAVES DE FLOTACIÓN". Tesis para optar el título profesional de INGENIERO METALURGISTA. Arequipa.
7. Cuentas A., M., (2008). "EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA ACTIVIDAD MINERA EN LA RINCONADA - PUNO". Tesis para optar el grado de master en gestión y auditorías ambientales. Piura.
8. Currie, J. (1984). Operaciones unitarias en procesamiento de minerales.
9. Domic M., E. (2001). Hidrometalurgia.
10. Jaico S., J. (2008). Problemas de procesamiento de minerales. Trujillo.
11. Liberato C., R., (2019), "PROYECTO DESARROLLO – PREPARACIÓN DEL MANTO URBIOLA – MINERA ANANEA S.A. – REGIÓN PUNO - PERÚ". Tesis para optar el título profesional de INGENIERO DE MINAS. Cerro de Pasco.
12. Manzaneda C., J. (1998). Procesamiento de minerales. Lima.

13. Misari CH., F. (2010). Metalurgia del oro. Lima: SAN MARCOS.
14. Mular, A., & Bhappu, R. (1982). Diseño de plantas de proceso de minerales. Madrid: ROCAS Y MINERALES.
15. Quiroz N., I. (1986). Ingeniería metalúrgica operaciones unitarias en procesamiento de minerales. Cusco.
16. Severo Palacios C., Ingeniería de lixiviación, edición auspiciada por el CONCYTEC, Tacna – Perú.
17. Vargas G., J. (1990). Metalurgia del oro y la plata. Lima: SAN MARCOS.
18. www.lixiviantegoldmax.com. (s.f.). Visitado el 10 de marzo del 2021.
19. www.royalchemical.com.pe. (s.f.). Visitado el 12 de marzo del 2021.

ANEXOS

ANEXO 01

UBICACIÓN DE LA ZONA MINERA RINCONADA

El yacimiento minero de la Rinconada se ubica en el flanco occidental de los nevados de Ananea y Aricoma pertenecientes a la cordillera Oriental del Sur del Perú o cordillera de Carabaya, distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, región Puno, situada entre los 4800 a 5800 m.s.n.m. Gran parte del área se encuentra cubierta por hielo glaciar comprendiendo los sectores: San Francisco o Rinconada, Cerro Lunar, Riticucho, Comuni, Callejón y Llactapata – Compuerta. del sector Cerro Lunar, que es un nevado que se origina una enorme lengua glaciar de más de 2.5 Kms. De longitud con un ancho aproximado de 400 mts. que se aloja en el profundo valle glaciar de San Francisco o Rinconada ^[5,6].

Coordenadas UTM:

