



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

**Evaluar tiempo óptimo de molienda en mineral oxidado del proceso lixiviación a nivel
laboratorio, Huacho – 2022**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico

Autores

Moises Abel Muñoz Juipa

Emerson Paul Obregon Veramendi

Asesor

Dr. Juan Manuel Ipanaque Roña

Huacho – Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Moises Abel Muñoz Juipa	74300581	20/02/2025
Emerson Paul Obregon Veramendi	73013084	20/02/2025
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Dr. Juan Manuel Ipanaque Roña	32952515	0000-0003-2695-9802
DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Dr. Edwin Guillermo Gálvez Torres	15592688	0000-0002-7421-4453
M(o). José Alonso Toledo Sosa	80302533	0000-0002-8278-1538
M(o). Jaime Imán Mendoza	40936175	0000-0001-6232-0884

Muñoz Juipa Moises Abel Obregon Veramendi Emer...

Evaluar tiempo óptimo de molienda en mineral oxidado del proceso lixiviación a nivel de laboratorio, Huacho - 2022

Quick Submit

Quick Submit

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3121498724

Fecha de entrega

23 dic 2024, 12:09 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

23 dic 2024, 1:40 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

MU_OZ_-_JUIPA.docx

Tamaño de archivo

3.2 MB

71 Páginas

10,432 Palabras

59,445 Caracteres



Página 1 of 75 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid:::1:3121498724



Página 2 of 75 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid:::1:3121498724

13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

10% Fuentes de Internet

2% Publicaciones

11% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Destino este proyecto de investigación a Dios, mi madre y aquellos quienes me acompañaron en el transcurso de toda mi formación.

Abel

Dedico y agradezco a Dios, ante todo, a mis Padres, por apoyarme en cada instante, confiaron en mi capacidad.

Paul

AGRADECIMIENTO

Profundo agradecimiento aquellas personas que
confiaron en nuestro desarrollo, familia, amigos y
docentes de nuestra casa de estudio.

Autores.

INDICE

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE TABLA	ix
ÍNDICE DE FIGURA	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
Capítulo I. Planteamiento del problema	15
1.1. Descripción de la realidad problemática	15
1.2. Formulación del problema	16
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas específicos	16
1.3. Objetivos de la investigación	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. Justificación en investigación	17
1.4.1. Justificación metodológica	17
1.4.2. Justificación científica	17
1.4.3. Justificación conceptual	17
1.4.4. Justificación social	17
1.4.5. Justificación económica	18
1.5. Delimitaciones estudio	18
Capítulo II. Marco teórico	19
2.1. Antecedentes de la investigación	19
2.1.1. Investigaciones internacionales	19
2.1.2. Investigaciones nacionales	20
2.2. Bases teóricas	22
2.3. Definición de términos básicas	33
2.4. Hipótesis de investigación	34
2.4.1. Hipótesis general	34
2.4.2. Hipótesis específica	34

2.5. Operacionalización de las variables.....	35
Capítulo III. Metodológico	36
3.1. Diseño metodológico.....	36
3.2. Población y muestra	37
3.2.1. Población.....	37
3.2.2. Muestra	37
3.3. Técnicas de recolección de informacion	37
3.4. Técnicas para el presamiento de la información	38
Capítulo IV. Resultados	39
4.1. Procedimientos.....	39
4.1.1.- Preparacion muestras	39
4.1.2.- Velocidad de molienda	42
4.2. Logros alcanzados: Tiempo de molienda	45
4.3. Análisis y simulaciones granulométricas.....	51
Capítulo V. Discusion.....	59
5.1. Discusión de resultados	59
Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones	60
6.1. Conclusion:.....	60
6.2. Recomendaciones.....	61
Capítulo VII. Referencias bibliográficas	62
ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Datos obtenidos de %malla (-200) en los diferentes tiempos de prueba.	35
Tabla 2. Resultado de la densidad de agua a diferentes pruebas.....	39
Tabla 3. Resultado de la densidad del mineral a diferentes pruebas.	41
Tabla 4. Resultado de la gravedad específica a diferentes pruebas.....	41
Tabla 5. Número de vueltas que da el molino.	42
Tabla 6. Análisis granulométrico en la molienda a 5 minutos.	45
Tabla 7. Análisis granulométrico en la molienda a 10 minutos.	46
Tabla 8. Análisis granulométrico en la molienda tiempo 15 minutos.....	47
Tabla 9. Análisis granulométrico en la molienda a 20 minutos.	48
Tabla 10. Datos obtenidos de %malla (-200) en los diferentes tiempos de prueba.	49
Tabla 11. Análisis granulométrico G – G – S en la molienda a 5 minutos.	51
Tabla 12. Constantes en los cálculos del análisis granulométrico G – G – S a 5 min..	51
Tabla 13. Análisis granulométrico G – G – S en la molienda a 10 minutos.	52
Tabla 14. Constantes para los cálculos del análisis granulométrico G – G – S a 10 minutos.	53
Tabla 15. Análisis granulométrico G – G – S en la molienda a 15 minutos.	54
Tabla 16. Evidenciamos las constantes en los cálculos del análisis granulométrico G – G – S a 15 minutos.	54
Tabla 17. Análisis granulométrico G – G – S en la molienda.....	55
Tabla 18. Evidencia las constantes en los cálculos del análisis granulométrico G – G – S a 20 minutos.	56
Tabla 19. Datos obtenidos de %malla (-200).	57
Tabla 20. % Ac corregido (-) de cada análisis granulométrico G – G – S.	59

Tabla 21. Matriz consistencia.....	71
---	-----------

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Peso del mineral a trabajar	23
Figura 2. Mineral proveniente de la mina.....	23
Figura 3. Homogenizado del mineral.....	24
Figura 4. Cuarteo para las muestras del mineral.....	25
Figura 5. Muestras con peso de 500g.....	25
Figura 6. Numero de vueltas que da el molino.....	43
Figura 7. Curva de análisis granulométrico en 5 min, en la molienda.....	45
Figura 8. Curva de análisis granulométrico en 10 min, en la molienda.....	46
Figura 9. Curva de análisis granulométrico en 15min, en la molienda.....	47
Figura 10. Curva de análisis granulométrico en 20 min, en la molienda.....	48
Figura 11. Curva de análisis granulométrico en varios minutos.....	49
Figura 12. Gráfico de moliendabilidad.....	50
Figura 13. Curva de análisis granulométrico G – G – S en 5min, en la molienda.....	52
Figura 14. Curva de análisis granulométrico G – G – S en 10 min en molienda.....	53
Figura 15. Curva de análisis granulométrico G – G – S en 15 minutos en la molienda.	55
Figura 16. Curva de análisis granulométrico G – G – S en 20 minutos en la molienda.	56
Figura 17. Curva de análisis granulométrico G – G – S en varios minutos.....	57
Figura 18. Gráfico de moliendabilidad G – G – S.....	58
Figura 19. Secuencia de orden en los tamices. Fuente: Laboratorio de la E.P.I.M.....	68

Figura 20. Mallas con diferentes MESH. Fuente: Laboratorio de la E.P.I.M. 69

RESUMEN

Según el objetivo de estudio: Evaluar el tiempo óptimo de molienda y proceso lixiviación en minerales oxidados a nivel de laboratorio. La **Metodología:** empleada es aplicado, enfoque cuantitativo, el diseño y nivel de investigación descriptivo - correlacional. **Hipótesis:** Se evaluó el tiempo óptimo de molienda y el proceso lixiviación para los minerales oxidados. **Población:** Estuvo constituido por mineral oxidado de la mina Tantahuatay - Cajamarca, y una muestra de 500 g., fue procesado en el laboratorio de Materiales. Técnicas en recolectar datos investigación: acopiar observación, fichas. Instrumentos aplicados, análisis de documentos. Hace uso en investigación del excel, e interpreta las tablas, gráficas, datos y encontrando **resultados** empleando la ecuación logarítmica $Y = 24.657\text{Ln}(x) - 25.37$ el valor coeficiente 0,9457 buena correlación de hipótesis, y **concluye:** la evaluación de las variables de tiempo óptimo de molienda y proceso de lixiviación en mineral oxidado, el indicativo de buen ajuste del modelo logarítmico, con 94.57% en variación de los datos, es decir modela con una regresión logarítmico.

Palabras Claves: Proceso lixiviación, tiempo óptimo, molienda y mineral oxidado.

ABSTRACT

According to the study objective: Evaluate the optimal grinding time and leaching process in oxidized minerals at the laboratory level. The Methodology: used is applied, quantitative approach, design and level of descriptive - correlational research. Hypothesis: The optimal grinding time and the leaching process for oxidized minerals were evaluated. Population: It was made up of oxidized mineral from the Tantahuatay - Cajamarca mine, and a sample of 500 g was processed in the Materials laboratory. Techniques in collecting research data: collecting observations, files. Applied instruments, document analysis. It makes use of Excel in research, and interprets tables, graphs, data and finding results through the logarithmic equation $Y = 24.657\ln(x) - 25.37$ with a coefficient value of 0.9457, there is a good proportional correlation of hypotheses, and it concludes: the evaluation of the variables of optimal grinding time and leaching process in oxidized mineral, the indicative of good fit of the logarithmic model, with 94.57% in variation of the data, that is, it models with a logarithmic regression.

Keywords: Leaching process, optimal time, grinding and oxidized mineral.

INTRODUCCIÓN

La investigación denominada: **“Evaluar tiempo óptimo de molienda en mineral oxidado del proceso lixiviación a nivel de laboratorio, huacho - 2022”**. Como actividad económica la minería, promoviendo desarrollo de las comunidades en dichos lugares. Optimiza el tiempo de molienda en minerales oxidados, a nivel laboratorio aplicando proceso de lixiviación desarrollado año 2022. El objetivo, optimizar parámetros y obtener buena recuperación oro en minerales oxidados a través de dichos procesos.

Dicho proceso de recuperación, la granulometría es sustancialmente importante, para obtenerlo, debemos calcular el tiempo óptimo de molienda, donde es parámetro fundamental permite liberar las partículas en tiempo correcto y una recuperación de oro 85 a 95%.

Se realizaron pruebas experimentales en “Centro Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales – UNJFSC”, Huacho. Es determinar el tiempo óptimo en molienda, permite liberar las partículas, asegurando recuperar oro encapsulado del mineral oxidado con el proceso lixiviación, obteniendo parámetros metalúrgicos ideales, con buen financiamiento podría aplicarse escala a nivel piloto o industrial.

Investigación se realizó: I capítulo, describimos la realidad problemática y formulando el problema. Capítulo II: marco teórico, antecedentes y teorías de variable independiente, dependiente y su operacionalidad e hipótesis. En siguiente capítulo III: marco metodológico, menciona diseño, población; técnicas recolectar información y procesar datos. Capítulo IV: resultado, son desarrollados estadísticamente con excel y contrastar la hipótesis; Capítulo V, analiza discusión en resultados y conclusiones y recomendaciones.

Capítulo I. Planteamiento del problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

Materia prima los minerales, usados a partir de la civilización y la energía por el hombre, mejorando condición y existencia, transformando las materias primas, usados en nuestra vida diaria.

Por estas épocas, la minería viene recuperándose enormemente en inversión internacional y américa, por sus recursos viene siendo beneficiadas por sus riquezas mineros. Nuestra patria, las inversiones para extraer los recursos, es fuente social de trabajo e ingresos económicos en las comunidades y la nación.

Al obtenerse naturalmente de los minerales, es llamado oro libre (nativo), y en menores proporciones aleadas oro-plata, telurios o diseminados en una solución sólida en sulfuros; también pueden existir estas fases como inclusiones en minerales: piritas auríferas, arsenopiritas, calcopirita, estibita. Mayormente el oro en estado nativo procede de los aluviales o placeres, por ejemplo, en el Perú de los ríos de Madre de Dios, encontrándose en forma de “Charpas”.

La influencia de otros componentes mineralógicos en la lixiviación, se usa el cobre, por su importancia económica en nuestro país. Mencionamos entre los minerales oxidados de mayor influencia la malaquita, la crisocola y atacamita; entre los minerales sulfurados secundarios la calcosina y la covelina, también se menciona la calcopirita y la bornita.

La lixiviación es un proceso químico, consiste en transferir la masa sólida - líquida con la disolución del contenido metálico del mineral, al pasar a una fase líquido acuoso.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será el tiempo óptimo de molienda en mineral oxidado del proceso lixiviación a nivel laboratorio, Huacho – 2022?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál serán las condiciones óptimas del tiempo de molienda y proceso lixiviación en mineral oxidado a nivel laboratorio, Huacho - 2022?
2. ¿De qué manera el tiempo óptimo incide en el proceso de lixiviación en minerales oxidados a nivel laboratorio, Huacho - 2022?
3. ¿Cómo se relacionan tiempo óptimo de molienda y proceso lixiviación en mineral oxidado a nivel de laboratorio, Huacho - 2022?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Estudiar tiempo óptimo de molienda y lixiviación en mineral oxidado a nivel laboratorio, Huacho – 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Estudiar condiciones óptimas del tiempo de molienda en el proceso lixiviación en mineral oxidado a nivel laboratorio, Huacho – 2022.
2. Identificar tiempos óptimos de molienda y proceso lixiviación en mineral oxidado a nivel laboratorio, 2022.
3. Demostrar como se relacionan tiempo óptimo de molienda y proceso de lixiviación en mineral oxidado a nivel laboratorio, Huacho - 2022.

