



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



**“RECUPERACIÓN DE ORO CON UN CONCENTRADOR
GRAVIMÉTRICO FALCON SB40 A PARTIR DE RELAVES DE
ORO EN LA EMPRESA MINERA CORI PUNO – UNTUCA,
REGIÓN PUNO.”**

TESIS

PRESENTADA POR:

EDSON SULLCA QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO METALURGISTA

PUNO – PERU

2022



DEDICATORIA

Con mucho cariño a mi familia, en especial a mis padres Irene y Eusebio por su apoyo incondicional, amor y confianza durante todos estos años.

A mi esposa Carmen, por acompañarme durante este proceso y creer siempre en mí.

A mi hijo Edson Sebastián, por ser mi fuente de inspiración y motor para lograr mis metas.

Edson.



AGRADECIMIENTOS

A la universidad nacional del altiplano, a mis docentes y en especial a mi asesor ing. Alberto Maquera, por el tiempo dedicado y los conocimientos compartidos. al ing. Henry Arteaga, por brindarme los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación y desarrollo de este trabajo.

Edson.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 11

ABSTRACT..... 12

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 13

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 14

1.2.1. Problema General..... 14

1.2.2. Problema específicos..... 14

1.3. JUSTIFICACION DE ESTUDIO 15

1.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN 16

1.4.1. Objetivo general 16

1.4.2. Objetivo específicos 16

1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 16

1.5.1. Hipótesis general..... 16

1.5.2. Hipótesis Específicas..... 16

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES..... 17



2.1.1. Antecedentes internacionales	17
2.1.2. Antecedentes nacionales	18
2.1.3. Antecedentes locales	20
2.2. MARCO TEÓRICO	22
2.2.1. Relave minero	22
2.2.2. Origen de los relaves auríferos.....	22
2.2.3. Características de los relaves auríferos gravitacionales	23
2.2.4 Relaves de residuos a recursos	23
2.2.5. ley de Cut – Off.....	23
2.2.6. Concentración gravimétrica	24
2.2.7. Criterio de concentración	25
2.2.8. Concentrador falcón	27
2.2.9. Aplicación concentrador falcón	28
2.2.10. Rendimiento metalúrgico	28
2.2.11. Rendimiento mecánico.....	29
2.2.12. Vibración.....	29
2.2.13. Uso de agua concentrador falcón	30
2.2.14. Costo.....	30
2.2.15. Concentrador centrífugo Falcon: parámetros de diseño operativo.....	30
2.2.16. Aplicaciones de los concentradores Falcón	31
2.3. MARCO CONCEPTUAL	32

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO	34
3.1.1. Ubicación	34



3.1.2. Accesibilidad.....	35
3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
3.2.1. Método general.....	36
3.2.2. Método específico.....	36
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.5. POBLACIÓN.....	37
3.5.1. Muestra de estudio.....	37
3.6. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	37
3.6.1. Infraestructura.....	38
3.6.2. Equipos.....	38
3.6.3. Materiales de laboratorio.....	38
3.6.4. Materiales de oficina.....	38
3.7. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	38
3.7.1. caracterización del relave.....	38
3.7.2. muestreo y cuarteo de muestras.....	39
CAPÍTULO VI	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. PRUEBAS GRAVIMÉTRICAS EN EL LABORATORIO.....	40
4.1.1. Uso del falcón SB40.....	40
4.2. PRUEBAS PRELIMINARES.....	41
4.3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL DIAGRAMA.....	42
4.4. BALANCE GENERAL DE LAS PRUEBAS.....	45
4.4.1. Balance metalúrgico proyectado.....	45
4.5. BALANCE METALÚRGICO DEL PROYECTO.....	45



4.6. BENEFICIO DEL BALANCE METALÚRGICO DEL PROYECTO	46
V. CONCLUSIONES.....	48
VI. RECOMENDACIONES	49
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXOS.....	53

Área: Metalurgia extractiva

Tema: Recuperación de oro con un concentrador gravimétrico falcon sb40 a partir de relaves de oro

Fecha de sustentación: 22 de diciembre del 2022



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones de modelo Falcon SB	31
Tabla 2. Accesibilidad de área del proyecto de estudio.....	35
Tabla 3. Parámetros Falcón SB 40.....	40
Tabla 4. Prueba preliminar 1.....	41
Tabla 5. Prueba preliminar 2.....	42
Tabla 6. Prueba preliminar 3.....	42
Tabla 7. Resultados de la prueba 1. Fecha 17/05/2021.....	43
Tabla 8. Resultados prueba 2. Fecha de muestro 17/05/2021.....	43
Tabla 9. Resultados prueba 3 fecha de muestro 18/05/2021	43
Tabla 10. Resultados prueba 4 fecha de muestro 18/05/2021	43
Tabla 11. Resultados prueba 5 fecha de muestreo 18/05/2021.....	44
Tabla 12. Resultados de la prueba 6 fecha de muestreo 18/05/2021	44
Tabla 13. Resultados de la prueba 7 fecha de muestreo 12/06/2019	44
Tabla 14. Consolidado de pruebas obtenemos el balance general.....	44
Tabla 15. Balance metalúrgico proyectado.....	45
Tabla 16. Balance metalúrgico del proyecto.....	45