Coordenadas geográficas

N: 8'383,230.269

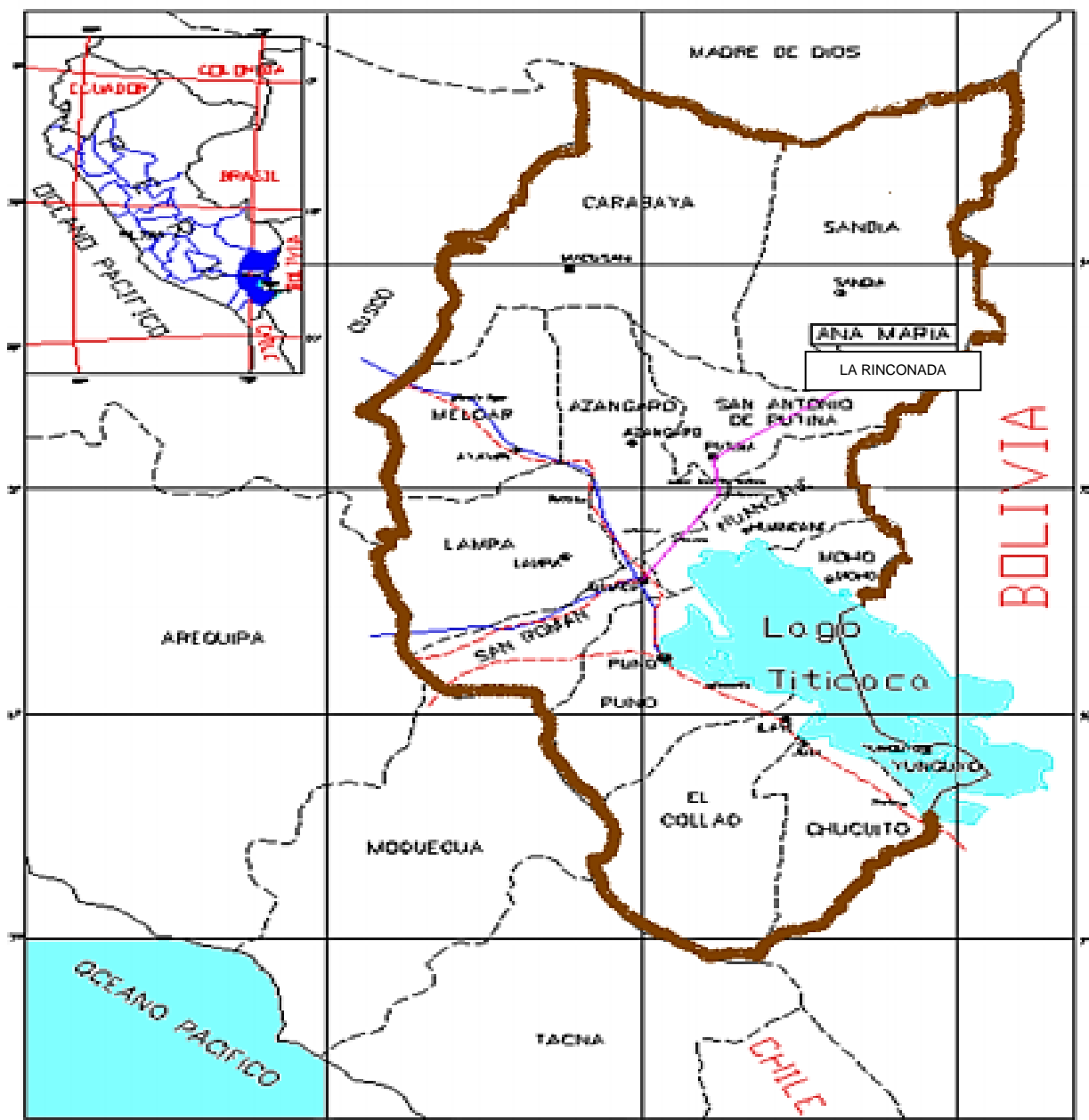
Latitud sur:

14° 37'10"

E: 451,924.491

Longitud oeste:

69° 26' 50'''



LEYENDA

- + CARRETERA - - - - -
- + FERROCARRIL - - - - -
- + CENTRO MINERO *
- + CAPITAL DE DEPARTAMENTO *

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE MINAS

TESIS PARA OBTAR EL TITULO DE INGENIERO DE MINAS
 PRESENTADO: RAUL LIBERATO CUEVA

DIBUJO : RAUL LIBERATO CUEVA	LAMINA: Nº: 1
REVISADO: Ing. S. Benavides CH.	FECHA: Agosto 2016
ESCALA : S/E	PLANO DE UBICACION

Accesibilidad a la zona minera

El acceso desde la ciudad de Lima puede hacerse mediante vía aérea y terrestre hasta la ciudad de Juliaca; de esta localidad se hace un recorrido de un promedio de 209 km., pasando las localidades de Taraco, Huatasani, San Antonio de Putina y Ananea y de esta a la localidad del yacimiento aurífero de La Rinconada [5,6].

Acceso a la mina

De:	Hacia:	Kms	Condición
Puno	Juliaca	45 km	Asfalto
Juliaca	Taraco	32,9 km	Asfalto
Taraco	Desvío Putina	17,1 km	Asfalto
Desvío Putina	Huatasani	21,6 km	Asfalto
Huatasani	Putina	20,2 km	Asfalto
Putina	Quilcapuncu	15,2 km	Asfalto
Quilcapuncu	Toco Toco	23 km	Asfalto
Toco Toco	Pampilla	16,1 km	Asfalto
Pampilla	Ananea	10,9 km	Asfalto
Ananea	La Rinconada	7 km	Trocha

Distancia total Puno – La Rinconada = 209 Km.

Tiempo aproximado de viaje = 4 horas.

ANEXO 02

ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MINARES SOUTH



MINARES SOUTH S.R.L.

LABORATORIO QUIMICO

ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES POR

Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, y Mo.