1.4. Justificación en investigación

1.4.1. Justificación metodológico

Establecer tiempo óptimo de molienda a nivel laboratorio, determinando grado de liberación y granulometría necesaria, obteniendo partículas pequeñas y delgadas al recircular partículas gruesas de molienda requerida en planta de beneficio y pasar luego al proceso circuito de cianuración.

1.4.2. Justificación científica

Calculando tiempo óptimo obteniendo mejores resultados del proceso lixiviado, recurrimos a materiales de investigación científica, finalidad comparar resultados, determinar si el proceso realizado fue bien ejecutado. Adoptamos pruebas metalúrgicas en recuperaciones elevadas de oro, que oscila entre 80 y 85% general.

1.4.3. Justificación conceptual

En molienda, evaluando tiempo óptimo, se obtiene incremento en recuperar oro al lixiviar, elevando su eficiencia y cumpliendo las condiciones favorables de los ECAS en beneficios para la empresa, al reducir los costos.

1.4.4. Justificación social

En caso de ejecutarse a nivel piloto o industrial esta actividad minera, genera mayor expansión y crecimiento en las comunidades o pueblos aledaños, con requerimiento en mano de obra o afines, cumpliendo la Ley del Canon N.º 27506. De esta manera los resultados servirán para futuros investigadores, estudiantes y aquellos que ejecuten proyectos, sea de índole de mejora continua o similitud.

1.4.5. Justificación económica

Visto este punto; actividad minera influye sustancialmente en la economía peruana, aportando 14% del PBI generando un crecimiento potencial en esta actividad, aumentando los ingresos económicos de la Empresa o Planta de beneficio. La cual sus resultados en el proceso de lixiviación, aumenta la producción y rentabilidad.

1.5. Delimitaciones estudio

a) Delimitación temporal

Investigación actual, referente al proceso de lixiviación, a nivel laboratorio.

Delimitación espacial

Estudiantes de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica, comprendida la Región Lima Norte.

b) Delimitación cuantitativa

Según estudios es muestra probabilística.

c) Delimitación conceptual

Definiciones actuales a tener presente.

Capítulo II. Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Investigaciones internacionales

Munnier, C. (2019) investigación afirma, antes iniciar etapa molienda, se realiza pretratamiento térmico para mejor operación de conminución; reduciendo exponencialmente los recursos energéticos. Entonces:

A nivel laboratorio, se realiza pruebas a dos minerales originario del yacimiento del país Chile, analizar la temperatura y efecto presente en moliendabilidad de cada prueba; se determina reducciones del costo energético. La evaluación económica obtenida al efectuar molienda del mineral tratado; este ahorro de energía eléctrica no alcanza cubrir el costo del mineral; por este método no es factible. Por lo tanto, se aplicaría radiación solar directa siendo factible al uso libre de energía al comparar con la energía eléctrica. (pág. 52)

Santos, J. (2020) su trabajo menciona, los minerales provenientes de Atacama presencian un contenido variado en pirita, magnetita, calcopirita y concentración relevante en cobalto. Se realizó a escala laboratorio y:

Concluye al estudiar al cobalto, no hay vínculo con la magnetita y a pirita, más bien se encuentra unido dentro de los minerales de cobre calcopirita y apatito. Por tal, primero separar la magnética y a continuación lo recuperamos colectivamente a pH básico; se recomienda realizar un estudio mineralógico al concentrado de cobalto de alta ley aplicando técnica micro analítica y observar sus reacciones, confirmando la hipótesis planteada (pág. 94)

Soto, D. (2017) su investigación en La compañía minera Sierra Gorda, aplicó alternativas a uno de sus yacimientos, con dificultad a la hora realizar tratamiento; con intención de aumentar su producción; al concluir:

Al combinar las distintas cantidades másicas de UGMS, se desarrolla buen tratamiento de estos minerales, incrementa las recuperaciones y en los concentrados disminuye el porcentaje de ganga o impurezas, en las pulpas se disuelven los minerales arcillosos, desencadenando aumento de cobre y molibdeno, se amplía cinética de flotación y su másica (pág. 83)

2.1.2. Investigaciones nacionales

Diaz, J. (2015), estudio, afirma, realizar recuperación de plata y oro, muchas veces no refleja el índice de recuperación en los análisis metalúrgicos.

Se busca implementar proceso basado en recuperación de oro recircular; aplicarlo va incrementar la recuperación del oro, que no presenta en la actualidad. Existiendo este caso 2 procesos probados en recuperar oro recirculante: Gravimetría 27.57% y flotación Flash 88.4% su resultado es superior, considera la moliendabilidad un parámetro importante del proceso. La finalidad es instalar un equipo característico SKIM AIR de OUTOKUMPU basado en incrementar la recuperación oro y plata; este equipo obtenido mediante resultados en diversas plantas flotadoras (pág. 71)

Cuadros, D. (2020) su investigación, necesita un ajuste en los datos, aproximándonos al valor experimental de las operaciones a reducción de tamaño; con una mejora en conminución, concluye

Al ejecutar el control circuitos de molienda y pruebas a nivel experimental en operación de molienda, este control de programar los datos permite estimar factores operacionales en los molinos de bolas, garantizando una operación continua, logra un producto final grado 40% Cu y recuperación 90% comercial. Minera Las Bambas rediseñó su proceso utilizando un software acreditando la información adaptada al sistema único de datos; al evaluar la operación en circuito molino de bolas, obtiene mayor beneficio y/o ventaja. La característica del mineral usado, es mayor beneficio y grado liberación, influye en las variables de molienda flujo de agua, tamaño partículas y desgaste ocasionado los molturantes (pág. V)

E. & Pérez, Y. (2017) su estudio, análisis granulométrico y muestras experimentales de molienda minerales sulfurados de plomo, propósito:

Hallar los valores específicos (tamaño del mineral en función al tiempo) en los laboratorios. Cuando se libera en minerales los granos, su tamaño de las partículas menores 100 μm . Las características utilizadas en muestra análisis químico y granulométrico, determina la concentración, tamaño de partícula, tiempo de molienda y gravedad específica. Los resultados del mineral, se obtienen de los experimentos de molienda y curva de granulometría. Estos resultados son producto del procedimiento aplicado en conminución, objetivo primordial hallar el grado de liberación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Molienda

Es operación, se realiza la liberación de los minerales valiosos, encontrándose las condiciones separándose de sus acompañantes, y se realizan en los procedimientos: vía seca y los de vía húmeda.

Se entrega el tamaño de partícula en procesos de chancado 3/4'', y se reduce aún más de tamaño hasta aproximadamente 100 micrones para menas sulfuradas. Se considera etapa de molienda, razones de hacerse necesaria: Tratando de encontrar extracción útil del mineral liberado, acelerando algunos procesos físico - químicos. Según dureza del producto final, la molienda es dividida en sub - etapas de nombre: primaria, secundaria y terciaria, usando el equipo molino rotatorio. Se utiliza en molinos primarios, barras de acero, denominándose molinos de barras.

La molienda secundaria y terciaria, usamos las bolas acero llamándose molinos de bolas. Su reducción del mineral es mejor en los molinos que en chancadoras. Estas muestras seleccionadas de la molienda solo son necesarias el cambio del parámetro del tiempo en los procedimientos, permitiendo observar distintas granulometrías presentes, luego de ser molido a un determinado tiempo (Leyton Arce,, 2020).

En la molienda, al ingresar la muestra se considera la proporción de masa con agua 2:1. Ejemplo, decimos que cada kg. de mineral: 500g de agua. Se aplica la molienda mediante los tiempos (5', 10', 15', 20', 25') (Leyton Arce,, 2020).

La muestra obtenida después del mineral molido; pasa al tamizado mediante malla 200; el mineral rechazado es sometido a secado dentro del horno sin ningún porcentaje de agua. Y efectúa el procedimiento del análisis granulométrico y después

la curva en la molienda de la muestra seca. El análisis granulométrico, el tamaño de mallas: #16; #18; #25; #35; #45; #60; #80; #120; #170 y #200 (Leyton Arce., 2020).



Figura 1. Peso del mineral a trabajar

2.2.2. Características mineralógicas

Se determina las propiedades de un mineral es imprescindible efectuar un análisis granulométrico, índice de trabajo definido y realizar la curva generada en la molienda.



Figura 2. Mineral proveniente de la mina.

2.2.3. Análisis granulométrico

Posibilita evaluar % de partículas mediante su tamaño. Se procura realizar, correcto cuarteado en la muestra y sea tomada de modo representativa para el estudio. El método se realiza pasando la muestra seleccionada dentro de las mallas, suelen ser de diferentes tamaños. Realizar esta secuencia permite conseguir una distribución en los tamaños de grano de la muestra (Leyton A., 2020).



Figura 3. Homogenizado del mineral.

Moliendabilidad

Se le determina en los minerales y recomienda utilizar muestras homogéneas; este hecho garantiza que se caracterice adecuadamente las muestras del mineral. Por lo general a nivel laboratorio se utiliza un kilogramo para las muestras respectivas, previamente se realiza un cuarteo para seleccionar una muestra representativa y por lo general aleatoria (Leyton Arce, 2020).

Se realizará un buen proceso de molienda llevando a cabo cuatro pruebas; las muestras serán introducidas en el molino de bolas (8 x 12) a un tiempo definido. Cada muestra tendrá un peso de 500g a un tiempo establecido de 5'; 10'; 15' y 20'.



Figura 4. Cuarteo para las muestras del mineral.



Figura 5. Muestras con peso de 500g.

Índice de trabajo

Leyton, J. (2020) afirma que un parámetro que luego de haber sido efectuado fija el consumo energético por tonelada procesado. El dato perteneciente permanece estandarizado para emplearlo en la aplicación de una velocidad a 70 Rpm; aquel sustento se definió por Fred C. Bond.

Constituyen diferentes variables el índice de trabajo; mencionamos el tamaño perteneciente al 80%; concierne a la entrada y salida a los ensayos a realizar. Estos postulados como datos se dieron a conocer por el investigador Fred Bond. Ejemplo

en las partículas se reduce el tamaño se aplica una energía invertida, el cual es transferida al producto operativo; asimismo, se menciona el consumo de energía aplica un punto crítico en la simplificación de partículas la cual se encuentra en proporción a las grietas que se generan implicando una raíz cuadrada a la nueva superficie (Leyton, 2020).

Leyton, J. (2020) afirma que la energía específica que se va a requerir es proporcionalmente inversa al diámetro de partícula que ingresa y sale. Esta ecuación menciona la relación entre los parámetros ya mencionados:

$$W i_t = \frac{(1.1)*(44.5)}{P_i^{0.23} * Gbp^{0.82} * \left(\frac{10}{\sqrt{x_{QT}}} - \frac{10}{\sqrt{x_{GT}}} \right)} * \frac{kW-h}{\text{tonelad métrica}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Como se muestra en la Ecuación (1) podemos determinar que es empírica y sus variables dependientes pueden realizarse mediante el ensayo de Fred Bond. La cual consiste en determinar la molienda de un mineral (700ml) como estado inicial. El número de veces para repetir el ensayo depende del tamaño deseado al que queremos llegar (Leyton, 2020).

Obtener índice de trabajo

Al iniciar, el tamaño de muestra debe ser menor a malla número 6, también se considera utilizar malla número 10. La muestra seleccionada debe ser homogenizada; pasando por el cuarteado y dividido aleatoriamente, conteniendo una distribución uniforme en el tamaño de partícula (Leyton Arce., 2020).

Variables de molienda.

Para tener en cuenta los factores de molienda, sea óptima y rentablemente económica:

Carga de mineral

Controlar ingreso de carga al molino, considerando una capacidad máxima. Con carga mínima, perdería capacidad en el proceso de molienda generando costos en las chaquetas y en las bolas. A carga máxima, se exigirá el molino y al intentar descargar, pierde capacidad y tiempo (Echavaudis Chavez & Perez Laura, 2017).

Suministro de agua

E. & Pérez, Y. (2017) afirma el ingreso de agua y concentrado de mineral al molino, formando un barro liviano (pulpa), donde se adhiere a las bolas o a las barras, sin embargo, el agua favorece al avance de la carga molida.

E. & Pérez, Y. (2017) afirma, excesiva agua va producir un lavado interno en las bolas o barras, provocando choques entre ellos, generando que el concentrado no se mueva. Asimismo, una rápida descarga errónea en el proceso de molienda. Escaso agua, proceso de carga es lenta, y la pulpa se espesa en torno a las bolas y las barras, imposibilita choques porque la pulpa actúa como un amortiguador.

Carga de bolas o barras

E. & Pérez, Y. (2017) indica la carga normal de medios moledores es imprescindible en el molino, porque las bolas y barras se desgastan siendo inevitable tener que reponerlas. Sobre la dureza del mineral, el tonelaje tratado, la finura y el tamaño alimentado dependen del consumo ejercido en las bolas y las barras para llegar a obtener lo que se busca en la molienda.

E. & Pérez, Y. (2017) afirma a iniciar actividades (1era guardia) se reemplaza el peso consumido en las bolas que se utilizó antes. Si hay demasiadas bolas en el molino, debe disminuir volumen entrante debido a que ocupa un campo extra correspondiente en la carga. Cuando la carga se encuentra por debajo se ve una

disminución en la capacidad moledora porque se genera un desgaste y no llegará a la granulometría correcta.

Tiempo óptimo de molienda

E. & Pérez, Y. (2017) nos dice, manteniendo en el interior del molino al mineral se precisa el tamaño de partículas liberadas el grado de finura. Afirma, que el tiempo está directamente relacionado con finura del mineral dentro del molino. Por otro lado, mediante el volumen de agua que añadiremos en nuestro molino podemos regular el tiempo de permanencia.