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Recuperación según criterio de concentración y tamaño de las partículas. ...	27
Figura 2. Concentrador Falcón	28
Figura 3. Cuarteo de muestras	39
Figura 4. Diagrama de pruebas preliminares	41
Figura 5. Diagrama de pruebas concentrado 1 y 2	41
Figura 6. Mesas para las muestras	65
Figura 7. Balanzas de peso	65
Figura 8. Muestras	66
Figura 9. Muestras de mineral	66
Figura 10. Estufa de secados de muestras	67
Figura 11. Sección de gravimetría	67
Figura 12. Concentrador falcon	68
Figura 13. Falcón SB40	68
Figura 14. Vista panorámica de la unidad minera Untuca.....	69



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

Au:	Oro
TMH:	Toneladas Métricas Húmedas de 1000 kg.
TMS:	Toneladas Métricas Secas (descontada la humedad) de 1000 kg.
%:	porcentaje
(°):	Grados



RESUMEN

En los últimos años, la minería ha experimentado un crecimiento sin precedentes, lo que ha dado lugar a nuevos problemas económicos, sociales y medioambientales. La gestión de los depósitos de relaves, que son suspensiones finas de sólidos en líquido y comprenden principalmente el mismo material que se encuentra in situ en el yacimiento del que se han extraído los valores minerales deseados mediante reactivos químicos, representa un importante desafío medioambiental asociado a las operaciones mineras. Los estériles mineros se consideran un pasivo ambiental con un alto potencial contaminante por su tendencia a crear drenaje ácido de mina. Dentro de los estériles también tenemos minerales de interés económico en bajas concentraciones, pero contenidos en un gran volumen de estériles. En la investigación se logra recuperar los minerales de interés existentes en los relaves recuperando de oro del relave de flotación con un concentrador gravimétrico Falcon SB40. El objetivo de la investigación es recuperar oro con un concentrador Gravimétrico Falcon SB40 a partir de relaves de Oro. La investigación es de diseño experimental, nivel descriptivo y de tipo aplicada. Se tomaron muestras del relave final de flotación en diferentes días donde procedió a realizar las pruebas gravimétricas en el Laboratorio Metalúrgico, usando el Falcon SB40, en total fueron 10 pruebas realizadas, las primeras 3 fueron preliminares para ver el comportamiento ante distintos escenarios, luego de obtener los resultados optamos por la prueba más sencilla la cual baja la ley del relave de 0.6 a 0.5 g/t, esta diferencia de 0.1 g/t retornaría al circuito de la planta concentradora. Continuando con las 7 pruebas siguientes y haciendo el consolidado podemos disminuir la ley del relave promedio de 0.69 a 0.57 g/t. Mediante estas pruebas se ha obtenido una recuperación del 19% del oro que se va al relave, el peso del concentrado es de aproximadamente 50 t/d con una ley de ~ 4.8 g/t. Llegando a las conclusiones el relave final proyectado es de 0.61 g/t, pero usando el concentrador gravimétrico para el relave tenemos una recuperación estimada de 19%, procesando 1755 t/d del relave y con el precio del oro aproximadamente de USD 1300 por Onza, se podrían recuperar 6.61 onzas/día lo que representaría USD 257,881.53 por mes que dejaría de irse al relave.

Palabras claves: Concentrador gravimétrico, flotación, relaves y oro.



ABSTRACT

In recent years, mining has experienced unprecedented growth, giving rise to new economic, social and environmental problems. The management of tailings deposits, which are fine suspensions of solids in liquid and mainly comprise the same material found in situ in the deposit from which the desired mineral values have been extracted using chemical reagents, represents a major environmental challenge associated with mining operations. Mine tailings are considered an environmental liability with a high polluting potential due to their tendency to create acid mine drainage. Tailings also contain minerals of economic interest in low concentrations, but contained in a large volume of tailings. The objective of the research is to recover the minerals of interest existing in the tailings by recovering gold from the flotation tailings with a Falcon SB40 gravimetric concentrator. The research is of experimental design, descriptive level and applied type. Samples of the final flotation tailings were taken on different days where we proceeded to perform gravimetric tests in the Metallurgical Laboratory, using the Falcon SB40, a total of 10 tests were performed, the first 3 were preliminary to see the behavior in different scenarios, after obtaining the results we opted for the simplest test which lowers the tailings grade from 0.6 to 0.5 g/t, this difference of 0.1 g/t would return to the concentrator plant circuit. Continuing with the next 7 tests and doing the consolidation we can decrease the average tailings grade from 0.69 to 0.57 g/t. Through these tests we have obtained a recovery of 19% of the gold that goes to the tailings, the weight of the concentrate is approximately 50 t/d with a grade of ~ 4.8 g/t. In conclusion the final projected tailings is 0.61 g/t, but using the gravimetric concentrator for the tailings we have an estimated recovery of 19%, processing 1755 t/d of tailings and with a gold price of approximately USD 1300 per Ounce, we could recover 6.61 oz/day which would represent USD 257,881.53 per month that would no longer go to the tailings.