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

CLIENTE : ALIPIO MANUEL MOLINA VALDEZ

SOLICITUD DE ANÁLISIS : LOTE : Au, Ag

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

DESCRIPCIÓN : MINERAL MOLIDO(relave de amalgamacion)

CODIGO DE CLIENTE : CABEZA DE MINERAL MOLIDO (rinconada puno)

CODIGO DE LABORATORIO : 259

MUESTRA ENVASADA EN : 2 SACOS DE POLIPROPILENO

PESO DE LA MUESTRA : 80Kg Ap

FECHA DE RECEPCIÓN : 12/10/2020

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 12/10/2020

ITEM	CÓDIGO DEL CLIENTE	Ley Au		Ley Ag	
		(gr/t)	(Oz/tc)	(gr/t)	(Oz/tc)
1	CABEZA DE MINERAL MOLIDO (rinconada puno)	17.8256	0.520	4.620	0.1348

www.minares.com

Av. Panamericana Sur Nº 355 - Vista Alegre - Nasca Cel.: 986635088 / minaresouthnazca@gmail.com

Av. 19 de Diciembre Mz. 36 Lte. 11 - La Aguadita - Chala - Telf.: 01 5304689 Cel.: 986635086 / minaresouth2014@outlook.com

Parque San Martín Nº 224/230 - Dpto. 1401- Pueblo Libre - Lima Telf.: 01 530 4689 Cel.: 986635085



MINARES SOUTH S.R.L.

LABORATORIO QUIMICO

ANÁLISIS QUÍMICO DE MINERALES POR
Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, y Mo.

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

CLIENTE : ALIPIO MANUEL MOLINA VALDEZ

SOLICITUD DE ANÁLISIS : SOLUCION DE GOLD MAX DE Au , Ag

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

DESCRIPCIÓN : SOLUCION DE GOLD MAX DE Au , Ag

CODIGO DE CLIENTE :

CODIGO DE LABORATORIO : 250

MUESTRA ENVASADA EN : BOTELLA DE 1 LITRO

PESO DE LA MUESTRA :

FECHA DE RECEPCIÓN : 04/11/2020

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : 04/11/2020

ITEM	CÓDIGO DEL CLIENTE	RESULTADOS				
		Ley Au (mg/l)	Ley Ag (mg/l)	Cu Total %	Cu Soluble %	H2O %
1	VI - 8	0.640	0.02			
2	VI - 10	3.980	0.08			
3	VI - 12	4.320	1.02			
4	VI - 14	6.010	1.19			
5	VI - 16	4.750	1.12			
6	VI - 18	5.650	1.15			
7	VI - 20	6.180	1.223			

www.minares.com

Av. Panamericana Sur N° 355 - Vista Alegre - Nasca Cel.: 986635088 / minaressouthnazca@gmail.com

Av. 19 de Diciembre Mz. 36 Lte. 11 - La Agudita - Chala - Telf.: 01 5304689 Cel.: 986635086 / minaressouth2014@outlook.com

Parque San Martín N° 224/230 - Dpto. 1401- Pueblo Libre - Lima Telf.: 01 530 4689 Cel.: 986635085

ANEXO 03

FICHAS TÉCNICAS DE ENSAYO LIXIVIACIÓN CON GOLD MAX

MUESTRA	VI-20
ENSAYO	LIXIVIACIÓN CON GOLD MAX
Fecha/Hora de inicio	02/11/2020 9:00 am
Fecha/Hora de termino	04/11/2020 9:00 am

CONDICIONES DE MOLIENDA	
PESO DE MINERAL	1 Kg
GRANULOMETRÍA	82,67 %-200 Mallas
TIEMPO	30 Minutos

CONDICIONES DE LIXIVIACIÓN		
PESO DE MINERAL SECO	1000	g
HUMEDAD	2,8679	%
PESO MINERAL HÚMEDO	1029,5	G Humedad 2,8679%
GRANULOMETRÍA	82,669	%-200 Mallas
GRAVEDAD ESPECIFICA	2,7139	g/ml
DENSIDAD DE PULPA	1220,16	g/l
DENSIDAD DE SOLUCIÓN	1000	g/l
PORCENTAJE DE SOLIDOS	28,57	%
RELACIÓN L/S	2,50	
VOLUMEN DE SOLUCIÓN	2500,00	MI
AGUA PARA PREPARAR	2470,47	ml-Sol. Stock
PESO DE PULPA	3500,00	G
VOLUMEN DE PULPA	2868,47	MI
pH	12	PH de mineral 7
CONCENTRACIÓN DE GOLD MAX	0,5	g/l
	500	ppm
	0,05	%
TEMPERATURA	23	°C
TIEMPO DE AGITACIÓN	48	Horas
MECANISMO DE AGITACIÓN	1	Agitadores
VELOCIDAD (RPM)	2500	RPM