Caracterización de sistemas de partículas

La carga de bolas y barras, la cantidad de agua y la carga son variables que determinan el proceso de molienda, están conectados con el tiempo de molienda. Las propiedades químicas y físicas se conocen al caracterizar el sistema disperso sólido – líquido (Echavaudis & Perez, 2017).

2.2.2 Proceso de lixiviado

Se procede a recuperar de la mena el metal, con el disolvente, y separamos las soluciones disueltas, se conoce como lixiviación.

En este proceso existen tres factores importantes: colocamos el disolvente en el material a lixiviar y se disuelve; y del residuo sólido separamos la solución formada y se precipita el metal de la solución. Se realiza esta operación en el orden indicado, hay ocasiones que se invierten las dos últimas etapas. Por ejemplo, el cobre se puede precipitar a partir de la mezcla de mena y agua, y después se separa la pulpa por flotación.

En los procedimientos hidrometalúrgicos, el mineral es tratado por una solución líquida, disolviéndose el metal valioso sin atacar la ganga mineral: una vez

que el metal está en solución, es recuperado ya sea por precipitación química, electrolítico o por evaporización; la etapa de disolución propiamente dicha se llama lixiviación, que en química recibe el nombre de “extracción” o sea la separación de una sustancia soluble de una insoluble por medio de disolvente.

Otra manera de lixiviación, se considera operación de separación industrial considerado como “transferencia de masa”, este disolvente líquido usado en la disolución de materiales solubles: se considera agua, soluciones químicas o disolvente orgánico. Otro caso de lixiviación metalúrgica es al extraer los metales de sus minerales, llamado disolución selectiva de metales solubles, aplicando el solvente líquido separándolos de las impurezas del mineral. También ocurre lixiviación en medios oxidantes, neutros o reductoras. En disolución de metales, ocurre lixiviación:

- Ácida: se realiza con ácido sulfúrico concentrado, diluido y oxígeno, y con ácido clorhídrico, ácido nítrico, lixiviación férrica, y con tiourea.
- Alcalina: considera lixiviación amoniacal, con hidróxido de sodio, cianuro de sodio, y sulfuro de sodio.
- Neutra: usamos tiosulfato de sodio y cloro gaseosos.
- Por electro oxidación.
- Oxidante con oxígeno a presión en autoclaves.
- Bacteriana o lixiviación férrica combinada con lixiviación bacteriana.

Podemos aplicar lixiviación a distintas clases de minerales oxidados y cooperación bacteriana a minerales sulfurados de enriquecimiento secundario vienen hacer relaves o concentrados. En operaciones de lixivitaciones para cantidades grandes

en batea, botaderos, pilas o in - situ. Cuando se trata relaves y concentrados, se hace uso por agitación.

Lixiviación en óxidos, se aplica a minerales fáciles de disolución: la malaquita $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$, azurita $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$, tenorita (Cu_2O) y crisocola (CuSiO_3)

Para reacciones de disolución: $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CuSO}_4 + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

Otros en cobre nativo/óxidos, que requieren oxidación: cuprita (Cu_2O)

La reacción de disolución: $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = 2\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{FeSO}_4$

2.2.3 Minerales oxidados

a) *Hidrometalurgia y sus componentes*

Se denomina así, a las operaciones o procesos, donde los minerales con ion metal son tratados y ocurren en medios acuosos. Y el mineral es disuelto por un agente químico líquido, luego las soluciones de lixiviación son purificadas y concentradas, a partir de estas soluciones recupera el ion como metal. Actualmente, estas operaciones hidrometalúrgicas están diseñadas para procesos integrales, no dejar desechos y no alterar al medio circundante, como el aire por efecto del SO_2 ; y logramos un excelente control por la no existencia de gases tóxicos, y los efluentes líquidos se mueven en circuitos cerrados, después son tratados, recuperándose las impurezas y reciclando nuevamente las soluciones limpias.

Tratamientos de los minerales con determinados reactivos, estos están en estado de solución acuosa, consiguiéndose disolver el metal o compuestos que se quiere separar. Utiliza minerales de baja ley, y el tratamiento de concentrados complejos, al usar autoclaves o procesos de electro - lixiviación.

Los costos de operaciones son menores, en estos medios acuosos, porque no hay movimiento térmico y son fácil de transportarse; los materiales en proceso se

localizan en tanques y se transportan en tuberías, permitiendo su fácil manipuleo sin mucho peligro; por otro lado, los reactivos usuales producidos en gran escala son baratos: H_2SO_4 , HCl , Cl_2 , O_2 , NH_4OH .

b) Mineral oxidado

Están comprendidos los óxidos, los sulfatos, los carbonatos y silicatos; que se han formado por alteración y descomposición de minerales sulfurados, sirviendo como agente principal de transformación el agua, cargada de oxígeno y anhídrido carbónico, las cuales se ubican en la parte superficial de la corteza terrestre.

c) En minerales sulfurados el procedimiento hidrometalúrgico

Se usan en aislamiento y recuperación del metal en disoluciones acuosas, encontramos diversos procesos, por ejemplo, lixiviaciones tostadas en menas sulfuradas, el traslado en purificaciones de disolución, precipitaciones químicas o electroquímica, al recuperar compuestos o metales.

d) Lixiviación por agitación

Se utiliza en mineral con alta ley, generando gran porcentaje de finos en operaciones de chancado, o los minerales deseados están diseminados siendo obligados para ser liberados con valor contenido moliéndolos y expuesto en solución lixiviada, se considera la técnica a emplear para lixiviar calcinas de tostación y el concentrado. En lixiviación para proceso complejo o extraer sólido - líquido, su naturaleza refractaria del mineral sulfurado, el disolvente líquido va traspasar el sólido pulverizado, cuyos resultados en los sólidos valorizados serán en uno o más integrantes.

En agitación recurrimos al burbujeo o también a la agitación mecánica manteniendo suspendida la pulpa, logrando disolución completa, manteniendo los sólidos en el tiempo de contacto con la solución de horas, al ser comparado requiriendo

de meses la lixiviación en pilas. También se tiene los agitadores mecánicos son impulsadores colocados al interior del tanque, y tanques agitados con aire se llaman tanques “Pachuca”.

Otros métodos en lixiviación y sus ventajas comparadas:

- Alta extracción de elementos recuperables
- Tiempo corto del proceso (horas)
- Automatización en los procesos continuos
- Menas alteradas son fáciles de alterar o generadoras de finos

Desventajas:

- Los costos o inversiones en las operaciones aumentan
- Es necesario etapa de molienda y otra separación sólido - líquido (espesamiento y filtración).

2.3. Definición de términos básicas

- a. Agitación: Es acto de agitar o zarandeo mecánico, en ocasiones conseguimos incorporar aire comprimido.
- b. Alta Calidad: Se refiere al mejor mineral selectivo existente en un depósito.
- c. Concentradora: Es el mineral concentrado, recuperado de los sulfuros, óxidos, y con un valor agregado económico (Chia Aquije, 1984).
- d. Ley: Contenido de metal puro, respecto al mineral trabajado, siempre se obtiene porcentaje o unidades onzas/tonelada (Wills, 1994).
- e. Mena: Es el mineral de interés que tiene valor económico ya sea sulfuro u óxido que podría ser recuperado en proceso metalúrgico. (Portal minero, 2006)
- f. Mineral: Sustancia inorgánica u orgánica de propiedades físicas y químicas definidas, que permiten su diferenciación y reconocimiento (Burga, 2011, pág. 552).
- g. Optimización: Una buena referencia de acción y efecto de optimizar una actividad (Pérez & Gardey, 2009).
- h. Oxidación: Proceso donde un elemento pierde carga. Electroquímico pierde electrones en molécula, átomo o ion (Teijon J, Garcia J, Jimenez Y, & Guerrero I, 2006).
- i. pH. Medida de acidez o alcalinidad, indica cantidad de iones e hidrógeno presente en solución o sustancia (Kotyk, A & Slavik, J, 1989).

2.4. Hipótesis de investigación

2.4.1. Hipótesis general

Se obtiene el tiempo óptimo de molienda en el proceso lixiviación para mineral oxidado a nivel laboratorio, Huacho - 2022.

2.4.2. Hipótesis específica

1. Las condiciones óptimas del tiempo de molienda en el proceso lixiviado para mineral oxidado a nivel laboratorio, Huacho – 2022.
2. El tiempo óptimo va incidir en el proceso de lixiviación para los minerales oxidados a nivel laboratorio, Huacho – 2022.
3. Tiempo óptimo de molienda se relacionará en el proceso lixiviación para mineral oxidado a nivel de laboratorio, Huacho – 2022.

2.5. Operacionalización de las variables

Tabla 1. Datos obtenidos de %malla (-200) en los diferentes tiempos de prueba.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala
(X) Tiempo óptimo de molienda	X.1.- Condiciones de molienda.	X.1.1.- Área de estudio. X.1.2.- Características del mineral.	Tipo de Investigación: Descriptiva - correlacional Diseño de Investigación: Experimental - transversal Población: 6 Kg. de Mineral de la mina Tantahuatay - Cajamarca. Muestra: 500g Mineral de óxido Método: Estadística descriptiva e inferencial, excel.
	X.2.- Factores de molienda.	X.2.1.- Análisis Granulometría X.2.2.- Moliendabilidad X.2.3.- Índice de trabajo X.2.4.- Tiempo óptimo de molienda	
	X.3.- Condiciones de minerales.	X.3.1.- Materia prima X.3.2.- Mineral no encapsulado X.3.3.- Muestra	
(Y) Proceso de lixiviación	Y.1.- Características.	Y.1.1.- Muestra del mineral Y.1.2.- Densidad del agua Y.1.3.- Cálculo de la densidad del mineral Y.1.4.- Gravedad específica Y.1.5.- Densidad de la pulpa Y.1.6.- Tiempo de molienda.	Técnicas: Acopiar Datos: Observación Instrumentos: Análisis Documental.

Capítulo III. Metodológico

3.1. Diseño metodológico

Tipo de Investigación

Es aplicado, porque permite resolver problemas entre la sociedad y empresa recibiendo apoyo de investigación básica; descriptivo - correlacional, obteniendo información de las variables, con enfoque cuantitativa, la información recopilada de las pruebas pre experimentales se analizan y contrasta resultados al plantearse la hipótesis (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014) y diseño pre experimental, la investigación se realiza a nivel de laboratorio (Carrasco, S., 2019) del Centro de Investigación y Desarrollo tecnológico de Materiales - FIQYM, las variables estudiadas es relacionada con grado o dependencia entre dichas variables, y conocer a través de muestras las unidades de observación, ver la figura, existe relación entre las variables identificadas.

Método Investigación

Método Cuantitativo.

Procedimiento de estrategia en contratación hipótesis

Para prueba de hipótesis, se emplean datos estadísticos relacionados entre ambas variables. A continuación, se analizan estadísticamente los resultados.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

El universo poblacional conformado de minerales oxidados son 6 kilos de la mina Tantahuatay, y ley de cabeza 6,7 g/ton ubicado en el departamento Cajamarca.

3.2.2. Muestra

De estudio, 500g., es sometido al proceso chancado, molienda y análisis granulométrico, en los tiempos de molienda (5'; 10'; 15' y 20') el propósito, obtener tiempo óptimo en la molienda.

3.3. Técnicas de recolección de información

De acuerdo con Mendez (2012) La materia prima que define el problema de investigación es la información, con la cual se puede explorar, describir y explicar hechos o fenómenos que lo definen. Por tal razón definimos las técnicas, medios a emplearse en recolectar datos y las fuentes en adquirir tal información, hechos o documentos. De investigación se muestran a continuación:

Fuentes secundarias y primarias:

Toda investigación, acude al tipo de fuente secundaria, suministra información básica; bibliotecas, libros, periódicos y otros materiales documentales: tesis, revistas.

Fuentes Primarias: directamente suministra el investigador, a través de relatos o escritos por los participantes en sucesos o acontecimientos, como: Observaciones directas, el investigador forma parte del grupo activo (Mendez Alvarez, 2012), mediante **técnica** de procedimiento, codificación y tabulación de la información.

Una vez especificada la muestra total, procede a realizar la separación en muestras representativas y su codificación, para un control mas exacto y ordenado, estando en contacto directo con la muestra, siendo cauteloso y ordenado:

Técnicas:

- Análisis documental
- Observación

Instrumentos:

- Bibliotecas
- Datos y observaciones.
- Entrevistas.

3.4. Técnicas para el procesamiento de la información

Determina los procedimientos para codificación y tabulación, el recuento, clasificación y ordenamiento de la información en tablas o cuadros. (Mendez Alvarez, 2012)

Análisis Documental

Tabulada y ordenada, sometido a tratamiento “técnica de análisis matemático” de carácter estadístico (Mendez Alvarez, 2012). Mediante observación y respectivo instrumento: interrelaciones entre personas, situaciones o circunstancias, eventos suceden a través del tiempo.

a) Técnicas estadísticas

Se tabula información sometidas a “técnicas de análisis matemático”.

Estadísticos: uso de software SPSS 25.0. El investigador define según el caso los parámetros o medidas de posición: media, mediana, moda; parámetros de dispersión: desviaciones, varianza; y presentación de la información en cuadros o tablas y representación gráfica.

b) Instrumentos: Recopilación de datos, entrevista a través del personal.

