

Universidad Nacional
"José Faustino Sánchez Carrión"



“Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica”

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
METALURGICO**

Título:

**“INFLUENCIA DEL OXÍGENO EN LA CIANURACIÓN DE
MINERALES AURÍFEROS CON CARBÓN EN PULPA PARA LA
EXTRACCIÓN DE ORO”**

Autor:

**BRAYAN, GONZALES SALAZAR
MIKER ETHEL, BRAVO JARA**

Asesor:

M(o) JOAQUIN JOSE ABARCA RODRIGUEZ

C.I.P. N° 108833



**JOAQUIN JOSE
ABARCA RODRIGUEZ
INGENIERO METALURGICO
Reg. CIP N° 108833**

Huacho - Perú

2021

**“INFLUENCIA DEL OXÍGENO EN LA CIANURACIÓN DE
MINERALES AURÍFEROS CON CARBÓN EN PULPA PARA LA
EXTRACCIÓN DE ORO”**

.....
Dr. SÁNCHEZ GUZMÁN ALBERTO IRHAAM

Presidente

.....
Ing. NARVASTA TORRES ISRAEL

Secretario

.....
M(o). IPANAQUE ROÑA JUAN MANUEL

Vocal

.....
M(o). ABARCA RODRÍGUEZ, JOAQUÍN JOSÉ

Asesor

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mis padres y a mi familia por el apoyo que me brindaron día a día.

A Dios por darme salud para seguir cumpliendo mis metas.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la salud que tengo, por cada día de vida y la oportunidad de poder lograr mis objetivos.

También quiero agradecer al ingeniero Joaquín José Abarca Rodríguez por el apoyo, motivación, y consejos adecuados en este proyecto realizado, lo cual ha sido un privilegio contar con su guía y ayuda en el transcurrir de mi proceso de investigación.

PENSAMIENTO

“La perfección se logra no cuando no hay nada más que añadir, sino cuando no hay nada más que quitar” (Antoine de Saint-Exupéri)

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
PENSAMIENTO.....	V
INDICE GENERAL.....	VI
INDICE DE FIGURA.....	IX
INDICE DE TABLA.....	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Descripción de la Realidad Problemática.....	1
1.2 Formulación del Problema.....	1
1.2.1 Problema General.....	1
1.2.2 Problemas Específicos.....	1
1.3 Objetivos de la Investigación.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivo Especifico.....	2
1.4 Justificación de la Investigación.....	2
1.5 Delimitación del Estudio.....	3
1.6 Viabilidad del Estudio.....	3
CAPITULO II MARCO TEORICO.....	4

2.1.	Antecedentes de la investigación.....	4
2.1.1.	Investigación Internacional.	4
2.1.2.	Investigación Nacional.....	5
2.2.	Bases Teóricas.....	7
2.2.1.	Lixiviación.	7
2.2.2.	Método de Lixiviación.	7
2.2.3.	Lixiviación por Agitación Mecánica.....	7
2.2.4.	Cianuración de Minerales de Oro.....	7
2.2.5.	Variables de Cianuración.	8
2.3.	Definiciones conceptuales.	12
2.4.	Hipótesis de la Investigación.....	13
2.4.1.	Hipótesis General	13
2.4.2.	Hipótesis Específicos	13
2.5.	Operacionalización de Variables e Indicadores.....	14
CAPITULO III METODOLOGIA.....		15
3.1.	Diseño Metodológico	15
3.2.	Población y Muestra.....	16
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
3.4.	Técnicas para el procesamiento de la información.....	17
3.5.	Matriz de Consistencia.	18
CAPITULO IV RECURSOS Y CRONOGRAMA.....		19
4.1.	Análisis de Resultados.....	19

4.1.1.	Condiciones de Trabajo.....	19
4.1.2.	Análisis de Malla Valorada.	20
4.1.3.	Presencia del oro pasante y retenido en la malla 325.....	22
4.1.4.	Recuperación del oro antes de los cambios.....	25
4.2.	Contrastación de Hipótesis.	30
4.2.1.	Contrastación de Hipótesis General.	30
4.2.2.	Contrastación de Hipótesis Específicos	32
CAPITULO V		38
DISCUSIÓN.....		38
CAPITULO VI.....		40
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		40
CAPÍTULO V II FUENTES DE INFORMACION.....		42
7.1.	Fuentes Bibliográficas	42
ANEXOS.....		45

INDICE DE FIGURA

Figura 1 Diagrama Eh/pH para el sistema CN-H ₂ O, concentración de cianuro 10 ⁻³ molar (Domic, 2001, pág. 199).....	9
Figura 2 Curva de liberación de mineral vs tiempo	23
Figura 3 Curva de porcentaje de oro vs liberación -325m	24
Figura 4 Curva de porcentaje de oro y liberación vs tiempo	24
Figura 5 Curva de recuperación de oro vs inyección de oxígeno (4.39 -6.68 mg O ₂ /L)	27
Figura 6 Diagrama de Pareto en la recuperación del oro vs O ₂ (mg/L).....	31
Figura 7 Recuperación de oro vs ley de cabeza del mineral Au(g/t)	32
Figura 8 Concentración de oro la solución Au(g/m ³) vs ley de cabeza del mineral Au(g/t)...	33
Figura 9 Concentración de oro en la solución Au(g/m ³) vs Inyección de oxígeno O ₂ (mg/L)	34
Figura 10 Recuperación de Au (%) vs Inyección de oxígeno O ₂ (mg/L)	35
Figura 11 Concentración de oro Au(g/t) vs porcentaje liberación m-325.....	36
Figura 12 Recuperación de oro Au (%) vs porcentaje liberación m-325.....	37

INDICE DE TABLA

Tabla 1	Operacionalización de las variables de estudio.....	14
Tabla 2	Condiciones de trabajo.....	19
Tabla 3	Análisis de Malla valorada Au(g/t) 1.....	20
Tabla 4	Análisis de Malla valorada Au(g/t) 2.....	21
Tabla 5	Presencia de oro retenido y pasante a la malla 325.....	22
Tabla 6	Ley de oro en el mineral, solución y recuperación antes del cambio.....	25
Tabla 7	Inyección de oxígeno (4.39 -6.68 mg O ₂ /L) y recuperación de oro.....	26
Tabla 8	Recuperación de oro en función de oxígeno (1.12 -7.30 mg O ₂ /L).....	28
Tabla 9	Curva de recuperación de oro vs inyección de oxígeno (1.12 -7.30 mg O ₂ /L).....	29
Tabla 10	Análisis de Varianza influencia del oxígeno en la recuperación del oro.....	30

RESUMEN

En el trabajo sobre “Influencia del oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa para la extracción de oro” es una investigación preexperimental aplicada ya que se realiza a nivel industrial. Para realizar el trabajo se tuvo en consideración una densidad de pulpa de 1.35 t/m^3 , con una fuerza de cianuro de sodio de 300 ppm, se realizaron una molienda para ver en que malla se encuentra el oro en su mayor porcentaje, en los tanques se inyectaron oxígeno para ver si es posible el incremento de la recuperación. El resultado obtenido pasante a la malla 400 el 82.71% se encuentra el 83.59% del oro, para una ley de cabeza de 4.1 g/t oro, mientras que en 30 minutos se obtuvo el 97.67% pasante a la malla 325 donde el oro se encuentra el 97.22%. A medida que se incrementa la liberación también se incrementa la presencia del oro. La máxima recuperación sin la inyección de oxígeno se tiene 83.71% de oro, para una ley de cabeza de 2.7 g/t, obteniendo en la solución 2.21 g/m^3 de oro. Con la inyección de aire a razón de 6.68 mg/L se tiene 97.80% de recuperación del oro y con 7.30 mg/L de oxígeno se tiene 99.10% de recuperación de oro. Con un incremento del oxígeno a los tanques de cianuración incrementa la recuperación del oro. Concluyendo que el oxígeno tiene influencia significativa estadísticamente en la recuperación ya que el valor de p calculada es mayor a 0.05 y bloque de A del diagrama de Pareto es mayor a 2.14. La ley de cabeza y el oxígeno tiene influencia significativa en la concentración del oro en la solución y en la recuperación del oro ya que p calculada es menor a 0.05, mientras que la liberación no tiene influencia significativa estadísticamente en la concentración del oro de la solución y recuperación ya que el valor p calculada es mayor a 0.05.

Palabra clave: Cianuración, lixiviación, extracción de oro con cianuro, cianuración de minerales sulfurado.

ABSTRACT

The work on "Influence of oxygen in the cyanidation of gold minerals with coal in pulp for the extraction of gold" is a pre-experimental research applied since it is carried out at the industrial level. To carry out the work, a pulp density of 1.35 t / m^3 was taken into consideration, with a sodium cyanide force of 300 ppm, a grinding was carried out to see in which mesh the gold is found in its highest percentage, in the tanks it is They injected the oxygen to see if it is possible to increase the recovery. The result obtained through the 400 mesh 82.71% is 83.59% of the gold, for a head grade of 4.1 g / t gold, while in 30 minutes 97.67% was obtained through the 325 mesh where the gold is found. 97.22%. As release increases, so does the presence of gold. The maximum recovery without oxygen injection is 83.71% gold, for a head grade of 2.7 g / t , obtaining 2.21 g / m^3 of gold in the solution. With the injection of air at a rate of 6.68 mg / L there is 97.80% recovery of gold and with 7.30 mg / L of oxygen there is 99.10% recovery of gold. With an increase in oxygen to the cyanidation tanks, the recovery of the gold increases. Concluding that oxygen has a statistically significant influence on recovery since the calculated p value is greater than 0.05 and block A of the Pareto diagram is greater than 2.14. The head grade and oxygen have a significant influence on the concentration of gold in the solution and on the recovery of the gold since the calculated p is less than 0.05, while the release has no statistically significant influence on the concentration of the gold in the solution. and recovery since the calculated p-value is greater than 0.05.

Key word: Cyanidation, leaching, gold mining with cinide, cyanidation of sulphide ore.

INTRODUCCIÓN

La extracción de los minerales auríferos cada vez es más compleja por lo que es necesario realizar algunas investigaciones de las variables presente en los procesos, en virtud a ellos los minerales que se encuentran en la parte sur del Perú contiene elementos sulfurados y el oro se encuentra en ellos y en los óxidos como refractario por lo que es necesario su liberación mediante la molienda y usando un agente oxidante de los sulfuros.

El proceso de la cianuración es la extracción del oro en un medio acuoso donde los reactivos disolventes del oro se encuentran diluido como el cianuro de sodio, agua regia, bromuros, etc. Para la disolución del oro mediante el cianuro de sodio es necesario la presencia del oxígeno para que ocurra la reacción por una parte y la otra es que los componentes sulfurados donde se encuentran el oro incrustado se oxiden para que penetre el ion cianuro para que pueda disolverlo caso contrario es imposible su extracción.

Para una extracción y su recuperación del oro es necesario contar con las condiciones óptimas, como la liberación, oxidación, fuerza de cianuro de sodio, tiempo de adecuado para tratar de extraer la máxima cantidad posible del oro presente en el mineral. Esto trae una serie de acciones como consumo de energía para que funcione la planta de cianuración, el cuidado del medio ambiente, que conlleva el tratamiento de las aguas y el encapsulamiento del relave.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática.

El estudio se realizará en la planta de cianuración de la Compañía Minera CORIRE SAC, en el área de cianuración específicamente en los tanque de lixiviación donde el mineral se agita por medio de una paletas que permite el movimiento del mineral que se encuentra pulpa junto con el carbón activado, en esta parte del proceso el mineral tiene contacto con el agente es decir con, el cianuro de sodio en medio acuso y la intervención del oxígeno para que sean transferido el oro y plata del estado metálico que se encuentran en el mineral a la solución en forma iónica formado cianuro áurico. Para que el proceso ocurra es necesario contar con la presencia de oxígeno en una cantidad en exceso a lo teórico, por lo que es necesario realizar una evaluación ya que el resultado del proceso no está cumpliendo los objetivos propuesta.

En función a lo expuesto es necesario ver en qué medida influye el oxígeno en la cianuración de los minerales en agitación en pulpa con carbón activado para la extracción del oro en su recuperación a nivel planta.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿Tendrá influencia el oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa en la extracción de oro?

1.2.2 Problemas Específicos

- a) ¿Tendrá efecto la ley de cabeza en el proceso de cianuración con la presencia del oxígeno, permitirá tener una concentración de oro y una recuperación adecuada?
- b) ¿En qué medida la inyección de oxígeno en el proceso de cianuración, permitirá tener una concentración de oro en la solución y una recuperación?

- c) ¿Cómo afecta la granulometría del mineral en la cianuración, respecto a la recuperación y concentración de oro en la solución?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la influencia del oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa en la extracción de oro.