Key words: Gravimetric concentrator, flotation, tailings and gold.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La mayor industria productora de Perú es la minería. Debido a sus enormes recursos, el país está considerado como una nación minera de categoría mundial y encabeza la lista de naciones latinoamericanas con los mayores niveles de inversión en minería. En los últimos 15 años, la minería ha experimentado un crecimiento sin precedentes, lo que ha dado lugar a nuevos problemas económicos, sociales y medioambientales.

La gestión de los depósitos de relaves, que son suspensiones finas de sólidos en líquido y comprenden principalmente el mismo material que se encuentra in situ en el yacimiento del que se han extraído los valores minerales deseados mediante reactivos químicos, representa un importante desafío medioambiental asociado a las operaciones mineras. Este residuo es una solución acuosa que contiene un 60% de partículas y al menos un 40% de agua.

La minería en el Perú se encuentra en proceso de desarrollo, particularmente la tecnología minera, y en la actualidad sus procesos son un tanto ineficientes o no tienen un rendimiento adecuado, presentando una pérdida de minerales en sus procesos de recuperación y tratamiento; estos metales generalmente terminan en los relaves, donde son almacenados y desechados por el resto de la vida de la mina. La flotación es uno de los procesos más utilizados en nuestra industria minera para la concentración de los minerales de interés, ya que es amigable con el medio ambiente, de bajo costo y produce buenos resultados; sin embargo, la recuperación de los minerales no es lo suficientemente



alta en este proceso, por lo que siempre hay material de interés en los relaves, ya sea por un proceso inadecuado, por alguna falla humana en la flotación o por las características del material que no permiten una recuperación total. Los estériles mineros se consideran un pasivo ambiental con un alto potencial contaminante por su tendencia a crear drenaje ácido de mina, contaminación de metales en el suelo y el agua, así como un problema social y económico por la incapacidad del minero de utilizar el mineral valioso. Dentro de los estériles también tenemos minerales de interés económico en bajas concentraciones, pero contenidos en un gran volumen de estériles; así, se pueden concentrar los minerales aumentando su contenido o grado y disminuyendo el volumen de estériles que lo contiene.

En la investigación se logra recuperar los minerales de interés existentes en los relaves de la unidad minera planta de beneficio Untuca, recuperación de oro del relave de flotación con un concentrador gravimétrico falcon sb 40.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿Cómo recuperar oro con un concentrador gravimétrico Falcon SB40 a partir de los relaves de oro en la empresa minera Cori Puno- Untuca, Región Puno?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuánto incrementa la recuperación de oro con el concentrador gravimétrico Falcon SB40 a partir de relaves?
- ¿Cómo se realizará el balance metalúrgico en el concentrador gravimétrico falcon sb40 a partir de los relaves oro?



1.3. JUSTIFICACION DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación, recuperación de oro con un concentrador gravimétrico a partir de los relaves es significativo porque permite recuperar el valor económico de los relaves de oro de baja ley mediante la concentración gravimétrica. Como resultado del innovador método de procesamiento del mineral de oro, se benefician tanto Minera Untuca.

En los relaves finales de la planta concentradora cada vez se están incrementando el desplazamiento de oro libre fino, debido también al incremento de tonelaje tratado, estando el oro libre en partículas muy finas de acuerdo al análisis de microscopia de los relaves, se ve la necesidad de realizar pruebas de gravimetría para poder 29 recuperar ese oro que no se puede recuperar en el circuito de flotación actual.

Teniendo en cuenta que el oro libre está en rangos muy finos es necesario usar un concentrador gravimétrico con alta fuerza G por lo tanto procedemos a modificar las condiciones de operación del FALCON SB40.

El concentrador Falcon es una de ellas, que permite una mayor concentración del tamaño de las partículas finas y no sólo se basa en la fuerza centrífuga para separar los minerales de diferentes minerales, sino que también tiene la capacidad de mejorar el porcentaje de recuperación del concentrado de oro fino. Es fundamental destacar la dificultad en la recuperación del material valioso, por lo que es necesario investigar otras técnicas de concentración que aprovechen las propiedades físicas del material. Mediante el uso de la gravedad o las fuerzas centrífugas, las formas y la gravedad específica se separan entre sí.

El presente trabajo de investigación busca optimizar la recuperación de oro de los relaves de flotación, beneficia económicamente directa a la empresa minera Untuca.



1.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Recuperar oro con el concentrador gravimétrico Falcon SB40 a partir de los relaves de oro de la empresa minera Cori Puno – Untuca, Región Puno.

1.4.2. Objetivos específicos

- Incrementar la recuperación de oro con el concentrador gravimétrico Falcon SB40 a partir de relaves.
- Desarrollar el balance metalúrgico en el concentrador gravimétrico falcon SB40 a partir de los relaves oro.