TITULACIÓN	25	MI
	0,100	Tactor
	2475,00	MI vol. Que queda en TQ
CONSUMO MAX DE AgNO3	5,00	MI AgNO3

CONSUMO DE REACTIVOS			
	GOLD MAX	SODA CAÚSTICA (NaOH)	
Kg/TM	6,00	0,5	PURO
Kg/TM	33,857	0,5	INDUSTRIAL

LIXIVIACIÓN CON GOLD MAX

Control	Fecha	Hora de Control	Horas	Horas acumuladas	Vi (ml) AgNO3	Vf (ml) AgNO3	V(ml) gasto AgNO3	Vol de titulación (5, 10, 25 ml)	% Gold Max libre	Consumido (g/l)	Reposición de Gold Max (g)li	pH	Soda Caústica (NaOH) (g)
1.	02/11/2020 09:00	9:00:00 AM	0:00	0:00:00	0	0,0	0,0	0	0,050	0,000	0,000	12	
2.	02/11/2020	9:30:00 AM	0:30	0:30	0	0,3	0,3	25	0,003	0,470	1,176	11,5	0,2
3.	02/11/2020	10:30:00 AM	1:00	1:30	0	2,0	2	25	0,020	0,300	0,755	12	
4.	02/11/2020	11:30:00 AM	1:00	2:30	0	2,6	2,6	25	0,026	0,240	0,607	12	
5.	02/11/2020	1:00:00 PM	1:30	4:00	0	2,3	2,3	25	0,023	0,270	0,681	12	
6.	02/11/2020	2:30:00 PM	1:30	5:30	0	3,5	3,5	25	0,035	0,150	0,384	11,5	0,2
7.	02/11/2020	4:00:00 PM	1:30	7:00	0	3,4	3,4	25	0,034	0,160	0,409	12	
8.	02/11/2020	6:00:00 PM	2:00	9:00	0	3,6	3,6	25	0,036	0,140	0,359	11,5	
9.	02/11/2020	8:00:00 PM	2:00	11:00	0	3,7	3,7	25	0,037	0,130	0,334	12	0,1
10.	02/11/2020	10:00:00 PM	2:00	13:00	0	4,0	4	25	0,040	0,100	0,260	12	
11.	03/11/2020	1:00:00 AM	3:00	16:00	0	4,1	4,1	25	0,041	0,090	0,235	12	
12.	03/11/2020	5:00:00 AM	4:00	20:00	0	4,2	4,2	25	0,042	0,080	0,211	12	
13.	03/11/2020	9:00:00 AM	4:00	24:00	0	4,3	4,3	25	0,043	0,070	0,186	12	
14.	03/11/2020	1:00:00 PM	4:00	28:00	0	4,4	4,4	25	0,044	0,060	0,161	12	
15.	03/11/2020	5:00:00 PM	4:00	32:00	0	4,6	4,6	25	0,046	0,040	0,112	12	
16.	03/11/2020	9:00:00 PM	4:00	36:00	0	4,5	4,5	25	0,045	0,050	0,136	12	
17.	04/11/2020	1:00:00 AM	4:00	40:00	0	4,8	4,8	25	0,048	0,020	0,062	12	
18.	04/11/2020	5:00:00 AM	4:00	44:00	0	5	5	25	0,050	0,000	0,013	12	
19.	04/11/2020	9:00:00 AM	4:00	48:00	0	5	5	25	0,050	0,000	0,013	12	
20.	04/11/2020	9:00:00 AM	0:00	48:00	0		0		0,050	0,000	0,000		
19.	04/11/2020 09:00	9:00:00 AM		48:00		5,0	66,30	450,00	0,050		6,076		0,5

BALANCE METALÚRGICO

PRODUCTO			LEYES						CONTENIDO METÁLICO		RECUPERACIÓN O EXTRACCIÓN	
Nombre	Peso (Kg)	Vol (Lit)	Au			Ag			Au (mg)	Ag (mg)	Au (%)	Ag (%)
			Oz/TC	Gr/TM	mg/Lit	Oz/TC	Gr/TM	mg/Lit				
CABEZA	1,0		0,520	17,7256		0,1348	4,62		17,8256	4,62	100	100
SOLUCIÓN RICA	-	2,50			6,773			1,2936	16,932	3,234	94,99	70
RELAVE	1,0		0,02606	0,8936			1,386		0,8936	1,386	5,01	30