1.3.2 Objetivo Especifico

- d) Evaluar el efecto la ley de cabeza en el proceso de cianuración con la presencia del oxígeno, que nos permitirá tener una concentración de oro y una recuperación adecuada.
- e) Evaluar la inyección de oxígeno en el proceso de cianuración, que permitirá tener una concentración de oro en la solución y una recuperación.
- f) Evaluar el afecta la granulometría del mineral en la cianuración, respecto a la recuperación y concentración de oro en la solución.

1.4 Justificación de la Investigación

En el presente trabajo sobre “Influencia del oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa para la extracción de oro” es necesario realizar el estudio sobre inyección de oxígeno al tanque de cianuración con la finalidad ver en que rango es necesario la máxima recuperación del oro. El estudio a realizar me permite cumplir con uno de los requisitos para la obtener el título profesional y a la universidad cumplir con uno de los objetivos de publicaciones de los trabajos de investigación que realizan sus estudiantes. Se realizará el presente trabajo de estudio durante el año 2021, en las instalaciones de la empresa Minera Corire SAC, siendo una investigación no experimental, para la toma de muestras y el análisis se cuentan con los equipos necesarios. Por otra parte, para el procesamiento se realizará con paquetes estadísticos y procesador de textos.

1.5 Delimitación del Estudio.

La empresa se encuentra ubicado en el “Distrito de Huanuhuanu, Provincia de Caraveli, Departamento de Arequipa (...) a una altitud promedio de 1400 msnm y a 645.5 km de la ciudad de Lima” (Del Carpio, 2018, pág. 11).

La planta de cianuración se encuentra ubicada en la coordenada norte 8 270 357 y sur 598 620 en concordancia de UTM WGS 84 (Del Carpio, 2018).

El trabajo de investigación se desarrollará en la planta de cianuración espáticamente en el análisis de la inyección de aire en la cianuración, se realizará durante el 2021.

El acceso a la información es limitado por ser parte de una empresa privada y la información respecto al estudio referente a la influencia del oxígeno es escasa actualizada virtuales.

1.6 Viabilidad del Estudio

Referente al presente estudio sobre “Influencia del oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa para la extracción de oro” se realizará durante el 2021, es viable porque se cuenta acceso a la planta y los equipos necesarios para la evaluación. Referente la parte técnico y metodología se cuenta con la información necesario para su desarrollo. En lo económico se cuenta los recursos económico necesario para realizar el presente estudio. Por otra parte, se tiene el permiso de los directivos de la empresa.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Investigación Internacional.

Para Huamaní, y otros (2019) en su trabajo sobre “Contribución al conocimiento sobre la minimización del consumo de Cianuro en la minería del Oro; Sales oxidantes, Aireación y Sobremolienda para minerales Cianicidas” concluye que una vez identificado de minerales sulfuros mediante el microscopio, se llevaron a una remolienda y su posterior tratamiento de cianuración con el uso de un oxidante nitrato de plomo y sin oxidante, con lo que se obtuvo del 97.78% de recuperación de oro en 24 horas y sin oxidación de una recuperación de 84.5%. Por otra parte, con una pre oxidación con aire se tiene una recuperación del orden del 93% y son sin pre oxidación del 80%.

Armela (2018) en su trabajo “Influencia de parámetros tecnológicos en la extracción de oro en la mina Oro Barita Santiago de Cuba” concluye que mediante el diseño factorial completo a un pH superior de 11, resultado del análisis del diagrama de Pareto el cianuro de sodio y el tiempo de lixiviación tiene influencia positiva, mientras que la concentración del azufre actúa en forma negativa. Obteniéndose una recuperación de oro 76% con una concentración de 1 g/L de NaCN en 8 horas y una concentración de azufre de 1.86 g/L.

Aguilar (2021) en su investigación sobre “Aplicación de pre-aireación en lixiviación con cianuro de sodio en el mineral de interés de la mina Cristhian David, Pasaje-El Oro” concluye que con inyección de aire a la pulpa con un caudal de 0.14 m³/h se incrementa la recuperación de 23.052% a 27.056% de oro, porque se tiene influencia el oxígeno en la extracción del oro del mineral.

2.1.2. Investigación Nacional.

En su trabajo, Huaraz (2018) sobre “Estudio de mejoras y adecuamiento metalúrgico en la etapa de lixiviación para recuperar Oro y Plata del concentrado aurífero en la Empresa Minera Aurífera Retamas – Marsa” concluye que el mineral tratado es un mineral sulfuro, que se realiza un pre tratamiento de concentración por flotación, luego se realiza una molienda para una liberación adecuado, para luego buscar la influencia de tres variables en la cianuración, la fuerza de NaCN, pH y oxígeno. Como resultado se obtuvo que la fuerza del cianuro es adecuada entre 0.2 a 0.25%, con una recuperación del oro del 96% y plata del 78.76%, con una inyección de oxígeno puro, mientras que un pH de trabajo se tiene una extracción de arsénico, pero con una pH 13 se deduce a un 50% en la extracción del arsénico, realizándose el trabajo en el laboratorio de MARSA.

Aquino (2019) en su trabajo sobre, “Influencia de microburbujas de oxígeno en el proceso de cianuración en columnas para mejorar la recuperación de oro y plata en minera la zanja – Compañía de Minas Buenaventura” concluye que el oxígeno en forma de microburbujas no afecta al pH y la concentración del cianuro de sodio, mientras que el oxígeno incrementa en la recuperación de oro en un 8.35% para el oro y de 6.28% para la plata respecto a la tercera prueba.

En el estudio realizado por Flores (2019) sobre, “Estudio del proceso de cianuración de minerales auríferos para la recuperación de oro en el proyecto OROPESA, la Rinconada – Puno” concluye que una pH de 11, con una granulometría pasante a la malla 200, porcentaje de solido del 32,56% en un tiempo de las 72 horas y una concentración del cianuro de sodio 0.08% a 0.14% se tiene una recuperación de oro superior al 90% a nivel experimental.

En su trabajo Yana (2018) respecto a “Optimización del proceso de cianuración de oro en la planta de la Joya Mining” concluye que las variables en estudio el consumo de cianuro de sodio, tiempo y pH. Teniendo en consideración la granulometría y la mineralogía. El resultado

obtenido se tiene alto grado de influencia en la extracción de acuerdo el diagrama de Pareto respecto las variables de estudio. Llegando a mejorar la recuperación del oro entre 88.5% a 94% en un periodo de 120 horas, con un consumo de cianuro de sodio 6 kg/t a un pH de 12.

Aroquipa (2019) en su trabajo sobre “Optimización del proceso de cianuración mediante el uso de peróxido de hidrógeno en planta metalúrgica Chala ONE S.A.C” concluye que el estudio sobre el efecto del peróxido de hidrógeno en la extracción de oro para oxidación de los minerales, aplicando el diseño hexagonal, tiene influencia el peróxido de hidrógeno en la recuperación del oro a nivel de laboratorio.

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Lixiviación.

Lixiviación es el proceso selectivo de la disolución de los metales desde cualquier especie mineralógica sólida, por medio de un agente extractor que se encuentra en una disolución acuosa (Domic, 2001). Para la lixiviación de los minerales de interés está sujeto a las condiciones técnica y económica, por lo que es necesario realizar los estudios en las condiciones predichas.

2.2.2. Método de Lixiviación.

En el proceso de extracción de los elementos a partir de los minerales, por medio de un agente que disuelve en medio acuoso, se pueden realizar por los siguientes métodos: lixiviación in situ (gravitacional y forzada), lixiviación en botaderos, lixiviación en pilas, lixiviación en bateas y lixiviación por agitación (mecánica y neumáticas) (Domic, 2001).

2.2.3. Lixiviación por Agitación Mecánica.

En el proceso de la lixiviación por agitación mecánicas es necesario tener en consideración ciertas condiciones: Una agitación constante, granulometría lo más fina posible, densidad de pulpa adecuado que permita que el mineral se encuentre en un constante movimiento para interactuar con el agente extractor, la agitación se realiza por medio de las paletas que tenga un movimiento turbulento adecuado que las partículas se encuentran en movimiento (Ballester, Verdeja, & Sancho, 2000).

2.2.4. Cianuración de Minerales de Oro.

En el proceso de disolución de oro existe muy pocos reactivos que pueden disolver por su alta estabilidad, uno de los agentes extractor más utilizado para el oro y plata es el cianuro, se utiliza el cianuro de sodio por ser un reactivo que cumple todas las condiciones que se podría aplicar, teniendo en consideración la seguridad, ya que el cianuro es un reactivo altamente peligroso para los seres humanos y los animales (Mardden & Lain, 2006).

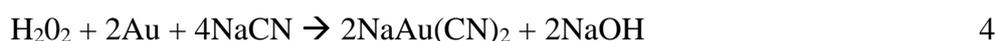
Elsner 1846 es el primero que relaciono la reacción química de la disolución de oro por la intervención del cianuro de potasio en un medio acuoso y la presencia del oxígeno (Yannopoulos, 1991).



Por otra parte, la teoría del oxígeno en la reacción de la disolución del oro, con el cianuro de sodio, también se conoce como la ecuación de Elsner (Misari, 2010).



En el proceso de lixiviación con peróxido de hidrogeno planteado por Bodlander en 1896 tiene dos procesos en la reacción como se describe en la ecuación (Yannopoulos, 1991):



De las ecuaciones 3 y 4 se puede llegar a la ecuación 5, la reacción plantada por Elsner.

2.2.5. Variables de Cianuración.

En la lixiviación de los minerales por agitación mecánica, con cianuro de sodio intervienen un conjunto de variables en el proceso, los más importantes tenemos: concentración de cianuro de sodio, pH, agitación, granulometría o tamaño, concentración de oxígeno, constituyentes mineralógicas.

2.2.5.1. Concentración de Cianuro de Sodio.

En la cianuración de los minerales es necesario determinar la concentración del agente que permita disolver el oro y la plata. En los trabajos realizados a lo largo de su invención para el cianuro de sodio se puede describir como es el caso de White la máxima disolución del cianuro de sodio es de 0.020% en un medio donde el cianuro de sodio es saturado con oxígeno, mientras que Barsky, Swainson y Hedley la fuerza de la disolución del cianuro de sodio es del orden del 0.05%, para una disolución adecuada (Misari, 2010).

En procesos reales la concentración del cianuro de sodio tiene parámetros estos podrían estar como máximo entre 400 g/t a 500 g/t y mínima entre 150 g/t a 350 g/t de cianuro de sodio por toneladas de mineral diluida. Esto no quiere decir que sean aplicable por lo, que se debe encontrar a nivel experimental para mineral (Mendez, 2009).

2.2.5.2. Alcalinidad o pH.

La alcalinidad en el proceso de cianuración se realiza en un medio básico, con la finalidad de que no se pierda el cianuro, ya que en un medio ácido se forma un gas cianógeno, que altamente mortal para los seres vivos, por lo que es necesario mantener un pH entre 10.5 a 11.0, con la finalidad de no perder el cianuro por hidrolisis (Domic, 2001).