1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Hipótesis general

Se recupera oro con un concentrador gravimétrico Falcón SB40 a partir de relaves de oro en la empresa minera Cori Puno – Untuca, Región Puno.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- Se incrementa la recuperación de oro con un concentrador gravimétrico Falcon SB40 a partir de relaves.
- Se desarrolla el balance metalúrgico en el concentrador gravimétrico Falcon SB 40 a partir de relaves.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes internacionales

Manuel, (2016) en su tesis titulada. “Recuperación gravimétrica de Au en el proceso de flotación de sulfuros masivos”. Tuvo como objetivo general. “Es el de concentrar Au gravimétrico con muestras del proceso, promover la instalación de más concentradores gravimétricos que puedan incrementar la recuperación de Au sin afectar la flotación selectiva”. Llegando a las conclusiones. “Las concentraciones de Au obtenidas en estas pruebas demuestran que aún es posible concentrar Au gravimétricamente. Se tiene alta relación de concentración y recuperación con las muestras del flujo de las colas de los concentradores XD-20 debido a su baja capacidad (30 % de eficiencia en la recuperación de Au) y a que en la carga recirculante de los molinos de bolas se encuentra el mayor contenido de Au gravimétrico con un alto flujo volumétrico. Con las muestras de gruesos de remolienda de Zn y colas de columna de Pb al aumentar la alimentación al concentrador hay una tendencia a incrementar la concentración y la recuperación habiendo un punto máximo de esta relación, y posterior a esta alimentación se tiene una caída, principalmente en la recuperación debido a sobrepasar la capacidad del equipo”.

Cabrera, (2015) en su tesis titulada. “Recuperación de oro por gravimetría de mineral proveniente del Distrito Minero Nambija Condomio Sur”. Tuvo como objetivo general. “Recuperación de oro mediante la aplicación de métodos gravimétricos: Mesa Vibratoria y Concentración Centrífuga Knelson; estimando los porcentajes de



rendimiento”. Llegando a las conclusiones. “El peso específico del material obtenido dentro del Distrito Minero Nambija (Condominio Sur) es de 3,08 g/cm³. El análisis químico de cabeza nos da una ley equivalente a 0,262 ppm de Au, 537 ppm de Pb, 1,785 ppm de Cu, 38,430 ppm de Fe, 2,84 ppm de Pt, 252,2 ppm de Zn. La granulometría inicial del material corresponde a un D80= 17 mallas. El análisis mineralógico nos presenta los siguientes resultados: Pirrotina 41%, Esfalerita 22%, Pirita 13%, Calcopirita 3% y Minerales de Roca con un 12%; complementariamente a esto se realizó un análisis de difracción de rayos x en donde tenemos: Albita 4,38%, Augita PX 0,78%, Andradita 31,58%, Augita 3,75%, Vermiculita 0,28%, Enstatita 0,69%, Calcita 3,26%, Caolinita 3,37%, Natrolita 0,79%, Pirita 6,28%, Cuarzo 19,04%, Forsterita 8,06%, Hialofana 17,74%. No se logró detectar oro debido a sus bajas leyes. Con estos resultados se determina que la roca corresponde a un SKARN. El mejor rendimiento de concentración de oro para el ensayo de mesa vibratoria se obtiene a 125 mallas con 15 min de molienda, con una recuperación del 37,78 %”.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Lobe, (2018) en su tesis titulada. “Concentración de magnetita y oro libre, en los suelos aluviales de Inguro (Bellavista, Jaén, Cajamarca) por el método gravimétrico, como una alternativa ambiental”. Tuvo como objetivo general. “Determinar si la magnetita y oro libre en los suelos aluviales del C.P. Inguro (distrito Bellavista, provincia Jaén y departamento Cajamarca) pueden extraerse por el método gravimétrico, como alternativa ambiental”. Llegando a las conclusiones. “De acuerdo a las pruebas experimentales utilizando el método gravimétrico se logra recuperar en el caso del oro (Au) desde el 71,51% hasta 74,5% y en el caso de la magnetita (Fe₃O₄) desde el 73,28% hasta 74,0% para los 17 puntos de muestreo; lo cual es una alternativa para controlar el impacto ambiental de los suelos, al no utilizar tóxicos (Mercurio, Cianuro) para su



recuperación. Al completar el muestreo sistemático y tener las leyes de los análisis, se confirma que el material de entrada para el oro libre es de $0,40 \text{ g/m}^3$ y en el caso de la magnetita es de $15,0 \text{ mg/kg}$; determinándose la concentración promedio del proceso gravimétrico en oro libre $9,9 \text{ g/m}^3$ y en la magnetita de $66,14 \text{ mg/kg}$. De acuerdo al análisis estadístico practicado, para el oro libre, respecto al mineral de entrada con el relave se ha logrado determinar la correlación negativa baja, con el concentrado positiva alta y con la recuperación es negativa alta. Para la magnetita, respecto al mineral de entrada con el relave, se ha logrado determinar la correlación positiva muy alta; con el concentrado, positiva muy alta y con la recuperación, es positiva moderada”.