Nota: Recuperación final Au = 94,99 %

Recuperación final Ag = 70,0 %

ANEXO 04

INFORME DE ENSAYO DE CALIDAD DE GOLD MAX ^[1,2]



INFORME DE ENSAYO
SA1501446

Página 1 de 3

A solicitud de:	ROYAL CHEMICAL DEL PERU SAC Calle Poseidón Mz 20 Lt 4 Surco		Cantidad Muestras:	1
Por cuenta de:	ROYAL CHEMICAL DEL PERU SAC Calle Poseidón Mz 20 Lt 4 Surco		Fecha de Recepción:	18/12/2015
Producto:	POLVO		Fecha de Ensayo:	Del 18/12/2015
Tipo de Análisis:	PREPARACION Y ANALISIS QUIMICO			Al 28/12/2015
Localidad de preparación:	CALLAO			
Descripción del Estado y Condición de la Muestra:	En bolsas de plástico selladas Aparentemente intactas. Peso de 195.57 g seca.			
Referencia Cliente:	OL224800-01 Muestra de Polvo Granular (Goldmax)			
Notas:				

Esquema	Método
ICM40B	SGS-MN-ME-138 / Agosto 2013 Rev. 02 / Muestras de Exploración Geoquímica - Digestión Multiácida ICP-MS.
CVA14C	SGS-MN-ME-132 / Mayo 2014 Rev. 06 / Muestras de Exploración Geoquímica: Mercurio - Arrastre de vapor frío.
PMI_CH	Peso de Muestra Recibido
PMI_M140	ASTM E 276-68 / Particle Size or screen analysis at N°4 (4.75-mm) Sieve and finer for Metal bearing ores and related materials

Elemento		Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe
Esquema		ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B
Unidad		%	ppm	%	ppm	ppm	%
Limite de Detección		0.01	5	0.01	1	0.5	0.01
POLVO	Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	0.04	<5	0.04	86	0.5	2.18
POLVO	*DUP Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	0.03	<5	0.04	77	<0.5	2.13

Elemento		K	Li	Mg	Mn	Na	P
Esquema		ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B
Unidad		%	ppm	%	ppm	%	ppm
Limite de Detección		0.01	1	0.01	5	0.01	50
POLVO	Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	0.02	1	<0.01	8	>15.00	<50
POLVO	*DUP Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	0.02	1	<0.01	6	>15.00	<50

Elemento		S	Sr	Ti	V	Zn	Zr
Esquema		ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B
Unidad		%	ppm	%	ppm	ppm	ppm
Limite de Detección		0.01	0.5	0.01	1	1	0.5
POLVO	Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	0.02	2.3	<0.01	2	4	9.0
POLVO	*DUP Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	0.02	2.0	<0.01	1	3	9.7

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definida en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.



**INFORME DE ENSAYO
SA1501446**

Página 2 de 3

Elemento	Ag	As	Be	Bi	Cd	Ce
Esquema	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B
Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Limite de Detección	0.02	1	0.1	0.04	0.02	0.05
POLVO Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	0.06	<1	<0.1	<0.04	0.04	0.17
POLVO *DUP Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	0.05	<1	<0.1	<0.04	0.02	0.12

Elemento	Co	Cs	Ga	Ge	Hf	In
Esquema	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B
Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Limite de Detección	0.1	0.05	0.1	0.1	0.02	0.02
POLVO Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	0.5	<0.05	0.2	<0.1	0.19	<0.02
POLVO *DUP Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	0.6	<0.05	0.1	<0.1	0.23	<0.02

Elemento	La	Lu	Mo	Nb	Ni	Pb
Esquema	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B
Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Limite de Detección	0.1	0.01	0.05	0.1	0.5	0.5
POLVO Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	0.1	<0.01	8.34	0.1	10.1	2.3
POLVO *DUP Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	0.1	<0.01	7.87	0.1	10.0	2.0

Elemento	Rb	Sb	Sc	Se	Sn	Ta
Esquema	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B
Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Limite de Detección	0.2	0.05	0.1	2	0.3	0.05
POLVO Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	<0.2	0.16	0.2	<2	0.3	0.12
POLVO *DUP Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	<0.2	0.10	0.1	<2	<0.3	0.17

Elemento	Tb	Te	Th	Tl	U	W
Esquema	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B	ICM40B
Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Limite de Detección	0.05	0.05	0.2	0.02	0.1	0.1
POLVO Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	<0.05	<0.05	<0.2	<0.02	<0.1	0.3
POLVO *DUP Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	<0.05	<0.05	<0.2	<0.02	<0.1	0.2

Elemento	Y	Yb	Hg	Peso Muestra	P_MEN140
Esquema	ICM40B	ICM40B	CVA14C	PMI_CH	PMI_M140
Unidad	ppm	ppm	ppm	g	%
Limite de Detección	0.1	0.1	0.005		
POLVO Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	0.1	<0.1	0.008	195.6	98.80
POLVO *DUP Muestra de Polvo Granular (Goldmax)	0.1	<0.1	0.007	--	--

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definida en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.