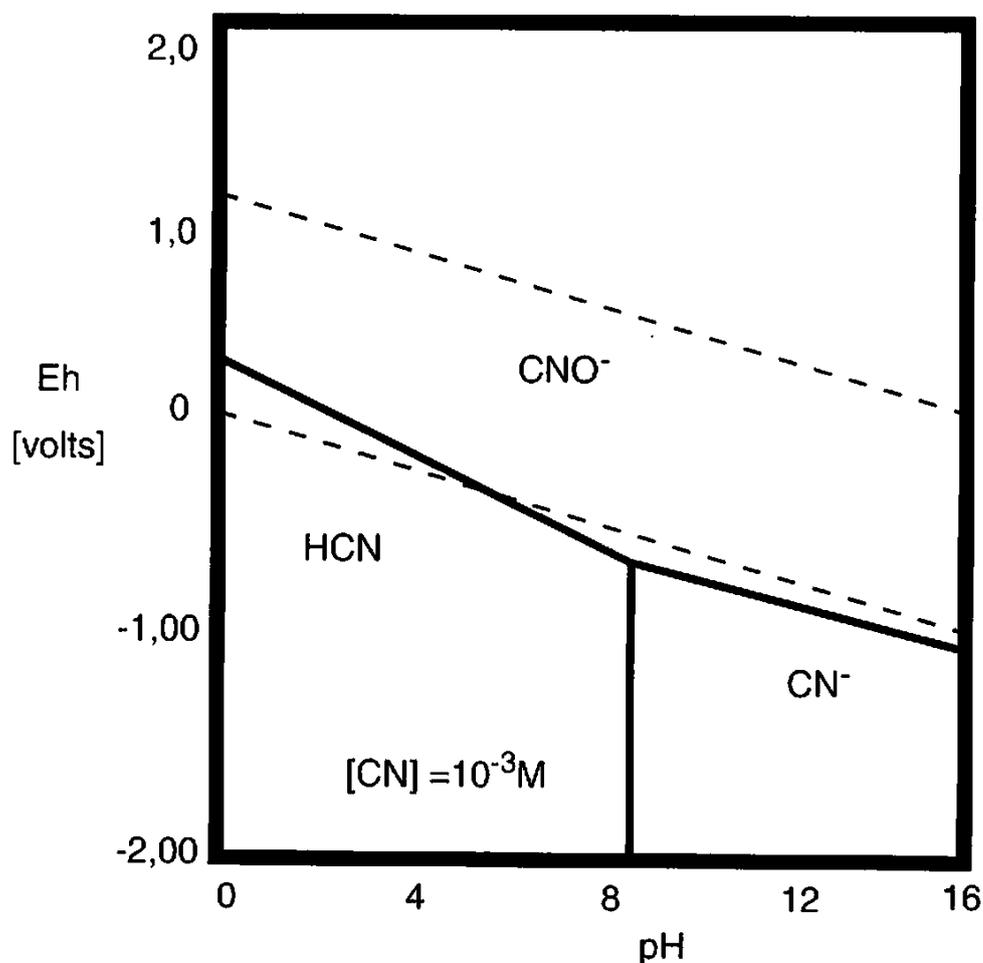


Figura 1 Diagrama Eh/pH para el sistema CN-H₂O, concentración de cianuro 10⁻³ molar (Domic, 2001, pág. 199)

2.2.5.3. Condiciones de Agitación.

Las condiciones de cianuración por agitación en pulpa necesitan tener las partículas en movimiento por un movimiento mecánico impulsado por una paleta, el nivel a base de nivel de la pulpa debe estar entre 10% a 30% donde las partículas se encuentran en suspensión con un porcentaje sólido del orden del 20% (Ballester, Verdeja, & Sancho, 2000). El proceso de en pulpa en carbón activado debe tener una densidad del 1.30 g/cm³ a 1.45 g/cm³, mientras que la concentración del carbón activado está en orden de 20g/L a 30g/L (Habashi, 1997).

2.2.5.4. Granulometría o tamaño.

La liberación del mineral debe ser lo suficientemente fina que permita liberar el oro y plata que se encuentran asociados a otros minerales, la finalidad es liberar y un tamaño adecuado que pueden estar en suspensión durante la cianuración por agitación mecánica, esta liberación podrías estar menor a la malla 65, con una dilución de 2.5 (Arrau, 2006). Otros trabajos en la realidad por el agotamiento de las reservas de alta ley, por lo que el oro se encuentra en una granulometría más fina por ello es necesario que se debe realizar una liberación del 80% pasante a la malla 200. La disolución de oro de acuerdo los estudios realizados son de 3.25mg/cm²/horas con ello, para una granulometría de oro del orden de 44 micrones tarde 14 horas, mientras que de 140 micrones tarda 44 horas en disolver el oro (Mendez, 2009).

2.2.5.5. Concentración de Oxígeno.

En la cianuración de los minerales de oro y plata, se requiere la presencia del oxígeno y sin ello no puede ocurrir la disolución de oro y plata, para ello es necesario introducir a la pulpa de lixiviación dinámica por medio de agitación, inyección forzada tanto de aire u oxígeno puro, para que exista una adecuada cianuración debe tener una concentración de oxígeno en un nivel de saturación de concentración de 8.2 mg/L, con lo permite tener una adecuada cianuración a una temperatura de 25°C (Mardden & Lain, 2006). Por otra parte, en pruebas realizados a nivel

experimental con presencia de oxígeno, “la rapidez cambia de 0.04 mg/m²/hora son oxígeno a 2.36 mg/m²/hora teniendo un 99.5% de oxígeno requerido” (Mendez, 2009, pág. 45)

2.2.5.6. Constituyente de la Mineralogía.

Los minerales que, constituido la mineralogía del yacimiento a procesar, es necesario su identificación para una cianuración adecuado, por lo que, estos minerales en el proceso van a consumir la cianuración como el cobre, plomo, hierro, zinc, etc. De igual manera los sulfuros también tienen tiende a consumir, junto a los carbonatos, y telurios (Stanley, 2000).

2.3. Definiciones conceptuales.

- a) Granulometría: Es el tamaño de un mineral expresado en micrones, en el caso de la cianuración por agitación debe estar en un orden del 80% por ciento pasante a 75 micrones.
- b) Cianuración: Es el proceso por el cual se extrae el oro y la plata a partir de los minerales empleando el cianuro de sodio como medio extractor en un medio acuoso.
- c) Recuperación: Es la expresión que se usa para relacionar lo que se obtiene en relación a lo que se tiene en un inicio, antes del proceso, expresado en porcentaje.
- d) Concentración: Es la relación matemática de un elemento o un compuesto en relación al masa o volumen total es decir podrías estar representada g/t, g/L, mg/L, mg/m³, etc.
- e) Ley de cabeza: Es la concentración del oro en el mineral que ingresa al proceso expresado en gramos por tonelada u onzas por tonelada corta.
- f) Oxígeno: “Es el elemento químico gaseoso, incoloro, inodoro e insípido, abundante en la corteza terrestre, en la atmósfera y los océanos, que es imprescindible para la vida” (Significado, 2017).
- g) Carbón activado: Es el carbón producido a partir de cascara de coco y su activación térmica o química para abrir la micro y macro porosidad, que lo da la propiedad de adsorción.
- h) Pulpa: Es el termino usado donde intervienen el sólido y el líquido es nuestro caso el mineral y el agua.
- i) Influencia: “La influencia es la acción y efecto de influir. Este verbo se refiere a los efectos que una cosa produce sobre otro” (Pérez & Gardey, 2009).
- j) Extracción: Es el mecanismo de transferencia de elementos solidos a estado iónico en un medio acuso, mediante un agente que permite la disolución de oro metálico con el cianuro de sodio para producir el cianuro áurico.

- k) Inyección: Es la introducción del aire por medio de una tubería a la pulpa en agitación que se encuentran en el tanque de cianuración.
- l) Solución: “Se denomina solución o disolución química a una mezcla homogénea de dos o más sustancias químicas puras. Una disolución puede ocurrir a nivel molecular o iónico y no constituye una reacción química” (Raffino, 2021).

2.4. Hipótesis de la Investigación.

2.4.1. Hipótesis General

La influencia del oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa, permitirá una extracción de oro.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a) El efecto de la ley de cabeza en el proceso de cianuración con presencia del oxígeno, permitirá tener una concentración de oro y una recuperación adecuada.
- b) La inyección de oxígeno en el proceso de cianuración, nos permitirá tener una concentración de oro en la solución y una recuperación.
- c) La granulometría del mineral en la cianuración, permitirá una recuperación y concentración de oro en la solución.

2.5. Operacionalización de Variables e Indicadores.

En el estudio “Influencia del oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa para la extracción de oro”, la operacionalización de las variables se describe en la tabla 1.

Tabla 1

Operacionalización de las variables de estudio

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador
Independiente			
Influencia de oxígeno	En el proceso de la reacción química, en donde oro y el cianuro en un medio acuoso, para formar un complejo de cianuro áurico debe intervenir el oxígeno de lo contrario no ocurre la reacción.	Inconstantes	- Ley cabeza - Oxígeno - Granulometría
Dependiente			
Extracción de oro	Es el proceso por el cual el oro es extraído desde el mineral que son transferido a la solución en iones complejos cianuros áuricos.	Medida	- Recuperación - Concentración g/m ³ .
Intervinientes			
Componentes interviene en el proceso.	Son aquellas variables que intervienen en el proceso que no son evaluados en el estudio.	Factores intervinientes	- Carbón activado. - Densidad de pulpa. - Tiempo. - Cianuro de sodio. - Agitación.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Tipo de Investigación.

El tipo de investigación es aplicada ya que la investigación se realizará en un proceso industrial, en el tanque de cianuración donde se realiza las recopilaciones de la información e ingreso y salida de acuerdo los objetivos de estudio (Diaz, 2010).

3.1.2. Nivel de Investigación.

El nivel de investigación en el presenta trabajo a realizar será explicativo ya que el estudio tiene una relación causa efecto, como la inyección del oxígeno en el aire al tanque de cianuración, como influye en la disolución del oro (Palella & Martins, 2012).

3.1.3. Diseño de la Investigación.

El presente estudio tendrá un diseño preexperimental ya que solo se realizará una inyección de aire con un control de oxígeno a los tanques de cianuración ara ver el efecto en la extracción del oro en el proceso (Diaz, 2010).

3.1.4. Enfoque de la Investigación.

El presente estudio tiene un enfoque mixto, ya que la información a recopilar y a procesar serán cuantitativas y cualitativas (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), la información recopilada de los tanques de cianuración al ingreso la ley de cabeza, inyección de aire, luego en la salida la solución y los minerales serán analizadas y cuantificas.

3.2. Población y Muestra.

3.2.1. Población de la Investigación.

La población estará integrada por el mineral que ingresa al proceso de cianuración en la planta de cianuración de la Compañía Minera Corire SAC., en circuito de cianuración conformado por los tanques de cianuración.

3.2.2. Muestra de la Investigación.

Las muestras para el análisis se tomarán de los tanques de cianuración con un intervalo de dos horas durante las dos guardas, tanto para el análisis de la solución, mineral, con muestreador mecánico aproximadamente de 500 ml, para la pulpa y de 500 gramos para las muestras del mineral, y mediante un flujo metro para la inyección de aire para medir la concentración del oxígeno.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas a emplear.

En el presente trabajo se empleará la técnica de observación ya que la información a recopilar se realizará de un proceso, es decir de un “proceso sistemático de obtención recopilación y registro de datos empíricos de un objetivo, un suceso, un acontecimiento (...) con el propósito de procesarlo y convertirlo en información” (Díaz, 2010, pág. 282).

3.3.2. Descripción de los instrumentos.

Los instrumentos empelados para el estudio, en medio observable se emplearán equipos de formación, mientras que para la recopilación de la información se empleara la lista de cotejo por su naturaleza de la investigación (Díaz, 2010).

3.4. Técnicas para el procesamiento de la información.

Las técnicas para el procesamiento de datos se utilizarán la como herramienta estadística, con el cual se realizará el procesamiento, para hallar con ello el promedio, la varianza estándar, proyección, análisis e varianza, etc. (Silvetre & Huaman, 2019). Con la finalidad de contrastar la hipótesis. Por otra parte, se emplea el procesamiento de texto para redactar el contenido de la información. Entre los paquetes que se pretende a usar se tiene pensado el minitab 19, Word, pdf, Excel.

3.5. Matriz de Consistencia.

Título: “Influencia del oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa para la extracción de oro”

Autor: Brayan, Gonzales Salazar y Miker Ethel, Bravo Jara

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Metodología
Generales	- ¿Tendrá influencia el oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa en la extracción de oro?	- Evaluar la influencia del oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa en la extracción de oro.	- La influencia el oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa, permitirá una extracción de oro.	<u>Independiente</u> • Influencia del oxígeno	Inconstante	<u>Tipo de investigación:</u> aplicada
				<u>Dependiente.</u> <u>Extracción del oro</u>	Medida	<u>Nivel de Investigación:</u> explicativo
Específico	- ¿Tendrá efecto la ley de cabeza en el proceso de cianuración con la presencia del oxígeno, permitirá tener una concentración de oro y una recuperación adecuada?	- Evaluar el efecto la ley de cabeza en el proceso de cianuración con la presencia del oxígeno, que nos permitirá tener una concentración de oro y una recuperación adecuada.	- El efecto la ley de cabeza en el proceso de cianuración con presencia del oxígeno, permitirá tener una concentración de oro y una recuperación adecuada.	<u>Independiente</u> - Ley de cabeza	Inconstante	<u>Diseño de Investigación:</u> preexperimental
				<u>Dependiente.</u> - Recuperación de oro	Medida	<u>Enfoque de Investigación:</u> mixto
	- ¿En qué medida la inyección de oxígeno en el proceso de cianuración, permitirá tener una concentración de oro en la solución y una recuperación?	- Evaluar la inyección de oxígeno en el proceso de cianuración, que permitirá tener una concentración de oro en la solución y una recuperación.	- La inyección de oxígeno en el proceso de cianuración, nos permitirá tener una concentración de oro en la solución y una recuperación.	<u>Independiente</u> - Oxígeno	Inconstante	<u>Población Muestra:</u> Flujo del proceso de cianuración -pulpa de mineral
				<u>Dependiente.</u> - Concentración de oro	Medida	<u>Técnica Recolección Datos:</u> observación
	- ¿Cómo afecta la granulometría del mineral en la cianuración, respecto a la recuperación y concentración de oro en la solución?	- Evaluar el afecta la granulometría del mineral en la cianuración, respecto a la recuperación y concentración de oro en la solución.	- La granulometría del mineral en la cianuración, permitirá una recuperación y concentración de oro en la solución	<u>Independiente</u> - Granulometría	Inconstante	<u>Técnica Procesamiento Información:</u> Estadístico
				<u>Dependiente.</u> - Recuperación	Medida	

CAPITULO IV

RECURSOS Y CRONOGRAMA

4.1. Análisis de Resultados.

4.1.1. Condiciones de Trabajo.

En el proceso de lixiviación de minerales auríferos por cianuración se realizaron con las siguientes condiciones.