Capítulo IV. Resultados

4.1. Procedimientos

4.1.1.- Preparación de muestras

a) Densidad del agua

Hallar cálculo de densidad del agua, consideramos:

Prueba N°1

$$W_{H_2O} = W_{(fiola+H_2O)} - W_{(fiola)}$$

$$W_{H_2O} = 138.58 \text{ g} - 39.55 \text{ g}$$

$$W_{H_2O} = 99.03 \text{ g}$$

Calculando la densidad:

$$\rho = \frac{W_{H_2O}}{V_{H_2O}}$$

$$\rho = \frac{99.03 \text{ g}}{100 \text{ ml}}$$

$$\rho = 0.9904 \text{ g/ml}$$

El mismo procedimiento se aplica para las siguientes 3 pruebas.

Tabla 2. Resultado de la densidad de agua a diferentes pruebas.

N°	$W_{(fiola)}$	$W_{(fiola+H_2O)}$	$W_{(H_2O)}$	$V_{(H_2O)}$	$\rho_{(H_2O)}$
1	39.55	138.58	99.03	100	0.9903
2	40.01	139.28	99.27	100	0.9927
3	40.14	139.40	99.26	100	0.9926
4	40.22	139.47	99.25	100	0.9925

Observa en tabla, densidades del agua, durante 4 pruebas la preparación de muestra; se calcula el promedio y se determina densidad del agua que emplearemos 0.9920 g/ml.

b) Calculo densidad del mineral

Prueba N°1

Calculando el peso del agua:

$$W_{H_2O} = W_{(fiola+H_2O+muestra)} - W_{(fiola+muestra)}$$

$$W_{H_2O} = 141.86 - 44.55$$

$$W_{H_2O} = 97.31$$

Calculando el volumen del agua:

$$V_{H_2O} = \frac{W_{(H_2O)}}{\rho_{(H_2O)}}$$

$$V_{H_2O} = \frac{97.31}{0.9920}$$

$$V_{H_2O} = 98.09$$

Calculando el volumen del mineral:

$$V_{mineral} = V_{(fiola)} - V_{(H_2O)}$$

$$V_{mineral} = 100 \text{ ml} - 98.09$$

$$V_{mineral} = 1.9052$$

Calculando la densidad del mineral:

$$\rho_{mineral} = \frac{W_{(muestra)}}{v_{(muestra)}}$$

$$\rho_{mineral} = \frac{5}{1.9052}$$

$$\rho_{mineral} = 2.6243$$

El mismo procedimiento se aplica para las siguientes 3 pruebas.

Tabla 3. Resultado de la densidad del mineral a diferentes pruebas.

N°	$W_{(mineral)}$	$W_{(fiola)}$	$W_{(f+m)}$	$W_{(f+m+H_2O)}$	$W_{(H_2O)}$	$V_{(H_2O)}$	$V_{(mineral)}$	$\rho_{(mineral)}$
1	5	39.55	44.55	141.86	97.31	98.09	1.9052	2.6243
2	10	40.01	50.01	145.14	95.13	95.90	4.1028	2.4373
3	15	40.14	55.14	148.43	93.29	94.04	5.9577	2.5178
4	20	40.22	60.22	151.94	91.72	92.46	7.5403	2.6524

Observamos las densidades del mineral realizadas en 4 pruebas durante la preparación de muestra; luego calculamos el promedio, determinó la densidad del mineral que emplearemos será 2.5580 g/ml.

c) Gravedad específica

Para calcular G.E, se utilizó cuatro fiolas para efectuar las pruebas correspondientes.

Prueba N°1

$$G.E. = \frac{W_{mineral}}{W_{mineral} + W_{(f+H_2O)} - W_{(f+m+H_2O)}} \times \rho_{agua}$$
$$G.E. = \frac{20}{20 + 138.66 - 151.17} \times 0.9922$$
$$G.E. = 2.6495$$

El mismo procedimiento se aplica para las siguientes 3 pruebas.

Tabla 4. Resultado de la gravedad específica a diferentes pruebas.

N°	$W_{(mineral)}$	$W_{(fiola)}$	$W_{(f+H_2O)}$	$W_{(f+m+H_2O)}$	G. E.
1	20	39.46	138.66	151.17	2.6495
2	20	38.82	137.75	150.61	2.7793
3	20	40.35	139.33	151.71	2.6043
4	20	40.12	139.35	152.05	2.7184

Se observa las gravedades especificas realizadas en 4 fiolas durante la preparación de muestra; calculamos su promedio que será 2.6879.

d) Densidad de la pulpa

Para determinarlo se utilizó la siguiente fórmula.

$$d = \frac{ds}{ds + sp - sp * ds} = 1,350 \text{ g/ml}$$

Se trabajará con una densidad de pulpa: 1.350 g/ml para el mineral aurífero.

4.1.2.- Velocidad de molienda

Para determinar la velocidad crítica utilizaremos;

$$V_c = \frac{76.62}{\sqrt{d}}$$

Dato: diámetro del molino (8 x 12) es 8 in lo transformaremos a la unidad de pies.

$$V_c = \frac{76.62}{\sqrt{0.666667}} = 93,84 \text{ rpm}$$

Considerando el principio

$$\%N_c = 70 - 80 \% \text{ de la } V_c$$

la velocidad de operación máxima y mínima será:

$$V_o (\text{min}) = 93.84 * 0.70 = 65.7 \text{ rpm}$$

$$V_o (\text{máx.}) = 93.84 * 0.80 = 75.1 \text{ rpm}$$

Tabla 5. Número de vueltas que da el molino.

HZ	RPM
10	29
15	46
20	58
25	76
30	88
35	106
40	118
45	135

La tabla 5: Determina el número de vueltas dado por el molino de bolas considerando la relación correspondiente entre la frecuencia y revoluciones.

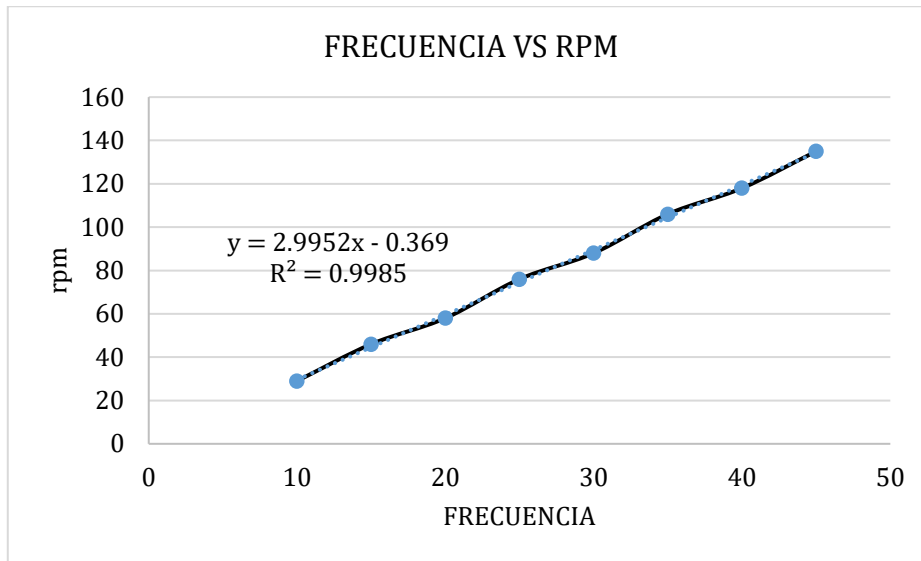


Figura 6. Numero de vueltas que da el molino

Según: la gráfica de Rpm por frecuencia se obtuvo la ecuación lineal

$$y = 2.9952x - 0.369$$

$$x = \frac{y + 0.369}{2.9952}$$

reemplazando en las velocidades de operación mínima y máxima obtendremos la frecuencia

A una V_o (min);

$$\text{Hz} = \frac{65.7 + 0.369}{2.9952} = 22.06 \text{ Hz}$$

A una V_o (máx.);

$$\text{Hz} = \frac{75.1 + 0.369}{2.9952} = 25.20 \text{ Hz}$$

La velocidad de operación, está comprendida entre las frecuencias 22.06 Hz y 25.20 Hz.

Peso de bolas

Se determina peso de bolas en relación al peso del agua y de la muestra.

1 kg de mineral – 10 kg de bolas

0.500 kg de mineral – x kg de bolas

$$x = 5 \text{ kg de bolas}$$

Para carga: 5 kg de bolas, capacidad de mineral entrante al molino de bolas (8x12).

Porcentaje de sólidos

Como referencia tendremos la ecuación de dilución

$$D = \frac{mL}{mS} = \frac{100 - \%S}{\%S}$$

En esta prueba de molienda, considera 60% sólidos; por lo tanto;

$$D = \frac{100 - 60}{60} = 0.67 = \frac{\text{masa de líquido}}{\text{masa de sólido}}$$

$$\text{masa de líquido} = 0.67 \text{ ml} \times 500 \text{ gr}$$

$$\text{masa de líquido} = 335 \text{ ml H}_2\text{O}$$

Aplica un volumen 335 ml H₂O para la capacidad de mineral entrante en el molino de bolas (8x12).

4.2. Logros alcanzados: Tiempo de molienda

Se llevará a cabo cuatro pruebas. Cada muestra tendrá un peso de 500 g a un tiempo establecido de 5'; 10'; 15' y 20'.

- **Tiempo = 5 minutos**

Tabla 6. Análisis granulométrico en la molienda a 5 minutos.

mallas	Abertura (u m)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado %Ac (+)	% Pasante %Ac (-)
30	600	33.58	16.88	16.88	83.12
50	300	68.7	34.53	51.41	48.59
70	212	23.08	11.6	63.01	36.99
100	150	19.2	9.65	72.67	27.33
140	106	12.81	6.44	79.1	20.9
200	75	6.08	3.06	82.16	17.84
-200	-75	35.49	17.84	100	0
TOTAL		198.94	100		

La tabla, muestra dicho análisis al aplicarse al molino de bolas en 5 min., se obtiene 17.84 %Ac (-) malla -200.

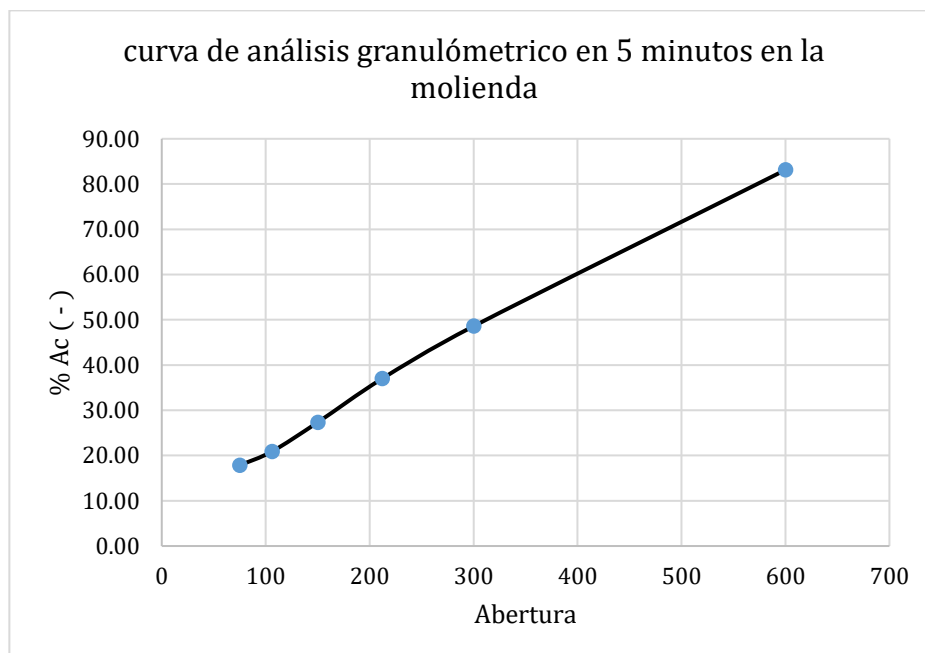


Figura 7. Curva de análisis granulométrico en 5 min, en la molienda.

El análisis de la curva granulométrica en 5 minutos: abertura y pasante, considera valores importantes dentro de los resultados, permite determinar tiempo óptimo en la molienda.

- **Tiempo = 10 minutos**

Tabla 7. Análisis granulométrico en la molienda a 10 minutos.

malla	Abertura (u m)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado %Ac (+)	% Pasante %Ac (-)
30	600	3.05	1.53	1.53	98.47
50	300	49.23	24.73	26.26	73.74
70	212	36.64	18.40	44.66	55.34
100	150	28.98	14.55	59.21	40.79
140	106	19.9	9.99	69.21	30.79
200	75	8.41	4.22	73.43	26.57
-200	-75	52.9	26.57	100.00	0.00
TOTAL		199.11	100.00		

La tabla muestra el análisis granulométrico a 10 min, en el molino de bolas obteniendo 26.57 %Ac (-) Malla 200.