Huarecallo, (2019) en su tesis titulada. “Optimización del proceso de recuperación de oro con un concentrador centrífugo para la pequeña minería aurífera”. Tuvo como objetivo general. “La optimización del proceso de recuperación de oro con una granulometría conveniente obtenida de un concentrador centrífugo para la pequeña minería”. Llegando a las conclusiones. “Se concluye que se realizó la caracterización física del mineral se determinó el % de humedad y resultó $2,25 \%$ mientras el peso específico fue de $2,7 \text{ g/cm}^3$, se conoció el análisis granulométrico del mineral después de cada tiempo de molienda hasta obtener un 70 o 71% malla -200 . Utilizando este método de recuperación mediante el concentrador falcón SB evitamos el uso de reactivos como mercurio y otros que afectan al medio ambiente, y así también se reduce los gastos de consumo en reactivos. Se varió diferentes flujos de agua en las pruebas con el concentrador falcón, con el propósito de conocer este parámetro y ver sus resultados, se realizaron pruebas piloto variando el flujo, mejorando así la recuperación en un 40% con respecto a los obtenidos en la planta piloto por la minera”.



2.1.3. Antecedentes locales

Trujillo, (2020) en su tesis titulada. “Optimización del proceso gravimétrico del concentrador FALCON para la recuperación de estaño fino a partir de relaves en la mina San Rafael”. Tuvo como objetivo general. “Si optimizamos las variables influyentes en el proceso gravimétrico falcón a nivel planta piloto se maximiza la recuperación de estaño fino a partir de relaves en la unidad minera san Rafael”. Llegando a las siguientes conclusiones. “Al termino de las pruebas metalúrgicas a nivel de laboratorio se llega a una recuperación máxima de estaño fino a partir de relaves utilizando el proceso gravimétrico falcón es de 56. 42 % demostrándose que se incrementó en 7.6 % de recuperación a una granulometría de 15 micras. Haciendo una comparación con la recuperación a nivel experimental la pendiente ascendiente es de 63.23% con una granulometría de 16 con un tiempo de 175 segundos. Para optimizar el 7.6 % de recuperación de estaño fino a partir de relaves; se inició alimentando la pulpa al concentrador centrifugo gravimétrico falcon con 22 micrones hasta llegar a 15 micrones que es la granulometría óptima”.

Calizaya, (2021) en su tesis titulada. “Implementación de espiral gravimétrico para la recuperación de relave de baja ley in situ en la minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurímac”. Tuvo como objetivo general. “Implementar el espiral gravimétrico para la recuperación del valor comercial de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurímac”. llegando a las conclusiones. “La ley mineral se incrementa de 0.22 a 0.81 Oz/Tm, asimismo el relave aurífero de baja ley se reduce de 150 Tm a 34 Tm de concentrado, cuyo valor comercial cubre todos los costos (costo de producción y costo de la comercialización) y nos genera una utilidad de 115 06.10 \$; el cual en soles equivale 38 200.2 nuevos soles. Los espirales se caracterizan por tener buenos índices de recuperación, de igual manera tienen bajo factor de enriquecimiento,



por este motivo los espirales son utilizados en la fase de preconcentración o para la recuperación de minerales residuales. En el proceso de concentración de los relaves auríferos se obtuvo una recuperación de 0,83.44 %, el cual se obtuvo con los parámetros operacionales siguientes: fracción de sólidos 0,2 (20%) y caudal de agua manejado de 73 L/min.

Morales, (2016) en su tesis titulada. “Determinación de CUT -OFF de mineral de cancha para la recuperación Gravimétrica de Oro-zona Limbani Puno”. Tuvo como objetivo general. “Determinar el Cut-Off a partir de las variables óptimas para la concentración gravimétrica de relaves de oro utilizando un equipo concentrador FALCON - ICON a través de métodos estadísticos de análisis y análisis de laboratorio de concentración gravimétrica que permitan determinar el máximo rendimiento de la concentración gravimétrica de mineral de oro”. Llegando a las siguientes conclusiones. “La molienda está íntimamente ligado a la liberación de las partículas económicamente importantes, es decir el oro y el mercurio que encapsula partículas de oro. Para este concentrador se determinó que el mejor grado de liberación se obtiene a malla -200, aun a malla -150 el porcentaje de recuperación es muy bueno, casi dobla el obtenido por amalgamación. Una buena densidad de flujo es vital para que el concentrador no se atore en la ingesta del material para el proceso, una densidad demasiado baja entorpece hasta bloquear el proceso de concentración. Una densidad demasiado alta genera una dispersión muy elevada aumentando la posibilidad de que el material valioso sea eyectado junto con la ganga y sea muy pobre el porcentaje de material recuperado. Como resultado, la densidad de flujo óptima está íntimamente ligada al grado de molienda del material, para malla -100,-150 y -200 las densidades de flujo óptimas fueron 1.465, 1.495 y 1.51 gr/cm³”.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Relave minero

Son los subproductos sólidos finamente molidos de la recuperación de metales. Una vez trituradas y pulverizadas las rocas metálicas, se someten a una serie de procedimientos físicos y químicos conocidos como concentración o beneficio para extraer los metales. Una vez completado el proceso, se recupera el componente valioso, el concentrado, y lo que queda son los residuos o colas. (Meza y otros, 2011).

El proceso de recuperación de minerales y metales preciosos a partir de la mena extraída produce a menudo residuos. Normalmente, adoptan la forma de una suspensión líquida de diminutas partículas minerales generadas por la trituración, la molienda y el procesamiento del mineral extraído. La gestión eficaz de los residuos es esencial para la producción sostenible y segura de metales y minerales.