Tabla 2

Condiciones de trabajo

Sólidos (mineral) =	43.21	%
Densidad de pulpa=	1.35	t/m ³
Densidad de minera =	2.5	t/m ³
Fuerza de cianuro de sodio	300	ppm
Dilución =	1.31	
Mineral=	100	t
Agua=	131.43	m ³
Inyección de oxígeno	x	mg/L

En la tabla 2 el porcentaje de sólido es de 43.21%, con una densidad de pulpa de 1.35 t/m³, densidad de mineral 2.5 t/m³, dilución 1.31, mineral 100 t, agua 131.43 m³, la inyección de oxígeno son variado mg/L.

4.1.2. Análisis de Malla Valorada.

Tabla 3

Análisis de Malla valorada Au(g/t) 1

Malla N°	Abertura (μm)	Peso g	f(x)	G(x)	F(x)	ley de Au (g/t)	contenido de finos g(Au)	Distribución %(Au)
140	106	14.547	1.45	1.45	98.55	0.388	0.000006	0.35
200	74	33.425	3.34	4.80	95.20	0.485	0.000016	1.01
325	43	99.512	9.95	14.75	85.25	1.94	0.000193	12.06
400	37	49.707	4.97	19.72	80.28	2.813	0.000140	8.74
-400	-	802.809	80.28	100	0.00	1.552	0.001246	77.84
Cab. Cal.		1000	100			1.601	0.001601	100.00
Cab. Analizada						3.970		

En la tabla 2 el análisis valorado en la malla 140 se tiene un retenido de 1.45% con una ley de 0.388 g/t Au que tiene una distribución del 0.35% de oro; en la malla 200 el 4.80% es el retenido con una ley de 0.485 g/t de oro con una distribución del 1.01%, en la malla 325 se tiene retenido del 14.75% con una ley de 1.94g/t Au, con una distribución del 12.06%; en la malla 400 se tiene 19.72% retenido con 2.813 g/t Au con una distribución 8.74%; en la malla -400 se tiene el 80.28% con una ley de 1.552 g/t que representa el 77.84%, que representa una ley de cabeza de 1.601g/t de oro, con una ley de cabeza ensayada de 3.97 g/t de Au.

Tabla 4

Análisis de Malla valorada Au(g/t) 2

Malla	Abertura	Peso g	f(x)	G(x)	F(x)	Ley de	Contenido	Distribución
N°	(μm)					Au (g/t)	g(Au)	%(Au)
140	106	14.8	1.48	1.48	98.52	1.089	0.000016	0.76
200	74	31.5	3.15	4.63	95.37	0.679	0.000021	1.01
325	43	76.4	7.64	12.27	87.73	2.134	0.000163	7.72
400	37	50.2	5.02	17.29	82.71	2.910	0.000146	6.92
-400	-	827.1	82.71	100	0.00	2.134	0.001765	83.59
Cab. Cal.		1000	100			2.132	0.002112	100.00
Cab. Analizada						4.100		

En la tabla 3 el análisis valorado en la malla 140 se tiene un retenido de 1.48% con una ley de 1.089 g/t Au que tiene una distribución del 0.76% de oro; en la malla 200 el 4.63% es el retenido con una ley de 0.679 g/t de oro con una distribución del 1.01%, en la malla 325 se tiene retenido del 12.27% con una ley de 2.134g/t Au, con una distribución del 7.72%; en la malla 400 se tiene 17.29% retenido con 2.91 g/t Au con una distribución 6.92%; en la malla -400 se tiene el 80.71% con una ley de 2.134 g/t que representa el 83.59%, que representa una ley de cabeza de 2.132g/t de oro, con una ley de cabeza ensayada de 4.10 g/t de Au.

4.1.3. Presencia del oro pasante y retenido en la malla 325.

En proceso de liberación de liberación de minerales en función del tiempo, considerando como retenido y pasante a la malla 325, se describe en la tabla 4.

Tabla 5

Presencia de oro retenido y pasante a la malla 325

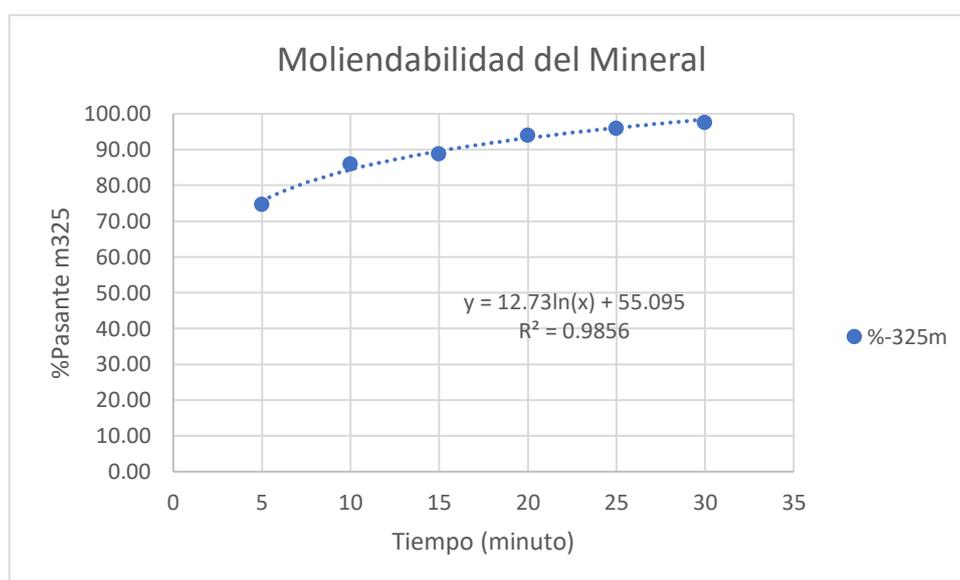
Tiempo	Malla- Peso (g)		Malla-% Distribución mineral		Malla - g/t (Au)		Malla - % Distribución (Au)	
	325	-325	325	-325	325	-325	325	-325
5	38.5	113.69	25.30	74.70	6.336	4.947	30.25	69.75
10	21.86	134.44	13.99	86.01	5.643	5.049	15.38	84.62
15	13.38	106.41	11.17	88.83	8.91	5.247	17.60	82.40
20	7.66	121.94	5.91	94.09	5.643	5.148	6.44	93.56
25	5.99	142.14	4.04	95.96	5.643	4.95	4.58	95.42
30	3.03	126.82	2.33	97.67	5.693	4.752	2.78	97.22

De la tabla 4 en un tiempo de 5 minutos se tiene 25.30% retenido en la malla 325 y el 74.70% pasante a la malla 325 en lo que el 30.25% del oro se encuentra retenido mientras que el 69.75% pasante a la malla 325. Para un tiempo de 10 minutos se tiene 13.99% retenido en la malla 325 y el 86.01% pasante a la malla 325 en lo que el 15.38% del oro se encuentra retenido mientras que el 84.62% pasante a la malla 325. Mientras que para un tiempo de 15 minutos se tiene 11.17% retenido en la malla 325 y el 88.83% pasante a la malla 325 en lo que el 17.60% del oro se encuentra retenido mientras que el 82.40% pasante a la malla 325. En un tiempo de 20 minutos se tiene 5.91% retenido en la malla 325 y el 94.09% pasante a la malla 325 en lo que el 6.44% del oro se encuentra retenido mientras que el 93.56% pasante a la malla 325. Por otra

parte, en 25 minutos se tiene 4.04% retenido en la malla 325 y el 95.96% pasante a la malla 325 en lo que el 4.58% del oro se encuentra retenido mientras que el 95.42% pasante a la malla 325. Mientras que para un tiempo de 30 minutos se tiene 2.33% retenido en la malla 325 y el 97.67% pasante a la malla 325 en lo que el 2.78% del oro se encuentra retenido mientras que el 97.22% pasante a la malla 325.

Figura 2

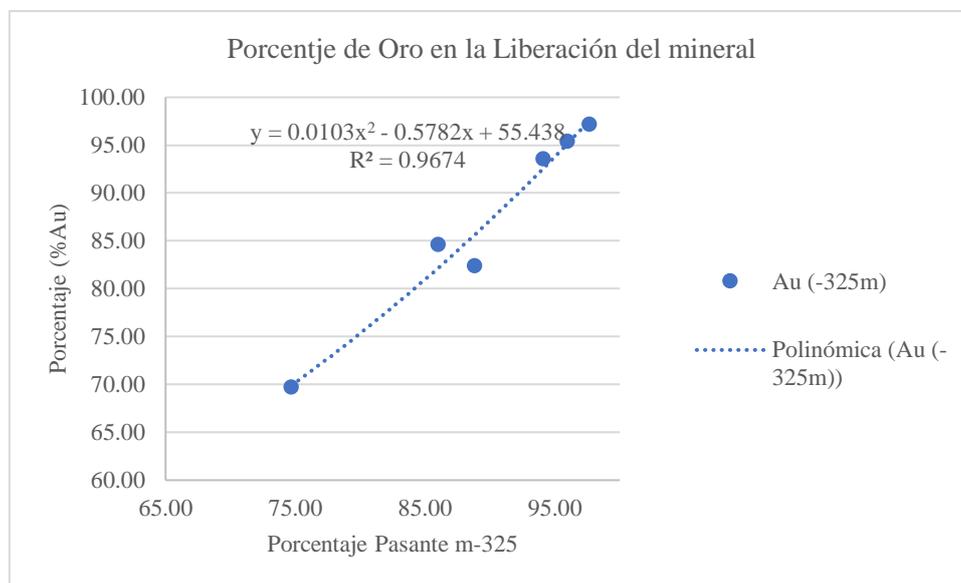
Curva de liberación de mineral vs tiempo



En la figura 2 la liberación del mineral en función del tiempo crece pasante a la malla 325 que está representado a la ecuación $Y (\% \text{pasante } -325\text{m}) = 12.73\ln t(\text{minutos}) + 55.095$, con un $R^2=0.9856$ ($r=0.9928$).

Figura 3

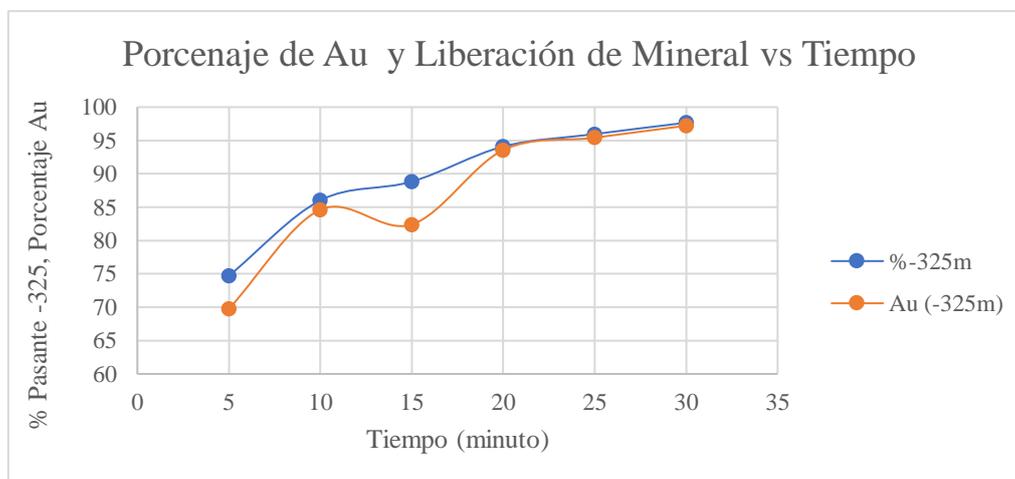
Curva de porcentaje de oro vs liberación -325m



En la figura 3 la curva de porcentaje de oro aumenta a medida que aumenta el porcentaje de liberación de mineral pasante por la malla 325, que está representada por la relación matemática, $Y(\% \text{Au}) = 0.0103t(\text{minutos})^2 - 0.5782t(\text{minutos}) + 55.438$, coeficiente de correlacional $R^2 = 0.9674$ ($r=0.9836$).

Figura 4

Curva de porcentaje de oro y liberación vs tiempo



En la figura 4 la curva de liberación pasante a la malla 325 aumenta en función al tiempo de molienda del mineral, la presencia del oro aumenta a medida que aumenta la liberación en el tiempo.