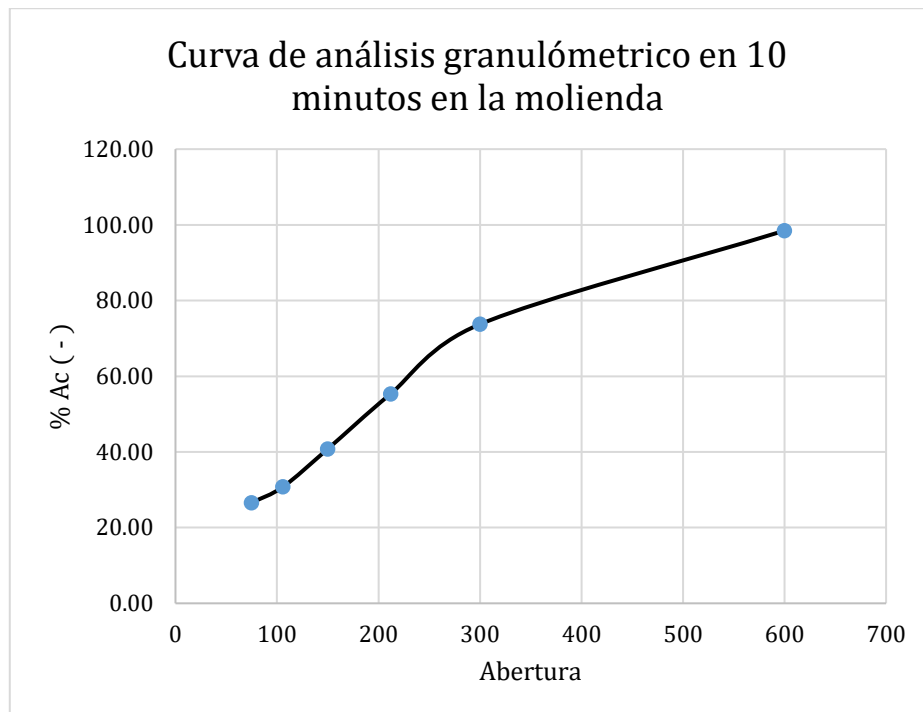


Figura 8. Curva de análisis granulométrico en 10 min, en la molienda

Se obtiene la curva de análisis granulométrica: 10 min, abertura y pasante en conjunto se considera importantes dentro de los resultados, permitiendo determinar el tiempo óptimo en la molienda.

- **Tiempo = 15 minutos**

Tabla 8. Análisis granulométrico en la molienda tiempo 15 minutos.

mallá	Abertura (u m)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado %Ac (+)	% Pasante %Ac (-)
30	600	0.66	0.33	0.33	99.67
50	300	12.88	6.48	6.81	93.19
70	212	31.75	15.97	22.79	77.21
100	150	36.72	18.48	41.26	58.74
140	106	23.60	11.87	53.14	46.86
200	75	13.91	7.00	60.14	39.86
-200	-75	79.23	39.86	100.00	0.00
TOTAL		198.75	100.00		

La tabla, muestra el análisis granulométrico aplicado en 15 min, en el molino de bolas obteniendo 39.86 %Ac (-) #-200.

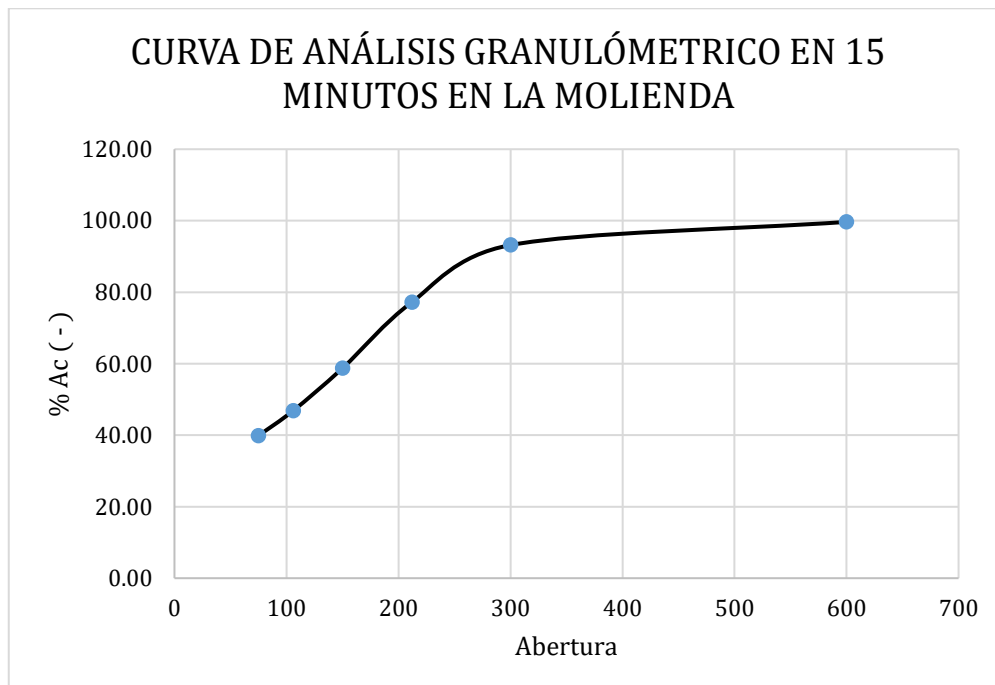


Figura 9. Curva de análisis granulométrico en 15min, en la molienda

Obtiene la curva de análisis granulométrica en 15 minutos, abertura y pasante en conjunto se considera importantes dentro de los resultados, permitiendo determinar el tiempo óptimo en la molienda.

- **Tiempo = 20 minutos**

Tabla 9. Análisis granulométrico en la molienda a 20 minutos.

mallá	Abertura (u m)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado %Ac (+)	% Pasante %Ac (-)
30	600	1.11	0.56	0.56	99.44
50	300	3.20	1.60	2.16	97.84
70	212	18.05	9.04	11.20	88.80
100	150	39.00	19.54	30.74	69.26
140	106	29.53	14.80	45.54	54.46
200	75	15.90	7.97	53.50	46.50
-200	-75	92.80	46.50	100.00	0.00
TOTAL		199.59	100.00		

La tabla, muestra el análisis granulométrico aplicado en 20 minutos al molino de bolas donde se obtuvo 46.50 %Ac (-) Malla 200.

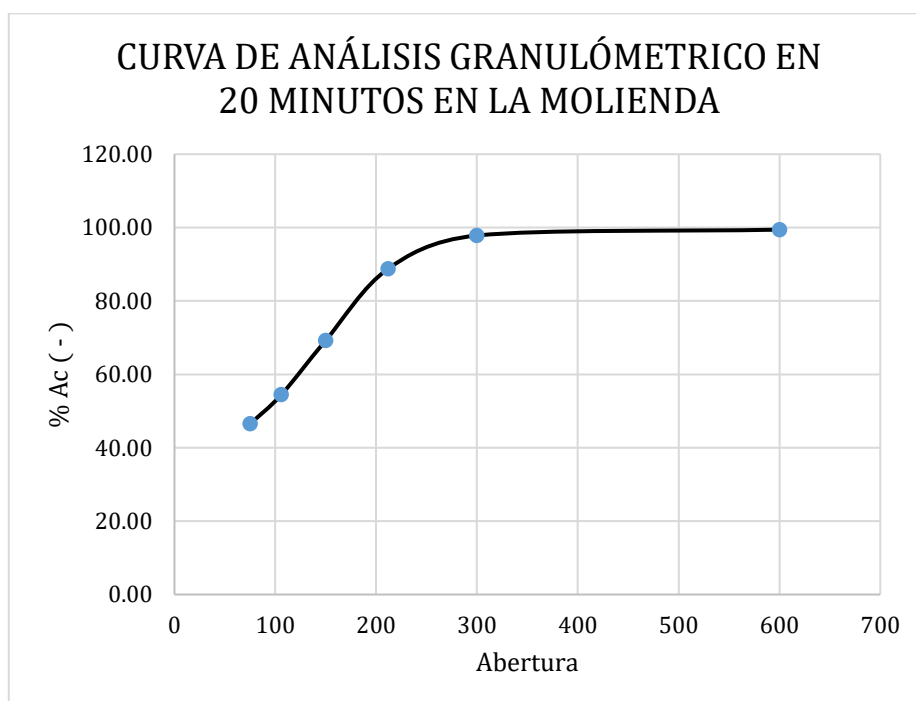


Figura 10. Curva de análisis granulométrico en 20 min, en la molienda

Se obtiene la curva de análisis granulométrica en 20 min, abertura y pasante en conjunto son valores importantes y considerados dentro de los resultados, nos permite determinar el tiempo optimo en la molienda.

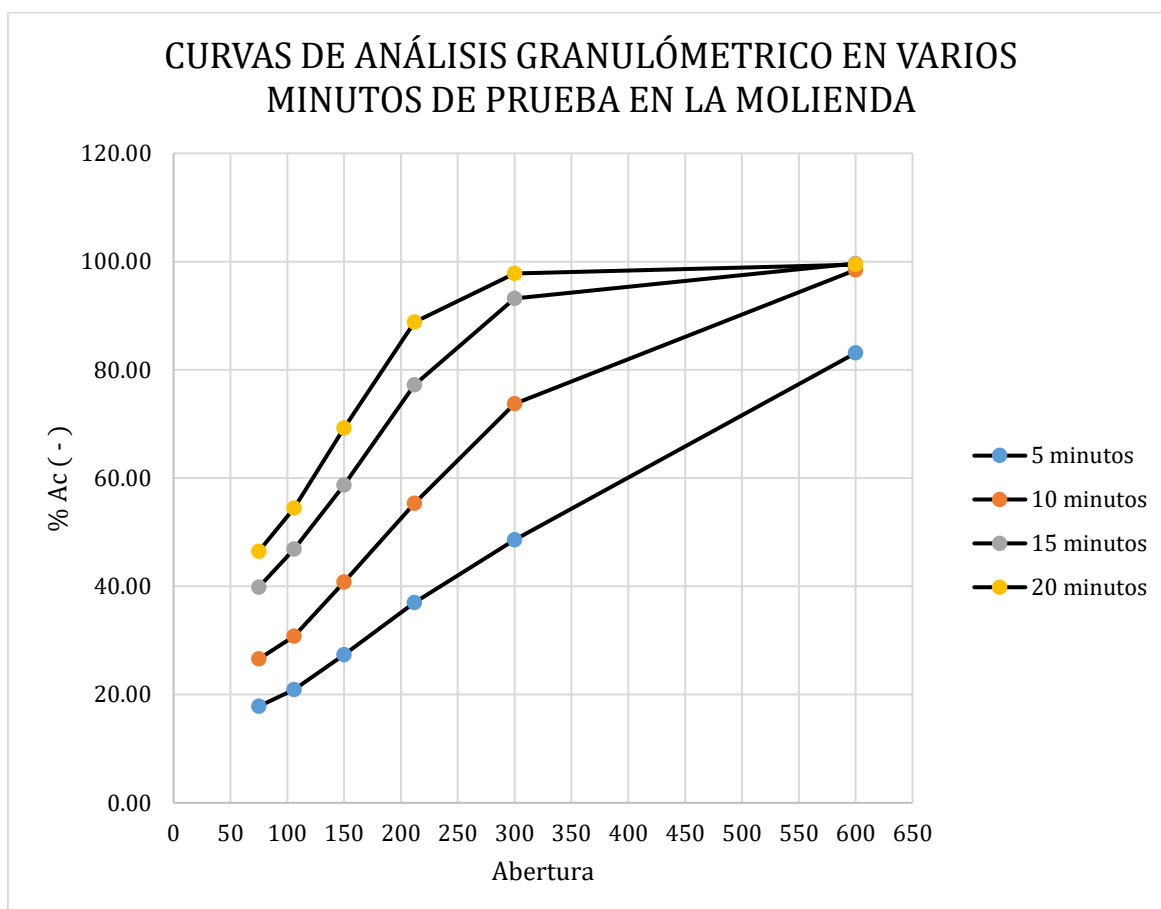


Figura 11. Curva de análisis granulométrico en varios minutos

Tabla 10. Datos obtenidos de %malla (-200) en los diferentes tiempos de prueba.

t	%Ac (-)
5	17.84
10	26.57
15	39.86
20	46.50

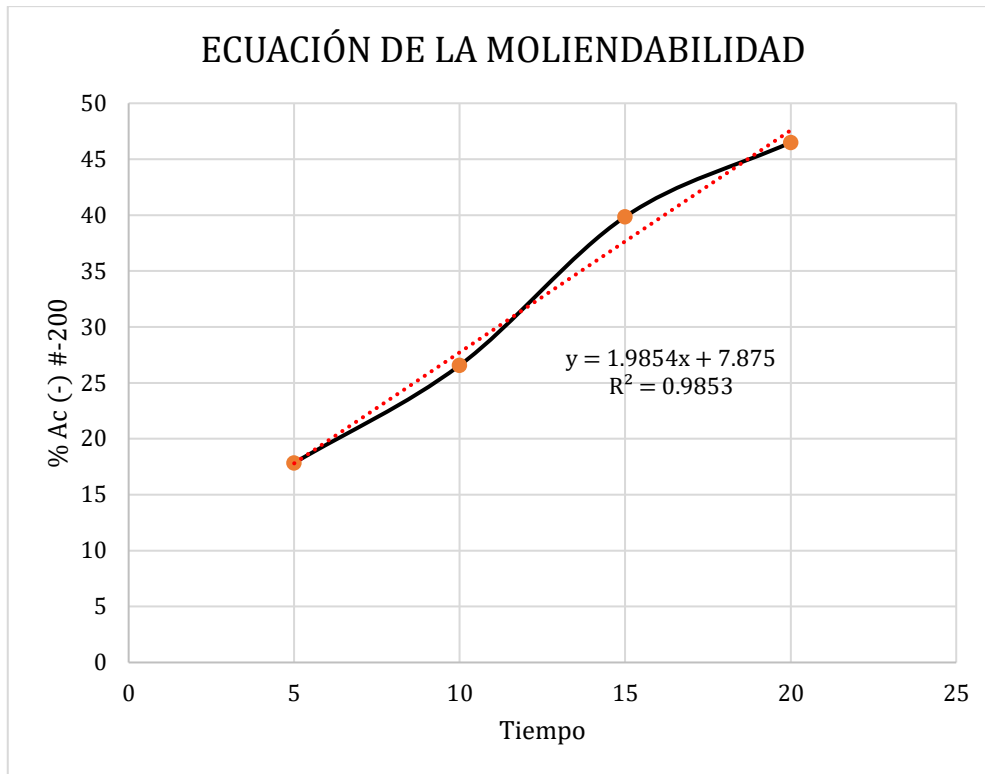


Figura 12. Gráfico de moliendabilidad.