Debido a una serie de circunstancias, a lo largo del proceso de explotación minera, a menudo no se recoge todo el producto, y suele quedar algún producto residual. Por ello, dependiendo de los avances tecnológicos y de las circunstancias del mercado que permitan su reciclaje, los relaves pueden llegar a ser lucrativos en el futuro.

2.2.2. Origen de los relaves auríferos

Los relaves se refieren a los materiales eliminados del proceso de producción de las instalaciones de procesamiento de oro y plata más típicas, incluyendo los relaves de gravedad, cianuración y flotación. Los relaves de gravedad pueden procesarse utilizando una técnica de gravedad más eficaz, como los separadores centrífugos o en espiral, para recuperar partículas más finas que las recuperadas por el método de concentración inicial. (Romero, 2018)



2.2.3. Características de los relaves auríferos gravitacionales

La mineralogía y la presencia de oro en este material vienen determinadas por las propiedades del mineral procesado y el método de producción. En el caso de estos residuos, cuya ley de oro suele oscilar entre 0,05 g/t y 2 g/t, es fundamental comprender la presencia de oro para diseñar y optimizar un método de producción adecuado. En la mayoría de las situaciones, la recuperación de metal de los relaves está restringida por al menos un factor mineralógico y oscila entre el 40 y el 90%. (Brito , 2019).

2.2.4 Relaves de residuos a recursos

Los avances industriales y tecnológicos han obligado a incluir un mayor número de componentes para fabricar productos nuevos y más eficientes. Elementos para la producción de bienes técnicos innovadores y más eficientes. avances tecnológicos Muchos de estos componentes están presentes en los residuos, por lo que la dificultad radica en su identificación y recuperación. La dificultad reside en identificarlos y recuperarlos (son los depósitos del futuro) (Adasme Valdez , 2019).

“Dependiendo de la mineralogía de los depósitos de relaves de oro, hay muchas formas de reprocesar y recuperar el oro” (Andrews Estrada, 2012).

Estrada, 2012). Las otras opciones son las siguientes:

- Concentraciones gravimétricas.
- Molienda del mineral seguida de una nueva lixiviación del mismo.
- Concentración del mineral mediante flotación.

2.2.5. ley de Cut – Off

Es la concentración mínima de un elemento en un yacimiento necesaria para que



su extracción sea rentable. comercialmente explotable, es decir, la concentración a la que pueden cubrirse sus gastos de extracción, transformación y venta. La ley por debajo de la cual un yacimiento no puede ser explotado económicamente. Concentración mínima de metal en el mineral para que las reservas sean consideradas

- Mineral = Mineral que tiene una ley igual o superior a la ley de corte.
- Relaves = Mineral con una ley inferior a la ley de corte.

Para determinar la ley de corte, es necesario tener en cuenta la fluctuación del costo de la mina y el costo de la planta.

Dado que las distancias para transportar el mineral y los residuos varían, los costes de la planta suelen fluctuar durante la vida de la mina. Además, el tratamiento de la planta varía en función de las calidades del mineral que se introduce en ella las calidades del mineral que se extrae (Vilavila Hanco, 2017).

2.2.6. Concentración gravimétrica

“La concentración de minerales es el proceso de separación del mineral de interés de los demás componentes del material original (ganga), lo que da lugar a un producto mejorado y a un rechazo deficiente en material valioso. Se obtiene un producto refinado y un rechazo deficiente en material valioso”. (Reinoso Mendez , 2019).

“La concentración gravimétrica es un método sencillo, de alta capacidad, bajo costo y algo eficiente para separar los minerales pesados ricos de la carga cruda, lo que explica su amplia aplicación en la minería del oro” (Huarecallo Condori, 2011)

La concentración gravimétrica se ha utilizado a lo largo de los años para la separación de minerales mediante diversas técnicas, y su uso continúa en los procedimientos contemporáneos.



su uso en los procesos actuales Debido a la relativa simplicidad de los procedimientos gravimétricos y al hecho de que es menos perjudicial para el medio ambiente, ya que no necesita el uso de aditivos químicos, la tecnología gravimétrica tiene beneficios ambientales.

Es “posible implementar técnicas de separación que aprovechan diferentes propiedades físicas, cada método emplea métodos diferentes para la obtención de resultados de acuerdo a las propiedades del material a tratar y a las condiciones de operación, para lo cual se cuenta con diferentes equipos” como:

- Jigs (para tamaños mayores de ¼”)
- Mesas Vibratorias (Para tamaños 1’’ x 100m)
- Equipos espirales (Tamaños+100m y – 100m.)
- Separadores especiales, centrífugos (Knelson, Falcon etc.)

2.2.7. Criterio de concentración

Quilla , (2019) “La concentración gravimétrica requiere una diferencia significativa de densidad entre el mineral y la ganga para que la separación tenga éxito. El criterio de concentración indicará el tipo de separación que es factible.”

La gravedad específica, que puede calcularse mediante la siguiente ecuación, es el criterio para determinar si es posible lograr la separación y qué tipo de separación en una circunstancia determinada por la siguiente ecuación.

$$C - C = \frac{Pp - pf}{P1 - Pf}$$

Donde:

$C - C =$ *Criterio de concentración*



$P_p = \text{densidad de las partículas pesadas}$

$P_l = \text{densidad de la partícula liviana}$

$P_f = \text{densidad del agua}$

Si esta relación es superior a 2,5, ya sea positiva o negativa, la separación gravimétrica será razonablemente sencilla para las partículas de menos de 75 μm (hasta 200 m).