4.1.4. Recuperación del oro antes de los cambios.

El comportamiento del oro en la ley de cabeza, solución y la recuperación antes de realizar los cambios en el proceso.

a) Cianuración de mineral de oro sin inyección de aire.

Tabla 6
Ley de oro en el mineral, solución y recuperación antes del cambio

Nº	Mineral (g/t)	Solución (g/m ³)	g (Au) Mineral	g(Au) Agua	%Recup.(Au)
1	2.352	2.208	235.20	185.37	78.81
2	2.016	1.862	201.60	156.32	77.54
3	2.016	1.960	201.60	164.55	81.62
4	2.300	2.200	230.00	184.70	80.30
5	1.300	0.600	130.00	50.37	38.75
6	2.700	1.900	270.00	159.51	59.08
7	2.300	2.000	230.00	167.91	73.00
8	1.500	1.411	150.00	118.49	79.00
9	1.400	1.300	140.00	109.14	77.96
10	1.700	1.600	170.00	134.33	79.02
11	1.600	1.400	160.00	117.54	73.46
12	1.700	1.500	170.00	125.93	74.08
13	1.600	1.500	160.00	125.93	78.71
14	1.400	1.300	140.00	109.14	77.96
15	1.705	1.700	170.50	142.72	83.71
Total	1.839	1.629	2758.90	2051.96	74.38
Max	2.70	2.21	270.00	185.37	83.71
Promedio	1.84	1.63	183.93	136.80	74.20
Min	1.30	0.60	130.00	50.37	38.75

En la tabla 6 la ley de oro se tiene máximo de 2.8 g/t, promedio de 1.84 g/t, mínimo de 1.30 g/t. la ley de solución se tiene el oro máximo de 2.21 g/m³, promedio de 1.63 g/m³, mínimo de 0.60 g/m³, con una recuperación de oro máximo de 83.71%, promedio 74.20% y mínimo de 38.74% de recuperación. Las condiciones de trabajo se tiene una ley de cabeza de 1.839 g/t de oro, en la solución de 1.629 g/m³ de oro, que representa 2758.90 gramos de oro ingresante, extrayendo 2051.96 gramos de oro que representa el 74.38% de oro extraído del mineral y la diferencia queda en el relave.

b) Cianuración de mineral de oro con una inyección de aire de 4.39mg/L a 6.68 mg/L.

*Tabla 7
Inyección de oxígeno (4.39 -6.68 mg O₂/L) y recuperación de oro*

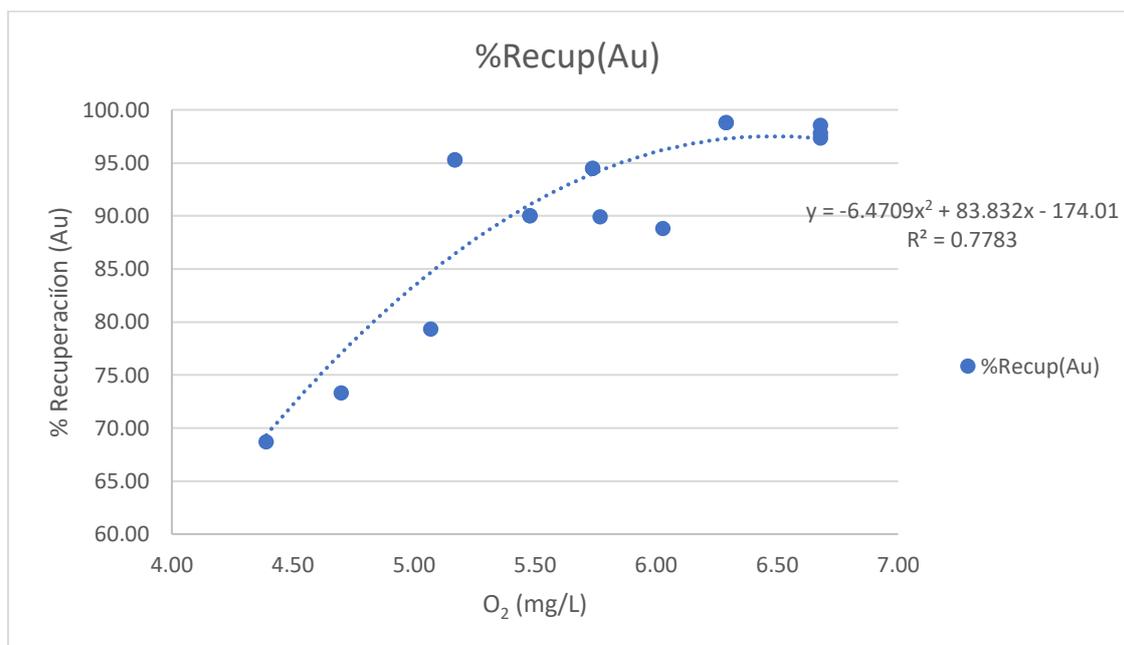
N°	O₂(mg/L)	%Recup(Au)
1	4.39	68.70
2	4.70	73.30
3	5.07	79.30
4	5.17	95.30
5	5.17	95.30
6	5.48	90.00
7	5.48	90.00
8	5.74	94.50
9	5.74	94.50
10	5.77	89.90
11	6.03	88.80
12	6.29	98.80
13	6.29	98.80
14	6.68	98.54
15	6.68	97.32
16	6.68	97.80

En la tabla 7 con una inyección mínima de oxígeno de 4.39 mg/L se tiene una recuperación de 68.70% de oro, mientras que con una inyección de 6.68 mg/L se tiene una recuperación de

98.80% de oro, en promedio se 5.74 mg/L de inyección de oxígeno se tiene 94.50% de recuperación de oro.

Figura 5

Curva de recuperación de oro vs inyección de oxígeno (4.39 -6.68 mg O₂/L)



En la figura 5 en la curva de porcentaje de extracción de oro por la inyección de oxígeno en mg/L tiene una tendencia creciente, que está representado por la relación matemática:

$R(\% \text{Au}) = -6.4709(\text{mg/L})^2 + 83.832(\text{mg/L}) - 174.01$, con un coeficiente de correlacional que tiene $R^2 = 0.7783$ ($r=0.8822$).

c) Cianuración de mineral de oro con una inyección de aire de 1.12mg/L a 7.30 mg/L.

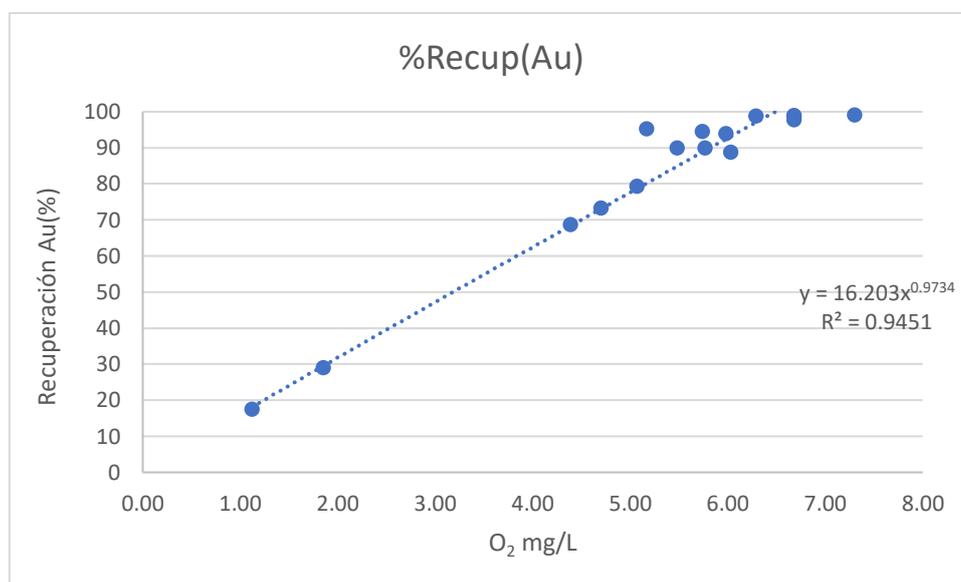
Tabla 8
Recuperación de oro en función de oxígeno (1.12 -7.30 mg O₂/L)

N°	O₂(mg/L)	%Recup(Au)
1	7.30	99.10
2	6.68	98.90
3	6.68	98.80
4	6.68	97.80
5	6.29	98.80
6	6.03	88.80
7	5.98	94.00
8	5.77	89.90
9	5.74	94.50
10	5.48	90.00
11	5.17	95.30
12	5.07	79.30
13	4.70	73.30
14	4.39	68.70
15	1.85	29.00
16	1.12	17.50

En la tabla 8 con una inyección mínima de oxígeno de 1.12 mg/L se tiene una recuperación de 17.50% de oro, mientras que con una inyección de 7.30 mg/L se tiene una recuperación de 99.10% de oro, en promedio se 5.48 mg/L de inyección de oxígeno se tiene 90.00% de recuperación de oro.

Tabla 9

Curva de recuperación de oro vs inyección de oxígeno (1.12 -7.30 mg O₂/L)



En la figura 6 en la curva de porcentaje de extracción de oro por la inyección de oxígeno en mg/L tiene una tendencia creciente, que está representado por la relación matemática:

$R(\% \text{Au}) = -16.203(\text{mg O}_2/\text{L})^{0.9734}$, con un coeficiente de correlacional que tiene $R^2 = 0.9451$ ($r=0.9722$).

4.2. Contrastación de Hipótesis.

4.2.1. Contrastación de Hipótesis General.

Hipótesis(i): La influencia el oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa, permitirá una extracción de oro.

Hipótesis (0): La influencia el oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa, no permitirá una extracción de oro.

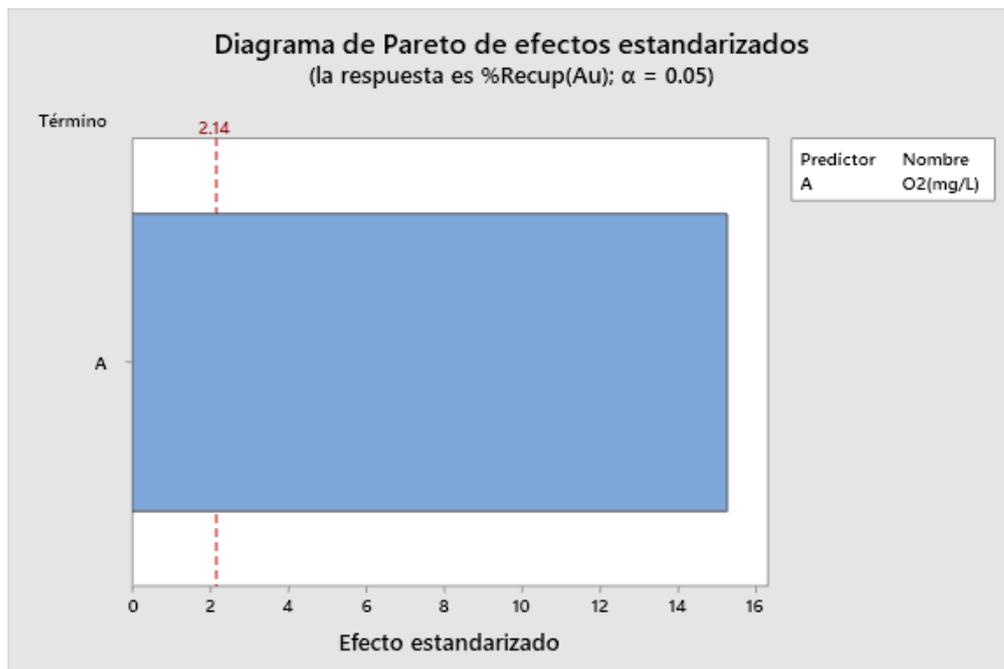
Tabla 10

Análisis de Varianza influencia del oxígeno en la recuperación del oro

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	8745.72	8745.72	233.15	0.000
O ₂ (mg/L)	1	8745.72	8745.72	233.15	0.000
Error	14	525.15	37.51		
Falta de ajuste	12	524.41	43.70	118.11	0.008
Error puro	2	0.74	0.37		
Total	15	9270.87			

En la tabla 10 el valor de p calculado de la inyección del oxígeno(O₂(mg/L)) en la recuperación del oro es 0.000 menos a 0.05.

Figura 6
Diagrama de Pareto en la recuperación del oro vs O_2 (mg/L)



En la figura 6 la inyección de oxígeno en la cianuración O_2 (mg/L) el valor de A es mayor a la línea representado por el valor 2.14.

En relación al análisis de varianza en la tabla 10 el valor de p calculado es menor a 0.05 y en la figura 6 el diagrama de Pareto el valor del bloque de A es mayor a 2.14. por lo que influye el oxígeno en la extracción del oro, por que predomina la hipótesis alternativa.