**INFORME DE ENSAYO
SA1501446**

Página 3 de 3

Emitido en Callao-Perú el , 28/12/2015



Edgar Zárate Aguilar
Supervisor de Laboratorio
C.I.P. 22151

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definida en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Ultima Revisión Julio 2015

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 - Callao 1 t (51-1) 517 1900 www.sgs.pe
Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

LAB-310

ANEXO 05

INFORMACIÓN DE GOLD MAX, AGENTE LIXIVIANTE

Lixivante GoldMAX

La minería moderna debe cumplir con estándares ambientales cada vez más elevados y trabajar con mayor ahínco sus relaciones con sus comunidades vecinas. Para cumplir ambos retos es necesario promover la innovación de aquellos procesos mineros que generan residuos altamente contaminantes.

En este contexto aparece **GoldMAX®**, un nuevo y revolucionario lixivante ecológico para el oro y otros metales que desplazará al tradicional y nocivo cianuro de sodio (NaCN) cuyo uso es complejo y temido por las poblaciones aledañas.

GoldMAX® representa una evolución para la minería aurífera porque permite realizar procesos de lixiviación más eficientes pero con un menor costo ambiental pues se trata de un producto de muy baja toxicidad. Este innovador lixivante ofrece ventajas muy superiores al cianuro y a otros lixivantes que han aparecido en los últimos años.



ROYAL CHEMICAL DEL PERÚ ha lanzado **GoldMAX®** inicialmente al mercado sudamericano y está logrando una gran acogida por parte de grandes empresas. En un corto plazo se espera que la mayoría de mineras acojan este innovación que abre las puertas a una minería se realmente "amigable con el ambiente" y a la producción "ecológica" del oro.

CONDICIONES DE OPERACIÓN Y PARÁMETROS PARA REALIZAR PRUEBAS CON LIXIVIANTE Gold MAX®



GRANULOMETRÍA	(93-96 % -200 MALLAS)	CONTROL DE LIXIACIÓN	TIEMPO	TEMPERATURA AMBIENTAL RECOMENDABLE		
FUERZA GOLDMAX RECOMENDABLE	300 PPM - 400 PPM		2 HORAS	110°C	400°C	
DENSIDAD DE PULPA	30 % - 35 % SÓLIDOS		5 HORAS	PROCESO DE TITULACIÓN		
TIEMPO AGITACIÓN RECOMENDABLE	20 A 35 HORAS - MÁS CORTO QUE CON CIANURO		8 HORAS			
pH -OPERACIÓN	11 A 12		12 HORAS	NITRATO DE PLATA - (En Solución)	4.33 GR/LT	
REGULADOR pH	CAL Y/O SODA CAUSTICA (NAOH)		18 HORAS	IODURO DE POTASIO - (En solución al 5 %)	3 GOTAS	
		24 HORAS	CONTROL - OPCIONAL	40 HORAS	TAMAÑO DE ALICUOTA	25 ML

METODO RECUPERACIÓN DE SOLUCIONES RICAS SEGÚN LOS CONTENIDOS DE PLATA OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES PARA LIXIVIACIONES CON GOLDMAX®