Será bastante sencilla para el material de menos de 75 micras (hasta 200 m). A medida que esta relación disminuye, la eficacia de la separación también se reduce; a 1,75, la eficacia de la separación disminuye. Los valores de concentración de 1,75 serán factibles para materiales de menos de 150 micras de espesor (entre 65 y 200 de malla). 150 μm (entre 65 y 100 mallas). A niveles de concentración de 1,5, suele ser bastante difícil de conseguir.

Es extremadamente difícil, y se considera que la relación límite más baja para la separación en húmedo por gravimetría es de 1,25 para la separación en húmedo por gravimetría, como se ve en la figura 1.

Para que la separación sea eficaz a este tipo de concentración, será necesaria una diferencia significativa de densidad entre el mineral y la ganga, tal como determinan los criterios de concentración. Los criterios de concentración indicarán el tipo de separación que se puede conseguir (Bustamante, Gaviria, & Restrepo B., 2008).

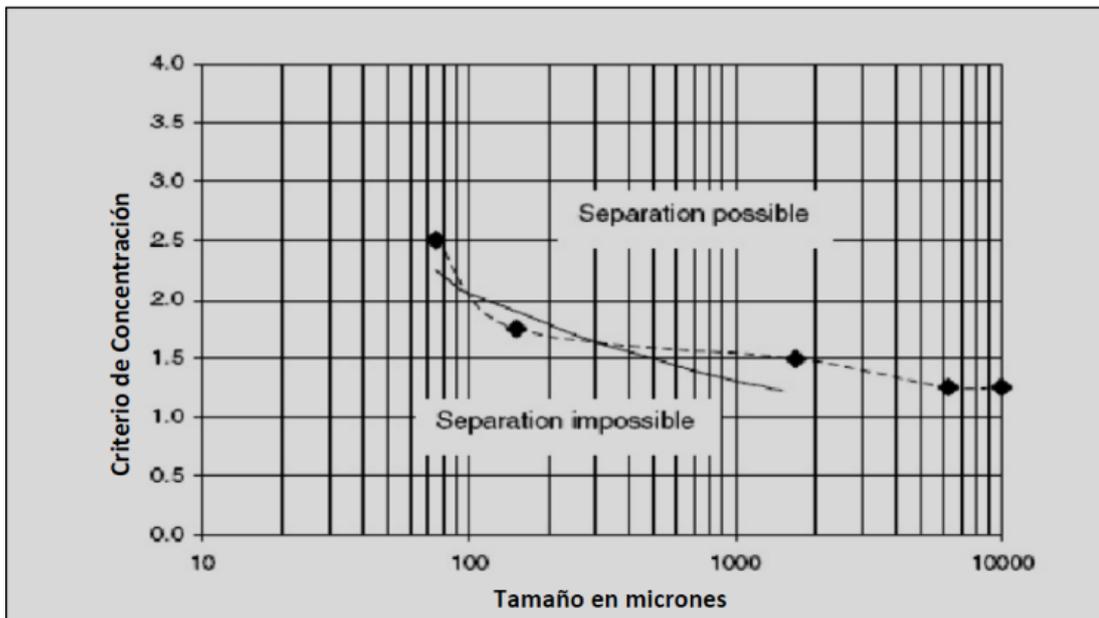


Figura 1. Recuperación según criterio de concentración y tamaño de las partículas.

Fuente: (Bustamante, Gaviria, & Restrepo B., 2008)

2.2.8. Concentrador falcón

Los concentradores Falcon SB se denominan concentradores "semilotes", ya que reciben constantemente alimento durante todo el ciclo de funcionamiento, pero sólo crean concentrado durante los ciclos de enjuague periódicos.

Ciclos de enjuague periódicos. Dependiendo de la aplicación, las duraciones de ejecución pueden variar desde cinco minutos hasta muchas horas. Como los concentradores Falcon utilizan un sistema de frenado, las duraciones de enjuague suelen ser inferiores a un minuto.

Los concentradores Falcon emplean un mecanismo de frenado dinámico para ralentizar rápidamente la cuba, enjuagar el concentrado y volver a la velocidad normal.

Este concentrador por gravedad es capaz de funcionar entre 50 y 200 G gracias a su motor de frecuencia variable (Sepro, 2022).



Figura 2. Concentrador Falcón

Fuente. (Sepro, 2022)

2.2.9. Aplicación concentrador falcón

“La aplicación típica para un concentrador Falcon SB es la de recuperación de metales preciosos liberados (Au, Ag, Pt, etc.) dentro de un circuito de molienda. Cuando se instala en este tipo de circuitos”, “Sepro a menudo recomienda que el concentrador por gravedad se establezca en alimentación de ciclón, en lugar de ciclón de flujo inferior para generar mayores recuperaciones. Fuera de los circuitos de molienda, los concentradores Falcon SB también se utilizan para la separación de metales preciosos de los agregados o yacimientos. El mineral objetivo estará usualmente en concentraciones extremadamente bajas (gramos por tonelada) y se desea un nivel muy alto de actualización (hasta 10.000 veces)” (Sepro, 2022).