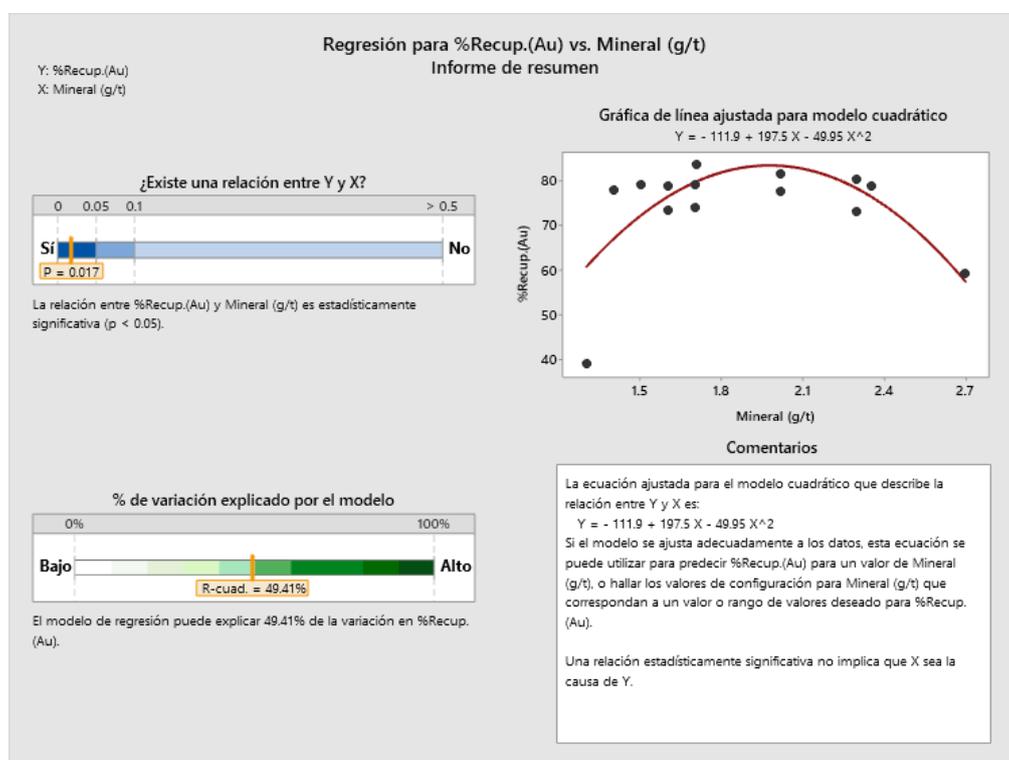
4.2.2. Contrastación de Hipótesis Específicos

a) Hipótesis (i): La ley de cabeza en el proceso de cianuración con presencia del oxígeno, permitirá tener una concentración de oro y una recuperación adecuada.

Hipótesis (o): La ley de cabeza en el proceso de cianuración con presencia del oxígeno, no permitirá tener una concentración de oro y una recuperación adecuada.

Figura 7

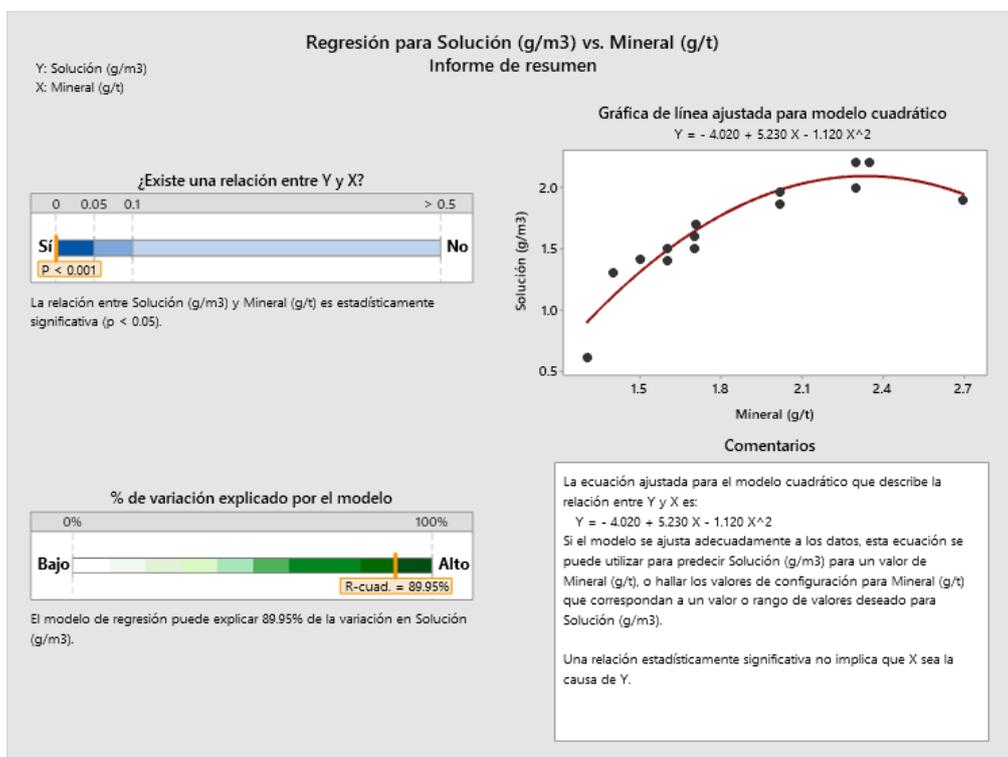
Recuperación de oro vs ley de cabeza del mineral Au(g/t)



En la figura 7 el valor calculado de p es 0.017 menor a 0.05 por lo que la relación entre la recuperación (%) de oro en relación a la ley de cabeza(g/t) es significativa estadísticamente.

Figura 8

Concentración de oro la solución $Au(g/m^3)$ vs ley de cabeza del mineral $Au(g/t)$



El valor calculado de p es 0.001 menor a 0.05 por lo que la relación entre el oro en la solución ($Au g/m^3$) en relación a la ley de cabeza(g/t) es significativa estadísticamente.

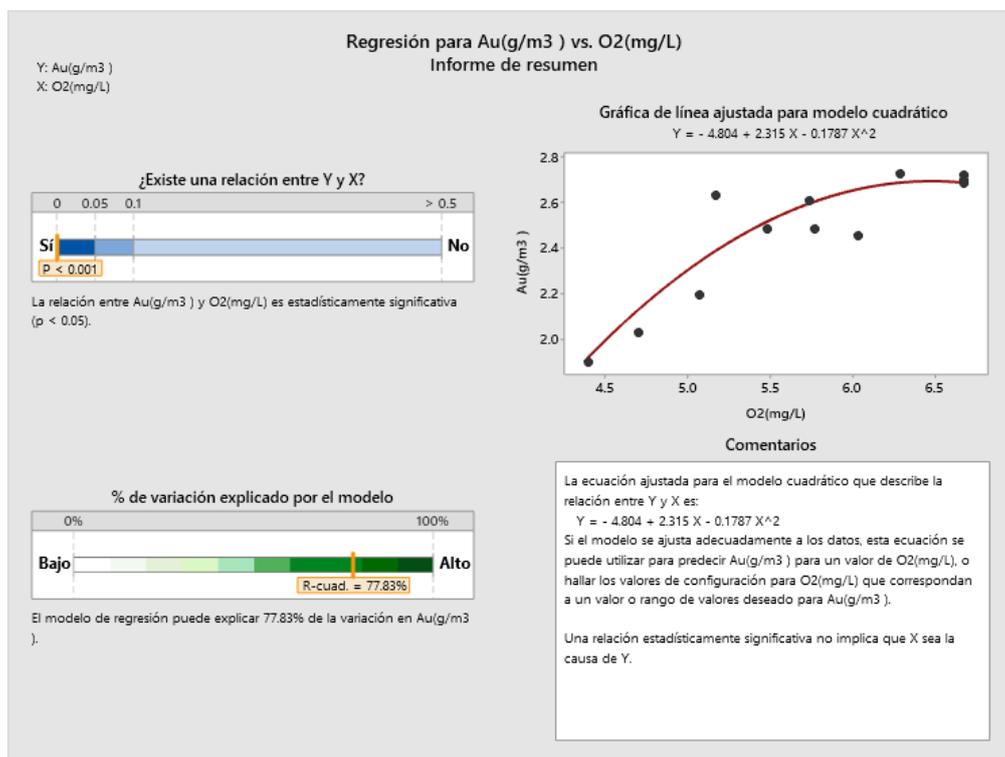
En relación de la figura 7y 8, el valor calculado de p es menor a 0.05 por lo que estadísticamente tiene influencia la ley de cabeza en la ley de solución del oro y en la recuperación del oro por lo que, la hipótesis alternativa predetermina.

b) Hipótesis (i): La inyección de oxígeno en el proceso de cianuración, nos permitirá tener una concentración de oro en la solución y una recuperación.

Hipótesis (o): La inyección de oxígeno en el proceso de cianuración, no permitirá tener una concentración de oro en la solución y una recuperación.

Figura 9

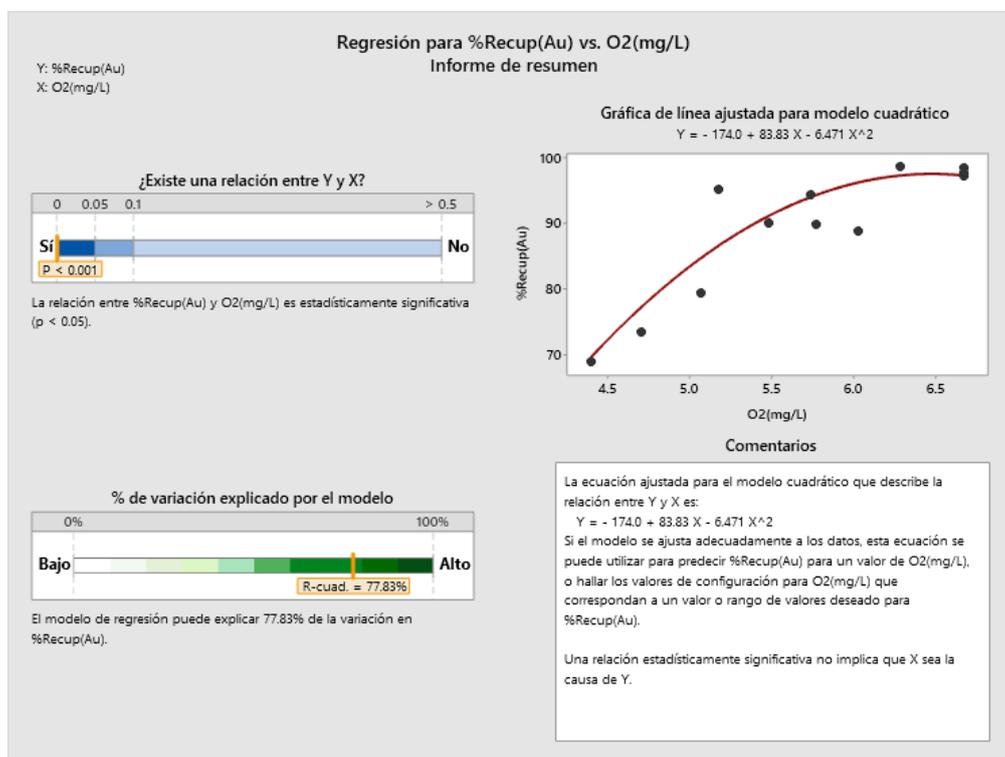
Concentración de oro en la solución $Au(g/m^3)$ vs Inyección de oxígeno $O_2(mg/L)$



En la figura 9 el valor calculado de p es 0.001 menor a 0.05 por lo que la relación entre la solución ($Au g/m^3$) en relación a la inyección de oxígeno ($O_2 mg/L$) es significativa estadísticamente.

Figura 10

Recuperación de Au (%) vs Inyección de oxígeno O₂(mg/L)



En la tabla 10 el valor calculado de p es 0.001 menor a 0.05 por lo que la relación de la inyección del oxígeno (O₂ mg/L) en la cianuración en relación a la recuperación del oro es significativa estadísticamente.