CARBÓN ACTIVADO (CIP - CIL)	POLVO DE ZINC (MERRILL CROWE)	PARA REALIZAR PRUEBAS DE LABORATORIO TOMAR 1 KG DE MINERAL Y MOLER CON 500 ML DE AGUA EL TIEMPO NECESARIO PARA ALCANZAR MOLIENDA FINA (> 90 %). RETIRAR Y LLEVAR A TANQUE AGITADOR DE LABORATORIO, DONDE COMPLETARÁ AGUA PARA TENER 30-35 % SÓLIDOS, AGREGAR CAL HASTA CONSEGUIR PH = 12, Y DEJAR QUE SE ESTABILICE POR 2 HORAS Y NO AGREGAR NADA MÁS, LUEGO MEDIR PH NUEVAMENTE, ES PROBABLE EL PH HAYA DESCENDIDO ALGUNOS PUNTOS, AÑADIR MÁS CAL PARA RECUPERAR PH = 12 Y DEJAR NUEVAMENTE SIN NADA MÁS POR 45 MINUTOS. A 1 HORA SI EL PH SE MANTIENE EN 12, ES MOMENTO DE AGREGAR EL LIXIVIANTE GOLDMAX, A PARTIR DE ESTE MOMENTO RECÍEN COMIENZA LA LIXIVIACIÓN Y TAMBIÉN SE COMENZARÁ A CONTROLAR EL PROCESO EN FUNCIÓN AL TIEMPO. SE RETIRARÁ ALICUOTAS PARA TITULAR Y REPONER GASTO, ASIMISMO LAS ALICUOTAS RESPECTIVAS PARA CONSTRUIR LA CURVA RECUPERACIÓN VERSUS TIEMPO. EN OPERACIONES DE VAT - LEACHING, DEBERÁ A PROCEDERSE A AGLOMERACIÓN CON CEMENTO Y CAL, SEGÚN METODO TRADICIONAL A LA VEZ QUE SE CURA CON FUERZA DE 400-500 PPM. LUEGO DISPONER LOS PELLETS A POZA Y ROCHAR CON SOLUCIÓN DILUIDA DE GOLDMAX® A 300 PPM PARA INUNDAR Y RECIRCULAR CON BOMBA VARIAS VECES AL MENOS 7, PARA GANAR CONCENTRACION LUEGO LLEVAR SU SOLUCIÓN RICA A RECUPERACIÓN POR CARBÓN O POLVO DE ZINC, SEGÚN SEA SU LEY DE PLATA EN SU MINERAL.
-----------------------------	-------------------------------	---

CUADRO COMPARATIVO DE CONSUMOS (CIANURO VS GOLDMAX®) - EN FUNCION AL TIPO DE MINERAL

TIPO DE MINERAL	CONSUMOS DE REACTIVOS	
	LIXIVIANTE GOLDMAX®	CIANURO (NACN)
ÓXIDOS	1 KG A 3KG	1 KG A 3KG
SULFURO	3 KG A 6 KG	3 KG A 6 KG
MIXTOS	SIMILAR A SULFUROS	SIMILAR A SULFUROS
RELAVES DE AMALGAMACIÓN	6 KG A 7 KG - CON BUENAS RECUPERACIONES	7 KG - 15 KG A MÁS RECUPERACIONES DEFICIENTES

SOPORTE TÉCNICO	ROYAL CHEMICAL PONE A DISPOSICIÓN DE SUS CLIENTES SOPORTE TÉCNICO CON SU STAFF DE INGENIEROS METALURGISTAS CON VISITAS A CAMPO EN PERÚ Y A OTROS PAISES DE LA REGIÓN		
CONSULTAS Y COTIZACIONES	ventas-goldmax@lixiviantegoldmax.com	ventas-mineria@royalchemical.com.pe	Central Telf: 719-3162



Gold MAX[®]

AGENTE LIXIVIANTE QUE REEMPLAZA AL CIANURO



DTS – Gold MAX[®]

Gold MAX[®] es un producto de innovadora fórmula, fabricado con materias primas exentas de impurezas y que se utilizan en la manufactura de fertilizantes, siendo por ello un reactivo lixiviante ecológico y además de favorable al medio ambiente.

Este agente de extracción de oro, puede reemplazar el tradicional uso de cianuro de sodio (NaCN), el cual es altamente tóxico y que por lo general se considera como único lixiviante de Au-Ag, lo cual se verá de un enfoque distinto con este nuevo producto.

Este producto representa un logro científico y tecnológico, realizado a través de ardua labor y años de investigación por expertos e instituciones de investigación científica, relevantes de nuestra empresa. Nuestro producto **Gold MAX[®]**, es de muy baja toxicidad y contribuye a preservar el medio ambiente.

Gold MAX[®] puede aplicarse desde la molienda, además de la lixiviación en tanque y el proceso de lixiviación del tipo CIP y CIL, sin mayor inconveniente, además de su total aplicación en el proceso Merrill Crowe.

Como es sabido actualmente el 85% del oro, producido en el mundo se extrae mediante el uso de procesos de cianuración. Para hacer frente a la contaminación de productos altamente tóxicos como el cianuro, expertos investigadores de prestigiosas entidades de el extranjero, han llevado a cabo un gran número de experimentos e investigaciones para buscar productos de extracción de oro sin el uso de cianuro en los últimos años, buscando baja toxicidad o de ser posible toxicidad nula, pero ningún avance se ha hecho hasta el momento.