Del gráfico entre los % Ac (-) Malla 200 vs los diferentes tiempos de prueba, se obtiene la ecuación lineal

$$y = 1.9854X + 7.875$$

despejando "x"

$$x = \frac{y - 7.875}{1.9854}$$

$$x = 19 \text{ min } 45 \text{ segundos}$$

Por consiguiente, el tiempo óptimo de molienda que debe aplicarse en el molino de bolas (8x12) para un análisis granulométrico estándar es de 19.45 minutos aproximadamente.

4.3. Análisis y simulaciones granulométricas.

Determinando el tiempo de molienda logarítmico, utilizamos los resultados de las cuatro pruebas del análisis granulométrico estándar.

- **Tiempo = 5 minutos**

Tabla 11. Análisis granulométrico G – G – S en la molienda a 5 minutos.

Malla	Abertura (u m)	% Pasante %Ac (-)	log (x)	log (y)	%Pasante Corregido
30	600	83.12	2.7781513	1.9197084	81.797277
50	300	48.59	2.4771213	1.6865247	48.242849
70	212	36.99	2.3263359	1.5680377	37.031732
100	150	27.33	2.1760913	1.4367171	28.452933
140	106	20.90	2.0253059	1.3200579	21.840779
200	75	17.84	1.8750613	1.2513839	16.781127
-200	-75	0.00			
TOTAL					

La tabla 11: muestra el análisis granulométrico G – G – S, en tiempo 5 min, aplicado al molino de bolas, se obtuvo 16.78 %Ac Corregido (-) Malla 200.

Tabla 12. Constantes en los cálculos del análisis granulométrico G – G – S a 5 min.

pendiente (m)	0.7617377
intersección (b)	-0.2035725
intersección (b)	-0.2034838
k (u m)	781.09998
% pasante corregido	79.999689
P80 (u m)	582.74979

Se evidencia en tabla, las constantes utilizadas para hallar el % Ac corregido (-).

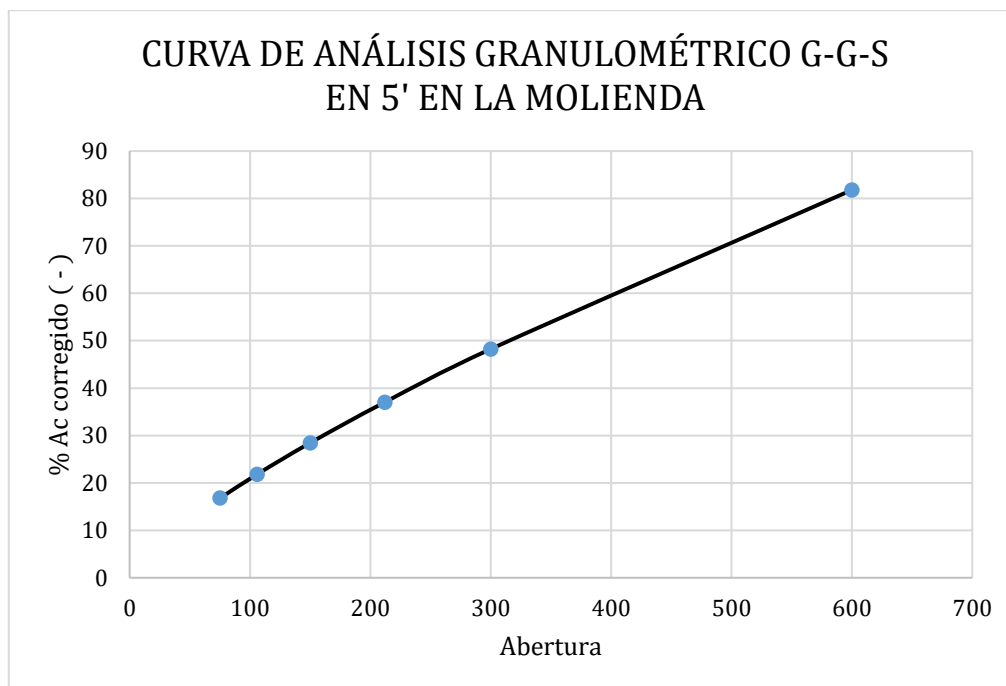


Figura 13. Curva de análisis granulométrico G – G – S en 5min, en la molienda.

Se obtiene curva análisis granulométrico 5 min, la abertura y pasante corregido en conjunto, se considera importantes dentro de resultados, permitiendo determinar el tiempo óptimo real que se debe aplicar en la molienda para nuestro mineral oxidado.

- **Tiempo = 10 minutos**

Tabla 13. Análisis granulométrico G – G – S en la molienda a 10 minutos.

Malla	Abertura (u m)	% Pasante %Ac (-)	log (x)	log (y)	%Pasante Corregido
30	600	98.47	2.7781513	1.9932959	106.18466
50	300	73.74	2.4771213	1.8677217	66.610836
70	212	55.34	2.3263359	1.7430491	52.735677
100	150	40.79	2.1760913	1.6105164	41.785729
140	106	30.79	2.0253059	1.4884382	33.081685
200	75	26.57	1.8750613	1.4243626	26.212659
-200	-75	0.00			
TOTAL					

Se muestra la tabla, el análisis granulométrico G – G – S, aplicado a 10 min en el molino de bolas donde se obtuvo 26.21 %Ac Corregido (-) #-200.

Tabla 14. Constantes para los cálculos del análisis granulométrico G – G – S a 10 minutos.

pendiente (m)	0.6727466
intersección (b)	0.1564944
intersección (b)	0.15707
k (u m)	548.79718
% pasante corregido	79.999989
P80 (u m)	393.87688

Se evidencia en la tabla, las constantes utilizadas para hallar el % Ac corregido (-).

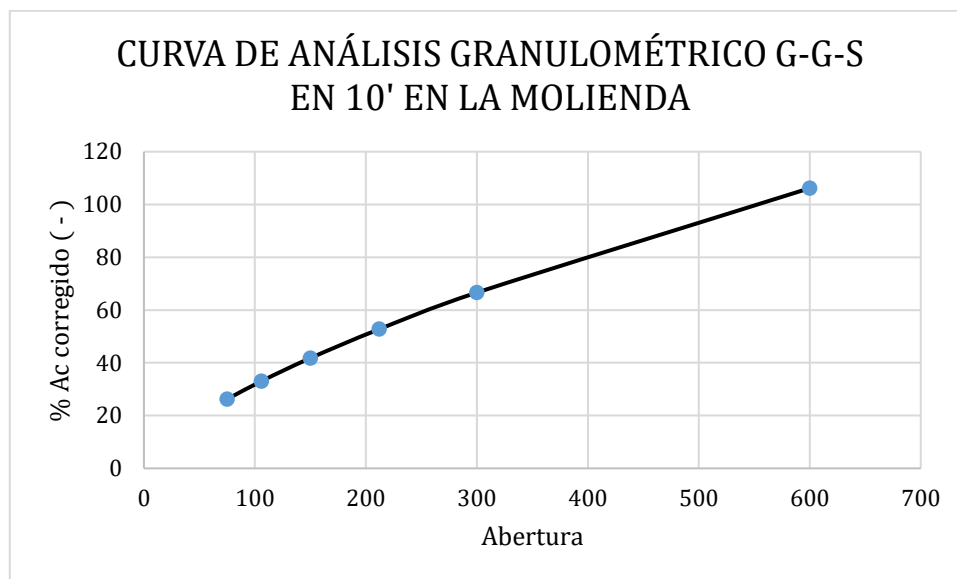


Figura 14. Curva de análisis granulométrico G – G – S en 10 min en molienda

Obtenida la curva análisis granulométrica G – G – S en 10 min. La abertura y pasante corregido en conjunto son valores importantes a considerar dentro de los resultados, cual nos permitirá determinar el tiempo óptimo real aplicado a la molienda para nuestro mineral oxidado.

- **Tiempo = 15 minutos**

Tabla 15. Análisis granulométrico G – G – S en la molienda a 15 minutos.

Malla	Abertura (u m)	% Pasante %Ac (-)	log (x)	log (y)	%Pasante Corregido
30	600	99.67	2.7781513	1.9985554	113.97705
50	300	93.19	2.4771213	1.9693573	81.739993
70	212	77.21	2.3263359	1.8876881	69.201181
100	150	58.74	2.1760913	1.7689126	58.620807
140	106	46.86	2.0253059	1.6708291	49.628449
200	75	39.86	1.8750613	1.6005825	42.040608
-200	-75	0.00			
TOTAL					

En la tabla: muestra el análisis granulométrico G – G – S aplicado a 15 min en el molino de bolas y se obtuvo 42.04 %Ac Corregido (-) #-200.

Tabla 16. Evidenciamos las constantes en los cálculos del análisis granulométrico G – G – S a 15 minutos.

pendiente (m)	0.4796293
intersección (b)	0.724186
intersección (b)	0.7243347
k (u m)	456.76222
% pasante corregido	79.999996
P80 (u m)	286.83901

Según la Tabla, constantes utilizadas para hallar el % Ac corregido (-).

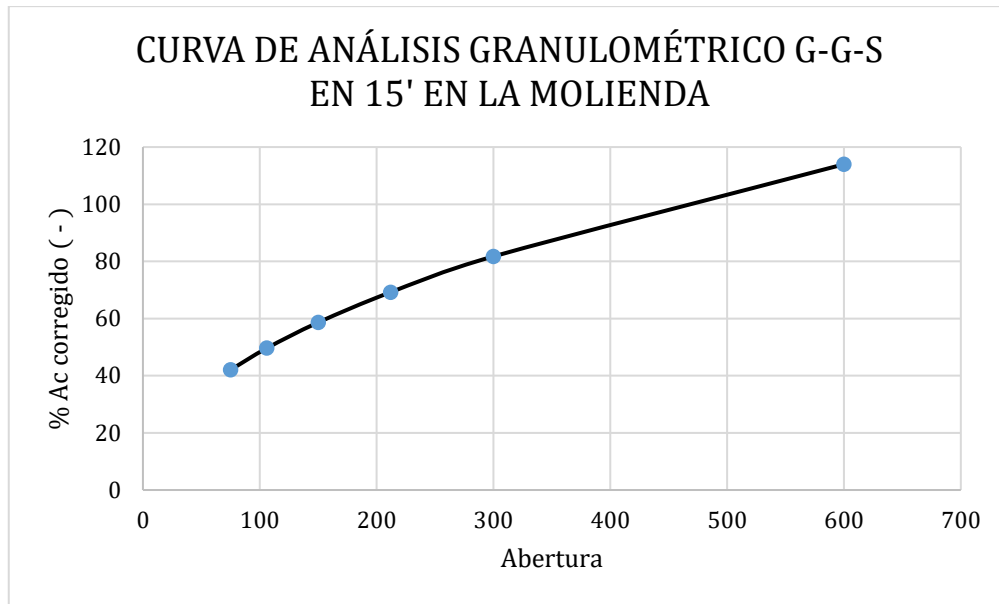


Figura 15. Curva de análisis granulométrico G – G – S en 15 minutos en la molienda.

Obtenida la curva análisis granulométrica G – G – S en 15 min. La abertura y pasante corregido en conjunto, considerado importantes en los resultados, permitiendo determinar tiempo óptimo real aplicado en la molienda para nuestro mineral oxidado.

- **Tiempo = 20 minutos**

Tabla 17. Análisis granulométrico G – G – S en la molienda

Malla	Abertura (u m)	% Pasante %Ac (-)	log (x)	log (y)	%Pasante Corregido
30	600	99.44	2.7781513	1.997578	115.55717
50	300	97.84	2.4771213	1.990519	87.745812
70	212	88.80	2.3263359	1.9483985	76.442299
100	150	69.26	2.1760913	1.8404635	66.627863
140	106	54.46	2.0253059	1.7360908	58.044788
200	75	46.50	1.8750613	1.6674092	50.592411
-200	-75	0.00			
TOTAL					

El análisis granulométrico G – G – S, aplicado 20 minutos en el molino de bolas y se obtiene 50.59 % Ac Corregido (-) Malla 200.

Tabla 18. Evidencia las constantes en los cálculos del análisis granulométrico G – G – S a 20 minutos.

pendiente (m)	0.3972046
intersección (b)	0.9592353
intersección (b)	0.9593024
k (u m)	416.92136
% pasante corregido	79.999999
P80 (u m)	237.72456

Se evidencia las constantes, utilizadas para hallar el % Ac corregido (-).