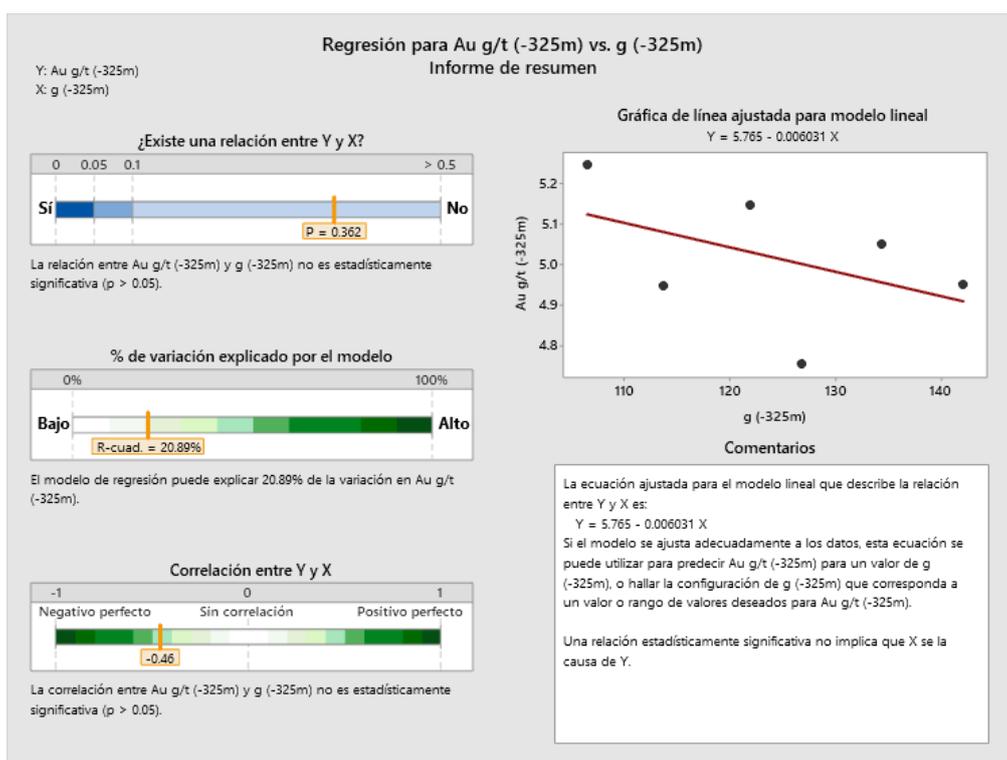
En relación de la figura 9 y 10, el valor calculado de p es menor a 0.05 por lo que estadísticamente tiene influencia el oxígeno (O₂ mg/L) en la ley de solución del oro y en la recuperación del oro por lo que, la hipótesis alternativa predetermina.

c) Hipótesis (i): La granulometría del mineral en la cianuración, permitirá una recuperación y concentración de oro en la solución.

Hipótesis (o): La granulometría del mineral en la cianuración, no permitirá una recuperación y concentración de oro en la solución.

Figura 11

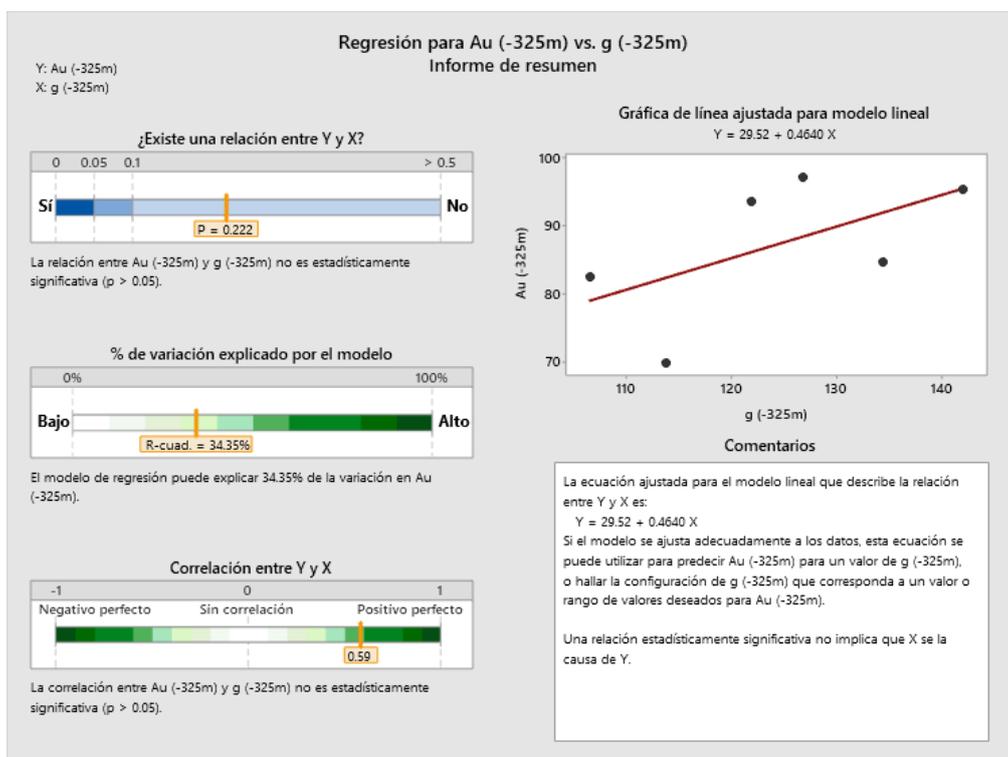
Concentración de oro Au(g/t) vs porcentaje liberación m-325



En la figura 11 el valor calculado de p es 0.362 mayor a 0.05 por lo que la relación entre liberación del mineral m-325 en relación a la ley de Au(g/t) no es significativa estadísticamente.

Figura 12

Recuperación de oro Au (%) vs porcentaje liberación m-325



En la figura 12 el valor calculado de p es 0.222 mayor a 0.05 por lo que la relación entre liberación del mineral m-325 en relación a recuperación de Au (%) no es significativa estadísticamente.

En relación de la figura 11 y 12, el valor calculado de p es mayor a 0.05 por lo que estadísticamente no tiene influencia en la ley y recuperación del oro en relación a la liberación de mineral pasante a la m-325, por lo que la hipótesis nula predetermina.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1. Discusión de Resultados

En el trabajo de investigación “Influencia del oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa para la extracción de oro”, se trabajó con una densidad de pulpa de 1.35 t/m³, fuerza de cianuro de sodio 300 ppm, inyección de aire mg/l, ley de cabeza en un promedio de 3.97 a 4.10 g/t de oro.

En las pruebas de molienda y análisis valorada pasante a la malla 400m entre 80.28% a 82.71% la presencia del oro esta entre el 77.84-83.59%. En las pruebas de molienda pasante a la malla 325m en un tiempo de 5 minutos se tiene una liberación de 74.70% pasante a la malla 325m, el oro se encuentra 69.75%, mientras que en 30 minutos de molienda el 97.67% del mineral pasa a la malla 325m y la presencia del oro es el 97.22%. De acuerdo la figura 4 a medida que se aumenta la liberación también aumenta la presencia del oro es decir se tiene oro fino, es necesario una liberación para poder realizar una liberación optima.

La recuperación del oro sin inyección de oxígeno a los tanques de cianuración para una ley de cabeza entre 1.3 a 2.7 g/t de oro se tiene una extracción de oro 0.60 a 2.21 g/m³, lo que presente el 38.75% a 83.71% de recuperación. Cuando se inyecta oxígeno a los tanques entre 4.39 -6.68 mg O₂/L se tiene una recuperación de 68.70% a 97.80% de oro. Mientras que con una inyección de oxígeno 1.12 -7.30 mg O₂/L se tiene una recuperación de 17.50 a 99.10% de recuperación de oro. A medida que se incrementa el oxígeno aumenta la recuperación del oro.

Se tiene que la inyección de aire y la ley de cabeza influyen en la recuperación de oro, mientras que la granulometría no influye, mientras que Huaraz (2018) concluye que la liberación, pH, oxígeno influye en la extracción del oro el oxígeno, mientras que el pH en la extracción del arsénico. Para Yana (2018) en su trabajo concluye que la fuerza de cianuro de sodio, tiempo, pH y granulometría tiene una alta influencia en la recuperación del oro. Por otra

parte, Aroquipa (2019) concluye que peróxido de hidrógeno como un agente oxidante influye en la extracción de oro.

Aquino (2019) concluye que el pH y la concentración del cianuro de sodio no afecta en la extracción del oro, mientras que el oxígeno incrementa la extracción. Huamaní, y otros (2019) concluye que la cianuración de minerales sulfurados empleando un agente oxidante como el nitrato de plomo tiene alto grado de extracción, seguido de una extracción con el empleo del oxígeno y sin uso de una oxidante menor extracción. Armela (2018) concluye que a un pH superior a 11 la fuerza del cianuro de sodio y el tiempo influye en la extracción del oro y la concentración del azufre influye negativamente.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

En el trabajo realizado sobre “Influencia del oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa para la extracción de oro” en merito a los resultados obtenidos se tiene las siguientes conclusiones:

El oxígeno en la extracción del oro tiene influencia significativa estadísticamente, ya que, en el análisis de varianza, el valor de p calculado es 0.000 menor a 0.05 y en el diagrama de Pareto el valor de A oxígeno O₂(mg/L) es mayor a 2.14.

La ley de cabeza de oro g/t tiene influencia significativa estadísticamente en la recuperación del oro ya que el valor calculado de p es 0.0017 menor a 0.05 y en la ley de la solución g/m³ el valor de p es 0.001 menor a 0.05.

La inyección de oxígeno O₂(mg/L) tiene influencia significativa estadísticamente en la concentración del oro en la solución de oro g/m³ ya que el valor de p calculado es 0.001 menor a 0.05 y en la recuperación (%) p calculado es 0.001 menor a 0.05.

El porcentaje liberación a la malla 325m no tiene influencia significativamente en la concentración del oro en la solución g/m³ el valor calculado de p 0.362 es mayor a 0.05 y en la *recuperación (%)* del oro el valor calculado de p 0.222 es mayor a 0.05.

6.2. Recomendaciones.

En relación de la investigación realizada sobre “Influencia del oxígeno en la cianuración de minerales auríferos con carbón en pulpa para la extracción de oro” se tiene las siguientes recomendaciones:

Realizar un estudio mineralógico para ver la composición de los minerales, en función a ellos tomar la decisión.

Realizar un estudio microscópico para ver el tamaño de las partículas de oro y la asociación, con que componentes se encuentran asociada o encapsulada.

Realizar una prueba usando un oxidantes con diferentes granulometrías para ver en que malla es la mejor recuperación del oro y el tiempo.

CAPÍTULO V II

FUENTES DE INFORMACION

7.1. Fuentes Bibliográficas

Aguilar Alvarado, B. D. (2021). Aplicación de pre-aireación en lixiviación con cianuro de sodio en el mineral de interés de la mina “Cristhian David”, Pasaje-El Oro. *Ingeniero en Minas*. Universidad del Azuay, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10715>

Aquino Aquino, P. D. (2019). Influencia de microburbujas de oxígeno en el proceso de cianuración en columnas para mejorar la recuperación de oro y plata en minera la zanja – Compañía de Minas Buenaventura. *Ingeniero Metalurgico*. Universidad Nacional de San Marcos, Lima. Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10543>

Armela Moreno, R. (2018). Influencia de parámetros tecnológicos en la extracción de oro en la mina “Oro Barita” Santiago de Cuba. *Ingeniería Metalurgia y Materiales*. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Mao. Obtenido de <http://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/1624>

Aroquipa Pacho, J. C. (2019). Optimización del proceso de cianuración mediante el uso de peróxido de hidrogeno en planta metalurgica Chala ONE S.A.C. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8455>

Arrau, J. (2006). *Manuel General de Minería y Metalurgia*. Santiago: Servicios de Impresión Laser S.A. Obtenido de www.portalminero.com