Actualmente **Gold MAX[®]** agente de extracción de oro, se plantea como la solución definitiva a esta problemática ofreciendo a el rubro minero, un lixivante eficaz, de bajo consumo, que ofrece alta recuperación de oro muy similar a la que se obtiene con el Cianuro, y a un precio razonable para hacer viable cualquier operación basado en el costo-beneficio.

Poseidón Mz. 20, lote 04 – Santiago de Surco
Av. 5 de Abril Maz. G Lt. 04 Zona Industrial, Carabayllo, Lima 39 - Perú
Teléfonos: (511) 719 3162 / 719 3163 RPM: #942 040 340 / #966 892 963
royalchemical@royalchemical.com.pe ventas_mineria@royalchemical.com.pe
investigaciones-metalurgicas@royalchemical.com.pe www.royalchemical.com.pe



Síguenos en



www.lixivanteGoldMAX.com

FICHA TÉCNICA

Gold MAX®

AGENTE LIXIVIANTE QUE REEMPLAZA AL CIANURO



DTS – Gold MAX®

NOTA: Este producto no contiene ninguna forma de NaCN.

Nuestros productos han pasado las pruebas y evaluación de los servicios técnicos interesados.

1. Los productos de baja toxicidad: LD50 oral aguda = 50.1 mg / kg en ratones. El Centro de Prevención y Control de Enfermedades ha llevado a cabo ensayos de toxicidad, cuyo resultado es DL50 oral aguda es 50.1mg / kgBW, una menor toxicidad que la soda cáustica (DL50 de la soda cáustica es de 40 mg / kgBW).

2. Protección del Medio Ambiente

Análisis Ambiental y Centro de Pruebas de Protec-

ción Ambiental Consulting Co., Ltd realizaron análisis y pruebas sobre la toxicidad de lixiviación de los residuos después del uso de los productos, el resultado de lo que muestra que los relaves mineros después de la pulverización satisfacen el requisito de la protección del medio ambiente, y reducen el envenenamiento del medio ambiente significativamente.

3. Conveniente para el transporte

Nuestros productos pueden ser transportados con seguridad por aire, ferrocarril, carretera y mar.

Composición sobre los componentes

Descripción: Mezcla formada por las sustancias especificadas a continuación con adiciones

Componentes	CAS número	Aproximado (%) por peso.
óxido de sodio (Na2O)	1313-59-3	35-50%
nitrógeno (N)	7727-37-9	12-20%
amonio (NH4)	14798-03-9	7-12%
Humedad (H2O)	7732-18-5	1-4%
Calcio (Ca)	7440-70-2	1-5%
Hierro (Fe)	7439-89-6	1-5%
Substancia insoluble en agua	---	3-8%

Uso del producto:

Gold MAX, Agente de extracción de oro, es aplicable en minerales de óxido de oro y plata, mineral de sulfuro, relaves de mineral, puede aplicarse en lixiviación en pilas (Heap Leaching, Vat Leaching), Lixiviación en pozas – estanque de inmersión, (lixiviación agitación CIP – CIL) y el proceso es idéntico a la producción cuando se usa cianuro de sodio.

Poseidón Mz. 20, lote 04 – Santiago de Surco.
Av. 5 de Abril Mz. G Lt. 04 Zona Industrial, Carabaylla, Lima 39 - Perú
Teléfonos: (511) 719 3162 / 719 3163 RPM: #942 040 340 / #966 892 963
royalchemical@royalchemical.com.pe ventas_mineria@royalchemical.com.pe
investigaciones_metalurgicas@royalchemical.com.pe www.royalchemical.com.pe



Síguenos en



www.lixivianiteGoldMAX.com

ANEXO 06

FOTOGRAFÍAS DE COMPONENTES AMBIENTALES.



Foto 2. Fisiografía de la zona.



Foto 3. Flora terrestre.



Foto 4. Centro poblado de Cerro Lunar.



Foto 5. Bocamina Santa Ana.



Foto 6. Transporte de desmonte.



Foto 7. Planta de beneficio Ana María.



Foto 8. Recuperación artesanal del oro con quimbalete.



Foto 9. Contaminación del agua superficial.



Foto 10. Alteración de la topografía.



Foto 11. Polvo generado por la deposición de desmonte.



Foto 12. Dinamización del comercio local.