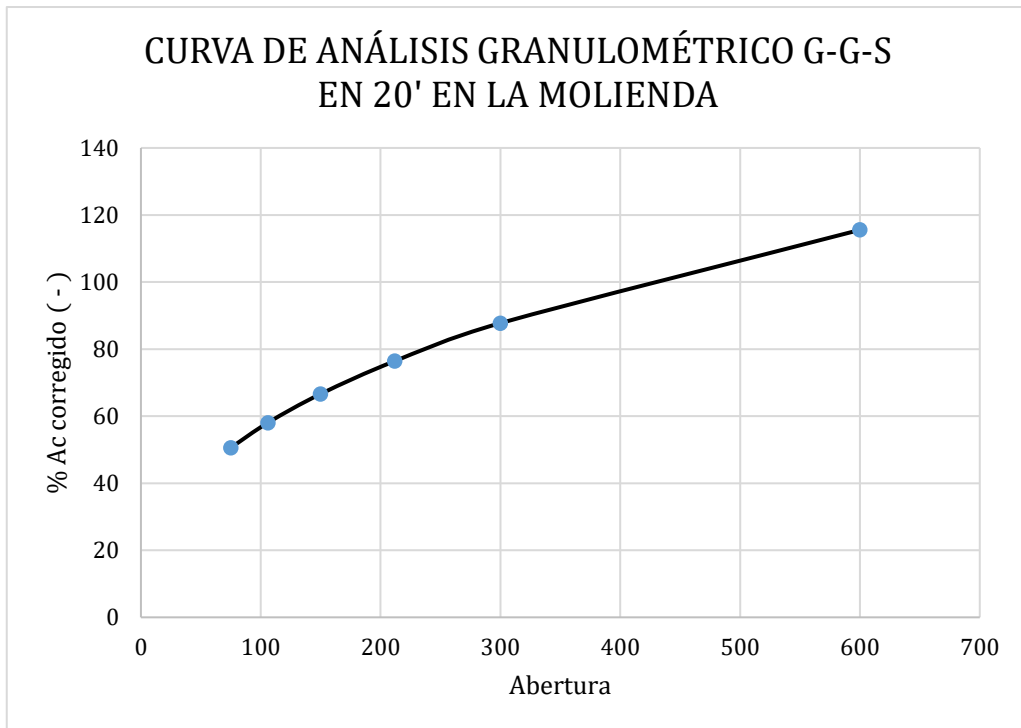


Figura 16. Curva de análisis granulométrico G – G – S en 20 minutos en la molienda.

Obtenida la curva de análisis granulométrica G – G – S en 20 min. La abertura y el pasante corregido en conjunto son valores importantes a considerar dentro de los resultados porque nos permitirá determinar el tiempo óptimo real aplicado a la molienda para nuestro mineral oxidado.

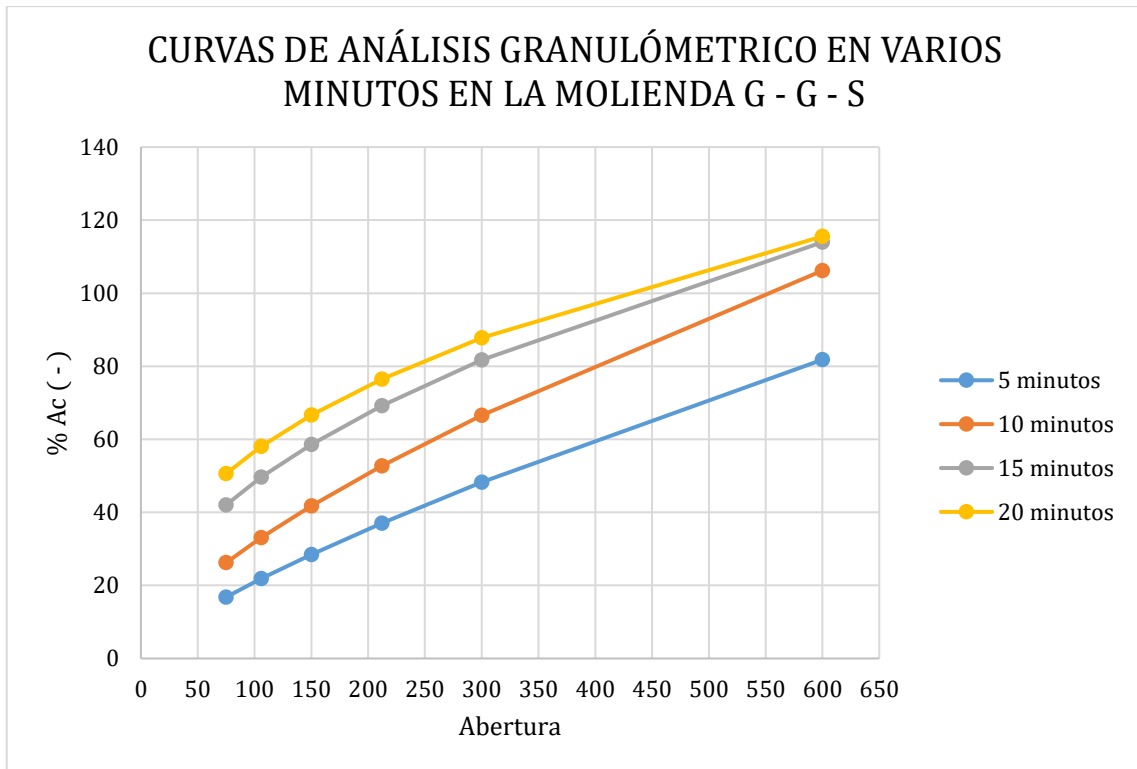


Figura 17. Curva de análisis granulométrico G – G – S en varios minutos.

Tabla 19. Datos obtenidos de % malla (-200).

t	% - 200
5	16.781127
10	26.212659
15	42.040608
20	50.592411

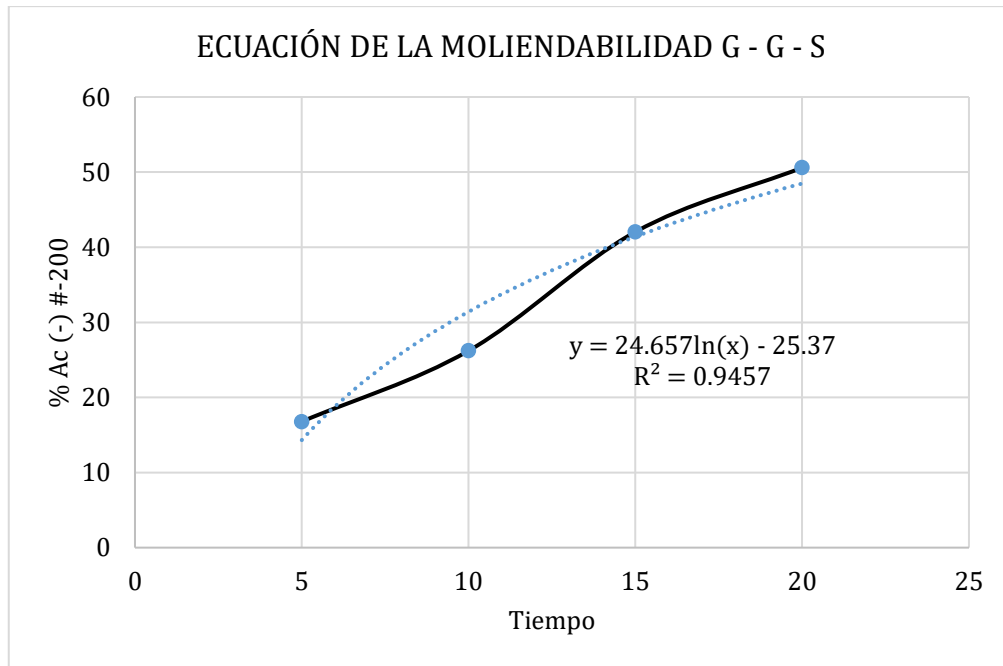


Figura 18. Gráfico de moliendabilidad G – G – S.

Del gráfico, entre los % Ac corregido (-) malla 200 vs los diferentes tiempos de prueba (Fig. 12) se obtuvo la ecuación logarítmica: $y = 24.657\ln(x) - 25.37$

$$\text{despejando } x = e^{\frac{y+25.37}{24.657}}$$

$$x = 21 \text{ min } 8 \text{ segundos}$$

Se consigue, el tiempo óptimo de molienda que debe aplicarse en el molino de bolas (8 x 12) es 21 minutos 8 segundos.

Contrastación de hipótesis

Hi: Se obtiene el tiempo óptimo de molienda en el proceso lixiviación para mineral oxidado a nivel laboratorio, Huacho – 2022.

Ho: No se obtiene el tiempo óptimo de molienda en el proceso lixiviación para mineral oxidado a nivel laboratorio. Según, E. & Pérez, afirma lo contrario, el tiempo está directamente relacionado con el grado de finura de las partículas al interior del molino.

Capítulo V. Discusion

5.1.Discusión de resultados

Para determinar tiempo óptimo del mineral oxidado a través de las operaciones de molienda, se realizan cuatro pruebas experimentales de molienda, obteniendo del mineral curvas de análisis granulométrico como método estándar.

El resultado del tiempo óptimo aplicado al molino de bolas, se obtiene ambos análisis en las ecuaciones de moliendabilidad lineal y en simulaciones G – G – S logarítmica, va existir la granulometría óptima de la partícula de mineral oxidado liberándose a mayor cantidad de tiempo de molienda 21 minutos y 8 segundos en la ecuación logarítmica en comparación 19 minutos y 45 segundos en ecuación lineal, malla 200.

Según Flores, F. (2016) granulometría 52% Ac (-) Malla 200 la cianuración llega a recuperar 93,74% de oro. Determinar en cianuración para mineral baja ley con tamaño partícula 80% Ac (-) malla: 325 a 400 obtiene recuperación del 86,6% y 69,1% de oro.

Tabla 20. % Ac corregido (-) de cada análisis granulométrico G – G – S.

% AC (-) CORREGIDO DE CADA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
malla	Abertura (u m)	5 minutos	10 minutos	15 minutos	20 minutos
30	600	81.797277	106.18466	113.97705	115.55717
50	300	48.242849	66.610836	81.739993	87.745812
70	212	37.031732	52.735677	69.201181	76.442299
100	150	28.452933	41.785729	58.620807	66.627863
140	106	21.840779	33.081685	49.628449	58.044788
200	75	16.781127	26.212659	42.040608	50.592411
-200	-75	0	0	0	0
TOTAL					

Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusion:

1. Se evaluó el tiempo óptimo de molienda, con ecuación logarítmica $Y = 24.657 \ln(x) - 25.37$, existiendo tamaño de partícula Ac (-) 51.08 % malla 200 finas de mineral oxidado, se libera mayor proporción en tiempo 21min 8 s, a malla más fina mayor cantidad % Ac (-). El coeficiente R^2 : 0.9457, indica la línea de ajuste 94.57% en variabilidad de datos en buen ajuste del modelo lineal, como resultado de comprobación de la hipótesis existe buena asociación en recuperación del mineral.
2. Según condiciones óptimas del tiempo de molienda del proceso lixiviación, existiendo una granulometría óptima % Pasante corregido 79.99996, este valor nos indica que todo material pasó por una malla, representa mayor parte de las partículas son pequeñas y la molienda fue efectiva, se reduce tamaño de las partículas a nivel uniforme muy fino; y confirmando con **P80 (μ m): 237.7245**.
3. Identificamos tiempo óptimo de molienda del proceso lixiviación en mineral oxidado, lo confirma Flores, F. (2016) a granulometría más fina 52% Malla 200 en cianuración llega a recuperar 93,74 % oro, según resultados obtenidos para óptima recuperación de cianuración, ejecutado en molienda el tiempo 21min 8s. Ac (-) Malla 200.
4. Se demostró la relación tiempo óptimo de molienda y proceso lixiviación en mineral oxidado, según Fig.: tiempo vs. Moliendabilidad G-G-S, obtiene la ecuación logarítmica $Y = 24.657 \ln(x) - 25.37$, el análisis conforme aumenta al tiempo en 24.657 con ajustado constante 25.37 % Ac (-) malla, representa directamente el aumento en finura del mineral y buena asociación a nivel laboratorio.

6.2. Recomendaciones

1. El Director del Laboratorio, debe promover capacitaciones de empoderar al estudiante y personal con el propósito de sentirse comprometido, motivado y entusiasta en la investigaciones contribuyendo el crecimiento interno de la escuela.
2. Las capacitaciones e inducciones deben ser constantes al investigador durante todo el proceso, usar los equipos de protección personal, protegiéndose de los materiales y reactivos son contaminados y dañinos para su salud.
3. Al involucrar las variables investigadas debe realizar las muestras y los cálculos encontrados, hacerlo a nivel de planta piloto con mucha seguridad, aplicando el proceso.
4. Aplicar dichas investigaciones en controlar los parámetros de lixiviación, granulometría, velocidad de molinos de mayor volumen, con los softwares de SPSS y lenguaje R.

Capítulo VII. Referencias bibliográficas

- Alexandrov Tchobanov, V. (2016). *Impactos geológicos en el grado de liberación de los sulfuros de cobre en el procesamiento mineral de los pórfidos Cu-Mo, distrito Escondida, región de Antofagasta*. Antofagasta.
- Ballester, A, Sancho, J., & Verdeja, L. F. (2000). *Metalurgica extractiva: Fundamento* (Vols. I - II). Madrid, España: Sintesis, S.A.
- Bravo, A. (30 de Agosto de 2003). *Manual de Molienda y clasificación de Minerales*. Casapalca, Perú. Obtenido de <https://goo.gl/Ftz6aE>
- Burga, J. D. (2011). *Diccionario Geológico* (Ingemmet ed.). Lima, Callao, Peru: Arth Grouting S.A.C. Obtenido de www.arth-altuna.com
- Camayo, G., & Tito, B. (2021). Efecto de la granulometría en la cianuración de oro en la concesión Minera Kaswa - Huancavelica. *Ingeniero metalurgista y de materiales*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/8794>
- Carrasco, S. (2019). *Metodología de la Investigacion Cientifica*. Lima.
- Chia Aquije, J. (1984). *Operaciones unitarias en procesamiento de minerales*. Cerro de Pasco.: UNDAC-Pasco.
- Cuadros Romero, D. R. (2020). *Evaluación de la moliendabilidad para el tratamiento de minerales sulfurados de cobre*. Arequipa.
- Diaz Reaño, J. F. (2015). *Evaluación del tamaño de partícula en el proceso de flotación para la recuperación de oro grueso*. Arequipa.
- Domic, E. (s.f.). *Hidrometalurgia fundamento proceso y aplicaciones*. Santiago.
- Domic, E. (2001). *Hidrometalurgia fundamento procesos y aplicaciones*. Santiago: Andros impresores Ltda.