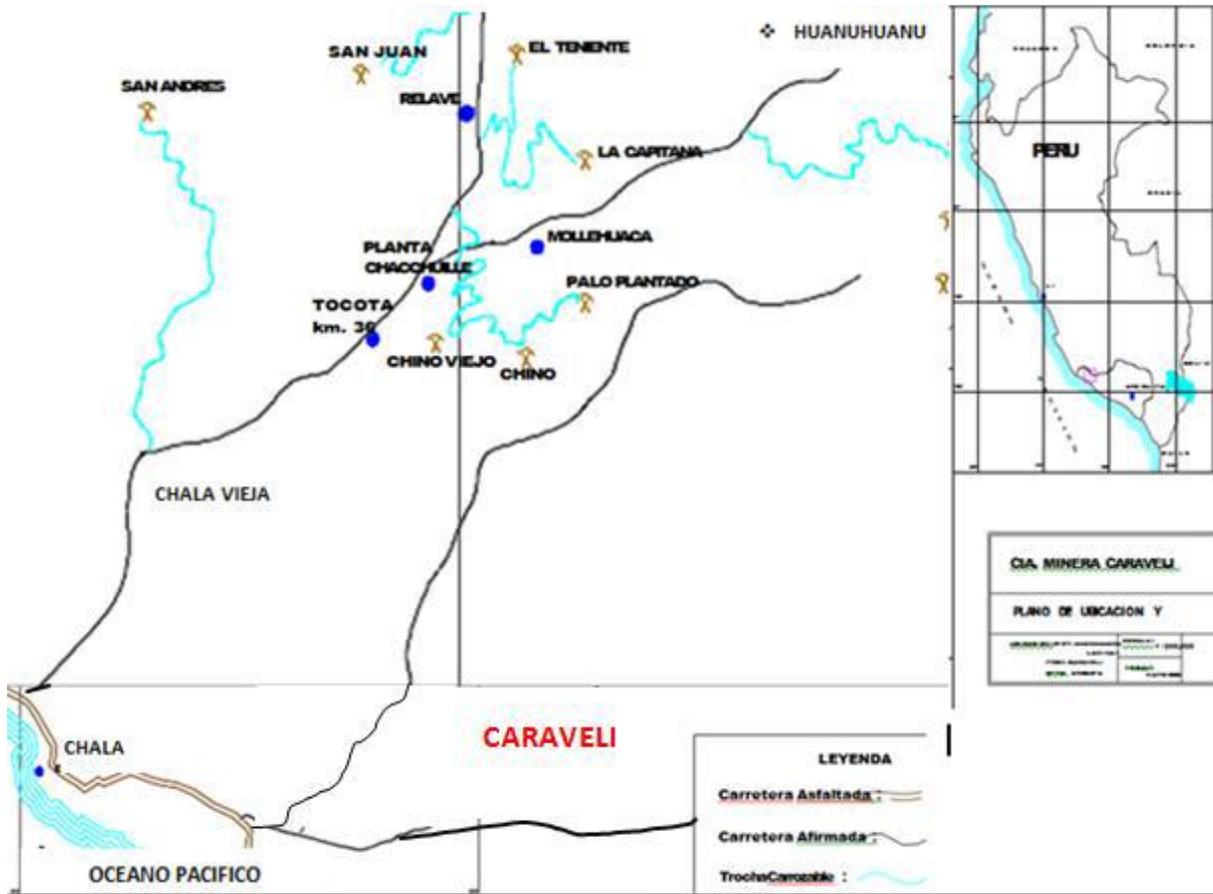
Ballester, A., Verdeja, L., & Sancho, J. (2000). *Metalurgia Extractiva*. Madrid: Editorial Síntesis.

- Del Carpio, G. (2018). “Estudio de la adsorción en la planta de cianuración CIP CORIRE - Caraveli S.A.C”. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6631/IMdevaga.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz, C. (2010). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.
- Domic, E. (2001). *Hidrometalurgia Fundamento, Procesos y Aplicación*. Santiago de Chile: Autor-Editor genérico.
- Flores Mamani, C. V. (2019). Estudio del proceso de cianuración de minerales auríferos para la recuperación de oro en el proyecto OROPESA, la Rinconada – Puno. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Puno. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13931/Flores_Mamani_Carlos_Victor.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Habashi, F. (1997). *Handbook of Extractive Metallurgy*. New York: Wiley VCH.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico DF: McCraw-Hill/Interamerica Editoriales S.A.
- Huamaní, R., Suero, A., Hau, L., Mamani, P., Huanca, P., Ascuña, V., . . . Vega, E. (2019). Contribución al conocimiento sobre la minimización del consumo de Cianuro en la minería del Oro; Sales oxidantes, Aireación y Sobremolienda para minerales Cianicidas. *Revista Boliviana de Química*, 190-197. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v36n5/v36n5_a01.pdf
- Huarza Huisa, J. I. (2018). “Estudio de mejoras y adecuamiento metalúrgico en la etapa de lixiviación para recuperar Oro y Plata del concentrado aurífero en la Empresa Minera Aurífera Retamas – Marsa”. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8395>

- Mardden, J., & Lain, C. (2006). *The Chemistry of Gold Extraction*. Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- Mendez, D. (2009). Procesos hidrometalúrgicos en la minería de oro, plata, cobre y uranio. *Ingeniero minero*. Universidad de Sonora, Sonora. Obtenido de <http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/handle/unison/3270?locale-attribute=es>
- Misari, F. (2010). *Metallurgia del Oro*. Lima: Editorial San Marcos.
- Palella, S., & Martins, F. (2012). *Metodología de investigación cuantitativa*. Caracas: FEDUPEL.
- Pérez, J., & Gardey, A. (2009). *Definiciones*. Obtenido de <https://definicion.de/influencia/>
- Raffino, M. (2021). *conceptos*. Obtenido de Solucion Química: <https://concepto.de/solucion-quimica/#ixzz6yeLXULxQ>
- Significado. (2017). *Significado*. Obtenido de Significado de Oxígeno: <https://www.significados.com/oxigeno/>
- Silvetre, I., & Huaman, C. (2019). *Pasos para eleborrar la investigación y la redacción de la tesis universitaria*. Lima: San Marcos.
- Stanley, G. (2000). *The Extractive Metallurgy of Gold in Soufd Africa*. Johannesburg: National Book Printers Goodwood.
- Yana Vilca, J. C. (2018). Optimización del proceso de cianuración de oro en la planta de la Joya Mining. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8732>
- Yannopoulos, J. (1991). *The Extractive Metallurgy of Gold*. New York: Van Nostrand Reinhold.

ANEXOS

Anexo 1 localización de la Compañía Minera CORIRE SAC



Distritos de la provincia de Caravelí



DESCRIPCION	Cantidad mg/L(O ₂)	% Recuperación (Au)
Over Flow (nido)		
tanque 1		
tanque 2		
tanque 3		
tanque 4		
tanque 5		
tanque 6		
tanque 7		
tanque 8		
tanque 9		
solución barren		

ANALISIS GRANULOMETRICO VALORADO TANQUE # X							
Malla N°	tamaño de partícula (micras)	Peso Reten (g)	peso corregido	% peso retenido	ley de Au (g/t)	contenido de finos	distribución %
140	106						
200	74						
325	43						
400	37						
-400	-						
CABEZA CALCULADA							
CABEZA ANALIZADA							

Anexo 3 Ley de cabeza y ley de solución sin oxígeno

FECHA	SOLIDOS	SOLUCION
	g/t	g/m ³
24/02/2020	2,208	2,352
25/02/2020	2,016	1,862
26/02/2020	2,016	1,960
27/02/2020	2,200	2,300
28/02/2020	1,300	1,900
29/02/2020	1,900	2,700
01/03/2020	2,000	2,300
02/03/2020	1,500	1,500
03/03/2020	1,300	1,400
04/03/2020	1,600	1,700
05/03/2020	1,600	1,400
06/03/2020	1,700	1,500
07/03/2020	1,600	1,500
08/03/2020	1,400	1,300
09/03/2020	1,705	1,700

Anexo 4 inyección de oxígeno (4.39-6.68 mg/L), ley de solución y recuperación

N°	O ₂ (mg/L)	%Recup(Au)	Au(g)	Au(g/m ³)
1	4.39	68.70	161.58	1.23
2	4.70	73.30	172.40	1.31
3	5.07	79.30	186.51	1.42
4	5.17	95.30	224.15	1.71
5	5.17	95.30	224.15	1.71
6	5.48	90.00	211.68	1.61
7	5.48	90.00	211.68	1.61
8	5.74	94.50	222.26	1.69
9	5.74	94.50	222.26	1.69
10	5.77	89.90	211.44	1.61
11	6.03	88.80	208.86	1.59
12	6.29	98.80	232.38	1.77
13	6.29	98.80	232.38	1.77
14	6.68	98.54	231.77	1.76
15	6.68	97.32	228.90	1.74
16	6.68	97.80	230.03	1.75
Max	6.68	98.80	232.38	1.77
Promedio	5.71	90.68	213.28	1.62
Min	4.39	68.70	161.58	1.23

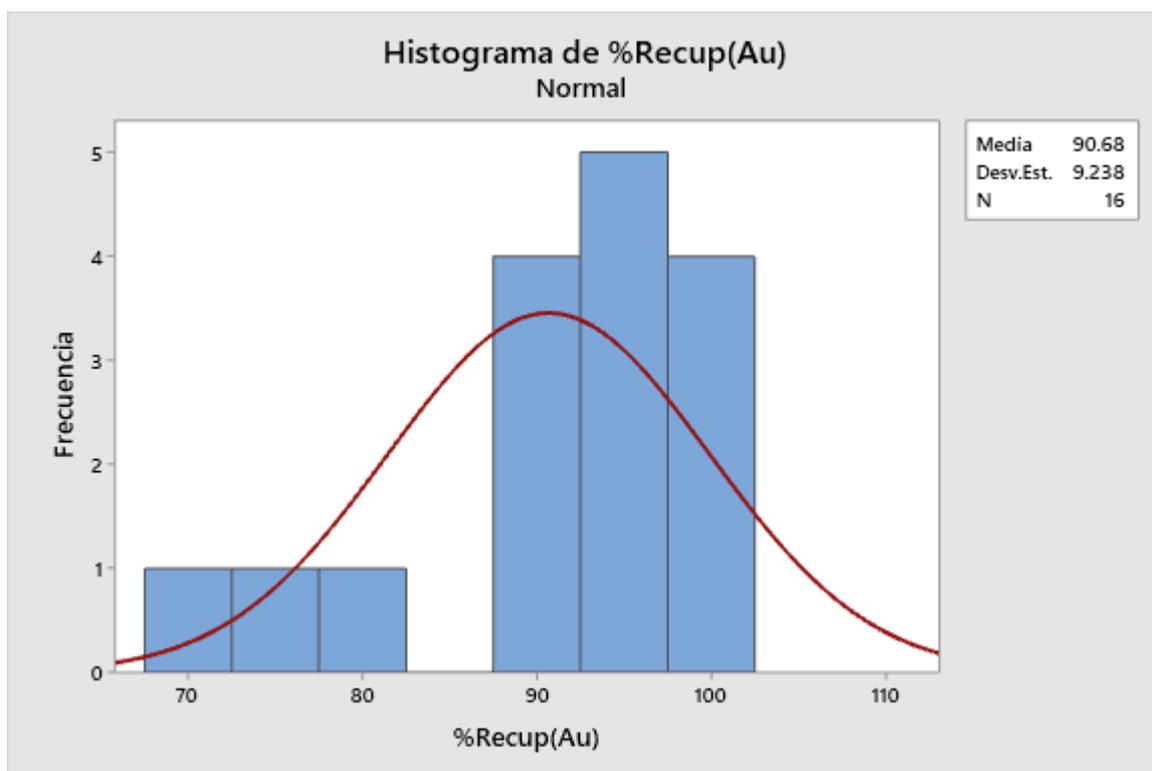
Anexo 5 inyección de oxígeno (1.12-7.30 mg/L), ley de solución y recuperación

N°	O ₂ (mg/L)	%Recup(Au)	Au(g)	Au(g/m ³)
1	7.30	99.10	233.0832	1.77
2	6.68	98.90	232.6128	1.77
3	6.68	98.80	232.3776	1.77
4	6.68	97.80	230.0256	1.75
5	6.29	98.80	232.3776	1.77
6	6.03	88.80	208.8576	1.59
7	5.98	94.00	221.088	1.68
8	5.77	89.90	211.4448	1.61
9	5.74	94.50	222.264	1.69
10	5.48	90.00	211.68	1.61
11	5.17	95.30	224.1456	1.71
12	5.07	79.30	186.5136	1.42
13	4.70	73.30	172.4016	1.31
14	4.39	68.70	161.5824	1.23
15	1.85	29.00	68.208	0.52
16	1.12	17.50	41.16	0.31
Max	7.30	99.10	233.08	1.77
Promedio	5.31	82.11	193.11	1.47
Min	1.12	17.50	41.16	0.31

Anexo 6 Liberación de mineral pasante m325 y ley de oro

Tiempo Minutos	Malla- Peso (g)		Malla-% Distribución mineral		Malla - g/t (Au)		Malla - %Distribución (Au)	
	g (+325m)	g (-325m)	%+325m	%-325m	Au g/t (+325m)	Au g/t (-325m)	Au (+325m)	Au (-325m)
5	38.5	113.69	25.30	74.70	6.336	4.95	30.25	69.75
10	21.86	134.44	13.99	86.01	5.643	5.05	15.38	84.62
15	13.38	106.41	11.17	88.83	8.91	5.25	17.60	82.40
20	7.66	121.94	5.91	94.09	5.643	5.15	6.44	93.56
25	5.99	142.14	4.04	95.96	5.643	4.95	4.58	95.42
30	3.03	126.82	2.33	97.67	5.693	4.75	2.78	97.22

Anexo 7 Histograma de la recuperación de oro



Anexo 8 Análisis de malla valorada

N°	Abertura (μm)	ley de Au (g/t)	Distribución %(Au)
140	106	0.388	0.35
200	74	0.485	1.01
325	43	1.94	12.06
400	37	2.813	8.74
-400	19	1.552	77.84