- Echavaudis Chavez, E. X., & Perez Laura, Y. C. (2017). *Determinación del tamaño de partícula óptima en molienda para la concentración por flotación de sulfuro de plomo a partir de un mineral polimetálico*. Huancayo.
- Flores Calli, F. (2016). *Optimización del proceso de lixiviación de minerales auríferos de baja ley – minera Aruntani SAC*. Puno.
- Flores Mamani, C. (2019). *Estudio del proceso de cianuración de minerales auríferos para la recuperación de oro en el proyecto OROPESA, la Rinconada - Puno*. 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. (1996). *Handbook of extractive metallurgy*. Nueva York, Vol. III.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico.
- Huamani, R., Suero, A., Hau, L., Mamani, P., Ascuña, V., & Vega, E. (2019). *Contribucion 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, Bolivia. doi:10.34098/2078-3949.36.5.1
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España. (1988). *Minería Química*. Madrid: Artes graficos MV S.A.
- Jimenez, M., & Prieto, J. (2011). *Determinar el rendimiento de recuperación de oro y plata, aplicando un proceso combinado de flotación y cianuración a los relaves provenientes de las plantas de tratamiento gravimétrico del condominio sur nambija*. Universidad técnica particular de Loja., Loja. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/643/3/TESIS%20MARISOL%20Y%20JANINA.pdf>
- Kotyk, A, & Slavik, J. (1989). *Intracellular ph and its Measurement*. Florida, CRC press inc.
- Kudryk , & Kellogg. (1990). *Hidrometalurgia en los procesos de extracción*. (C. B. N.V, Ed.)

- Kumar, C. (2003). *Chimical metalurgy*. WILEY - VCH. Verlag GmbH & Co. KGAA.,
Munbai.
- Leal Gomez, C. (2010). *Aplicacion del carbon activado en el proceso de extraccion de oro y plata de la empresa minera La Baja*. Municipio de California - Santander.,
Bucaramanga, Colombia.
- Leyton Arce, J. J. (2020). *Caracterización mineralógica de mineral de cobre con mena principal de calcopirita en dos molinos de laboratorio*. Lima.
- Leyton Arce,, J. (2020). *Caracterizacion mineralogica de mineral de cobre con mena preincipal de calcopirita en dos molinos de laboratorio*. Lima.
- Mardden J, & Lain , C. (2006). *The Chemistry of Gold Extraction*. *Society for Mining Metalurgy and Exploration, Inc*. Colorado.
- Marsden J, & House I. (1992). *The chemistry of the*. Ellis Horwood, New York.
- Marsden, J., & House, C. (2006). *La quimica de extraccion de oro*. Colorado, USA:
Sociedad Minera Metalurgia y Exploracion (SME): Littleton.
- Mendez Alvarez, C. E. (2012). *Metodologia: Diseño y desarrollo del proceso de investigacion con énfasis en ciencias empresariales* (4a. Edicion. ed.). Mexico:
Limusa. Obtenido de www.noriega.com.mx
- Ministerio de energía y minas. (2003). *Glosario tecnico minero*. Bogota: INGEOMINAS.
- Misari, C. F. (2010). *Metalurgia del oro*. Lima, Peru: San Marcos E.I.R.L.
- Misari, F. (2010). *Metalurgia del oro*. Lima: San Marcos.
- Munnier Gonzales, C. R. (2019). *Efecto del calentamiento en la moliendabilidad del mineral*. Concepción.
- Namakforoosh, M. (s.f.). *Metodologia de la investigacion CD*. Mexico: Limusa.
- Naranjo, D. (2012). *Flotacion directa de oro nativo grueso, como subtitulo de la amalgamacion tradicional*. Universidad Nacional de Colombia, Medellin. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7226/1/43469333.2012.pdf>
- Pérez, J., & Gardey, A. (2009). *Definiciones*. Obtenido de <https://definicion.de/influencia/>

- Portal minero. (2006). *Manual general de minería y metalurgia*. Servicios de impresión Laser S.A., Santiago.
- Raffino, M. (2021). *conceptos*. Obtenido de Solución Química:
<https://concepto.de/solucion-quimica/#ixzz6yeLXULxQ>
- Salinas, L., Rivera, I., Carrillo, R., Patiño, F., Hernández, J., & Hernández, L. (2001). Mejora del proceso de cianuración de oro y plata, mediante la preoxidación de minerales sulfurosos con ozono. *Revista de la Sociedad Química de México*, 315-320.
- Santos Sepulveda, J. A. (2020). *Evaluación experimental al proceso de concentración de cobre – cobalto mediante pruebas de concentración magnética y flotación de espuma a escala de laboratorio a partir de un mineral rico en magnetita – pirita – calcopirita*. Curicó.
- Saravia, S. (2018). *Optimización del proceso de cianuración en la Minera veta Dorada S.A.C.* Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8700>
- Saravia, S. (2018). Optimización del Proceso de Cianuración en la Minera Veta Dorada S.A.C. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8700>
- Significado. (2017). *Significado*. Obtenido de Significado de Oxígeno:
<https://www.significados.com/oxigeno/>
- Soto Contreras, D. A. (2017). *Evaluación del efecto blending en la recuperación de minerales de Cu-Mo con alto contenido de arcillas, en la etapa de flotación rougher, y el efecto de reactivos en pruebas de laboratorio*. Concepción.
- Teijon J, Garcia J, Jimenez Y, & Guerrero I. (2006). *La química en problemas*. Madrid.
- Wills, B. (1994). *Tecnología de los procesamiento de minerales*. Programa educativos S.A., Mexico DF.
- Yana Vilca, J. (2018). *Optimización del proceso de cianuración de oro en la planta de la joya Mining*. 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: Tamizado, método de análisis de tamaño de partículas.

Expresaremos el tamaño de partícula según la medida a utilizar o el tipo de dispositivo empleado.

- **Tamizado:**

E. & Pérez, Y. (2017) afirma, un método muy utilizado en la actualidad. La parte sólida se introduce en los tamices de arriba hacia abajo, sus aberturas son de diferentes proporciones en una escala de mayor a menor (Figura 19).



Figura 19. Secuencia de orden en los tamices. Fuente: Laboratorio de la E.P.I.M.

- **Caracterización por tamizado**

E. & Pérez, Y. (2017) afirma las muestras son tamizadas en el RO - TAP con mallas ordenadas forma secuencial, diámetro específico y estandarizado; asimismo, su proceso de agitación se puede realizar a un tiempo “n”; aplicando técnicas propias del investigador.

Anexo 2. Mallas.

Las especificaciones se basan en el número de aberturas de mallas por pulgada lineal dentro del tamiz (MESH); espesor del alambre y/o diámetro de abertura. Como muestra la (Fig. 20) se visualiza las mallas con distinto MESH; la abertura será menor si el MESH es mayor. El diámetro de cada tamiz determina el tamaño de partícula (Echavaudis & Perez, 2017)



Figura 20. Mallas con diferentes MESH. Fuente: Laboratorio de la E.P.I.M.

Anexo 3: Tamices estándares.

Echavaudis & Perez, (2017) actualmente se evidencia varios tamices estándares que existen en el mercado industrial, menciona algunos: ISO; ASTM; DIN; JSA/JIS; AFNOR. Y, dichas partículas retenidas luego de pasar por la malla, calcula mediante la media aritmética y/o geométrica; entre la abertura de malla pasante y la retenida, se caracteriza el tamaño, según intervalo:

$$dp = \frac{(d_p + d_i + 1)}{2}$$

ASTM	Sieve Opening		$d_{p,i} = d_i / (2^{0.25})$
	(in)	(mm)	(in)
4	0.187	4.76	
5	0.157	4	0.15724763
6	0.132	3.36	0.132020737
7	0.111	2.83	0.110998327
8	0.0937	2.38	0.093339502
10	0.0787	2	0.078791994
12	0.0661	1.68	0.066178548
14	0.0555	1.41	0.055583253
16	0.0469	1.19	0.046669751
18	0.0394	1	0.039438042
20	0.0331	0.84	0.033131319
25	0.028	0.71	0.027833671
30	0.0232	0.589	0.0235451
35	0.0197	0.5	0.019508797
40	0.0165	0.42	0.016565659
45	0.0138	0.351	0.013874791
50	0.0117	0.297	0.011604371
60	0.0098	0.25	0.009838488
70	0.0083	0.21	0.008240785
80	0.007	0.177	0.00697944
100	0.0059	0.149	0.005886275
120	0.0049	0.124	0.004961289
140	0.0041	0.104	0.004120392
170	0.0035	0.088	0.003447675
200	0.0029	0.074	0.002943137

ANEXO 4:

Tabla 21. Matriz consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO Y TÉCNICAS
<p><u>Problema General</u></p> <p>¿Cuál será tiempo óptimo de molienda en mineral oxidado del proceso de lixiviación a nivel de laboratorio, Huacho - 2022?</p>	<p><u>Objetivos General</u></p> <p>Evaluar tiempo óptimo de molienda y proceso de lixiviación en mineral oxidado a nivel laboratorio, Huacho - 2022.</p>	<p><u>Hipótesis General</u></p> <p>Se obtiene el tiempo óptimo de molienda en el proceso de lixiviación para mineral oxidado a nivel laboratorio, Huacho - 2022.</p>	<p>(X)</p> <p>Tiempo óptimo de molienda.</p>	<p>X.1.- Condiciones de molienda.</p> <p>X.2.- Factores de molienda</p> <p>X.3.- Condiciones de los minerales.</p>	<p>X.1.1.- Área de estudio.</p> <p>X.1.2.- Características del mineral.</p> <p>X.2.1.- Análisis granulométrico</p> <p>X.2.2.- Moliendabilidad</p> <p>X.2.3.- Índice de trabajo</p> <p>X.2.4.- Tiempo óptimo de molienda.</p> <p>X.3.1.- Carga del mineral</p> <p>X.3.2.- Suministro de agua</p> <p>X.3.3.- Carga de bolas/barras</p>	<p>Tipo de Investigación: Descriptiva - correlacional</p> <p>Diseño de Investigación: Experimental - transversal</p> <p>Población = 6 Kg. De Mineral de la mina Tantahuatay-Cajamarca.</p> <p>Muestra = 500g Mineral de óxido</p> <p>Método: Estadística descriptiva e inferencial, excel..</p> <p>Técnicas: Acopiar Datos: Observación</p> <p>Instrumentos: Análisis Documental.</p>

<u>Problemas Específicos:</u>	<u>Objetivos Específicos:</u>	<u>Hipótesis Específicos:</u>				
<p>¿Cuál serán las condiciones óptimas del tiempo de molienda y proceso lixiviación en mineral oxidado a nivel laboratorio - 2022?</p> <p>¿De qué manera el tiempo óptimo incide en el proceso de lixiviación en minerales oxidados a nivel de laboratorio, Huacho - 2022?</p> <p>¿Cómo se relacionan tiempo óptimo de molienda y proceso de lixiviación en minerales oxidados a nivel de laboratorio, Huacho - 2022?</p>	<p>Evaluar las condiciones óptimas del tiempo de molienda en el proceso lixiviación en mineral oxidado a nivel laboratorio, Huacho – 2022.</p> <p>Identificar tiempo óptimo de molienda y proceso lixiviación en mineral oxidados a nivel laboratorio, 2022.</p> <p>Demostrar como se relacionan tiempo óptimo de molienda y proceso de lixiviación en mineral oxidado a nivel laboratorio, Huacho, 2022.</p>	<p>Las condiciones óptimas del tiempo de molienda en el proceso lixiviado para mineral oxidado a nivel laboratorio, Huacho - 2022.</p> <p>El tiempo óptimo va incidir en el proceso de lixiviación para los minerales oxidados a nivel laboratorio, Huacho - 2022..</p> <p>Tiempo óptimo de molienda se relacionará en el proceso lixiviación para un mineral oxidado a nivel de laboratorio, Huacho - 2022.</p>	<p>(Y)</p> <p>Proceso de lixiviación.</p>	<p>Y.1.- Características.</p>	<p>Y.1.1.- Muestra del mineral</p> <p>Y.1.2.- Densidad del agua</p> <p>Y.1.3.- Cálculo de la densidad del mineral</p> <p>Y.1.4.- Gravedad específica</p> <p>Y.1.5.- Densidad de la pulpa</p> <p>Y.1.6.Tiempo de molienda</p>	<p>Tipo de Investigación: Descriptiva - correlacional</p> <p>Diseño de Investigación: Experimental - transversal</p> <p>Población: 6 Kg. De Mineral de la mina Tantahuatay - Cajamarca.</p> <p>Muestra: 500g Mineral de óxido</p> <p>Método: Estadística descriptiva e inferencial, excel.</p> <p>Técnicas: Observación</p> <p>Acopiar Datos: Análisis Documental.</p>