2.2.10. Rendimiento metalúrgico

Varias investigaciones independientes han confirmado que la relación entre el



rendimiento metalúrgico y la fuerza centrífuga aplicada. Esto es una realidad comprobada en respetadas comunidades de investigación. Cuando el mineral es fino, menos de 40 micras, la experiencia y los estudios han revelado que se requiere una mayor fuerza centrífuga que cuando el mineral es más grueso, por ejemplo, más de 100 micras. Hay aplicaciones que necesitan hasta 60 G. En 1989, se realizaron modificaciones para que el operador pueda ajustar las fuerzas centrífugas mediante un simple teclado, en lugar de un enorme y costoso cambio mecánico.

2.2.11. Rendimiento mecánico

Las máquinas de concentración por gravedad que deben arrancar sin ayuda pueden exponer sus componentes de accionamiento a sobrecargas excesivas durante cada ciclo de arranque, a menudo cinco o seis veces la corriente nominal del motor. Esto puede provocar un fallo prematuro del motor, así como de las correas y los rodamientos. Un variador tiene por objeto regular las cargas suministradas a los componentes de accionamiento, lo que prolonga la vida útil del equipo. Además, los equipos sin accionamiento requieren una distancia de frenado adicional. En situaciones en las que una máquina debe arrancar y detenerse como parte del funcionamiento ordinario o del mantenimiento, la parada por inercia aumenta considerablemente el tiempo de inactividad. Al combinar un freno dinámico con un accionamiento, el tiempo de inactividad del equipo se minimiza sin causar daños. Está claro que el accionamiento es el mejor método de control.

2.2.12. Vibración

Vibración Si se utiliza un accionamiento y un freno dinámico, el diseñador tiene la opción de incorporar una gran masa giratoria y equilibrada en una máquina concentradora por gravedad. Es bien sabido que una gran masa giratoria y equilibradora puede reducir las vibraciones generadas por el desequilibrio. Si no se dispone de un



variador, el diseñador debe mantener la inercia de la masa giratoria lo suficientemente baja como para permitir un arranque sin asistencia. Esta estrategia produce vibraciones, incluso con máquinas mínimamente desequilibradas. Por ello, el diseñador debe utilizar amortiguadores para compensar las vibraciones. En consecuencia, estos amortiguadores no pueden soportar las enormes fuerzas centrífugas del equipo. Por lo tanto, el uso de un inversor es crucial para el funcionamiento del concentrador Falcon.

2.2.13. Uso de agua concentrador falcón

Las máquinas básicas "SB" para la recuperación de metales nativos (Au, Ag, Pt) deben ponerse en marcha y pararse repetidamente para recuperar el concentrado. La adopción de un motor de velocidad variable reduce la cantidad de agua de lavado utilizada a 30 segundos o menos.

2.2.14. Costo

Al igual que ocurría con los ordenadores de los años 50, los accionamientos eran primero excesivamente costosos, deficientes y con capacidades limitadas cuando se introdujeron originalmente. Al igual que con los ordenadores actuales, los precios han disminuido y la fiabilidad ha aumentado. Antes de hace 10 años, incluso las capacidades más fundamentales de los convertidores no eran accesibles por ningún precio.

2.2.15. Concentrador centrífugo Falcon: parámetros de diseño operativo

Los parámetros operativos del concentrador Falcon incluyen el porcentaje de sólidos de la alimentación, el tamaño del grano del mineral y el tiempo de funcionamiento. Dependiendo del tipo de mineral (mayor o menor densidad, por ejemplo), habrá un rotor con la geometría adecuada.

Tabla 1.

Especificaciones de modelo Falcon SB

Modelo			L40	SB400	SB750	SB1350B	SB2500	SB5200
Capacidad de Sólidos Recomendada	t/h		0.025	1.10	10 – 80	50 - 150	100 – 250	200 – 400
Capacidad de Pulpa Máxima	m ³ /hr		2.3	20	100	200	300	450
Superficie de Concentración	m ²		0.03	0.17	0.46	1.08	2.14	3.37
Gama de Fuerzas de Gravedad	Mayor		200	200	200	200	200	200
	Menor		50	50	50	50	50	50
Peso	Kg		35	265	1250	2900	4560	7720
Potencia del Motor	kW (HP)		0.4 (0.5)	2.2 (3.0)	7.5 (10)	18 (25)	45 (60)	75 (100)
Consumo de Agua de Proceso	m ³ /hr		0.24 1.2	1.8 2.7	8 - 12	12 – 20	15 – 28	25 – 35
Presión de Agua	Bar		2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Tamaño Máximo de Partículas	Mm		1	2	2	2	2	2
Porcentaje Máxima de Sólidos en Alimentación	Mm		1.5	2.5	4	4	4	4
Volumen de Pulpa Concentrado	Litre		1	50	100	150	250	350
Dimensiones	Ancho	M	0.49	1.04	1.71	2.24	2.67	2.99
	Longitud	M	0.31	0.66	1.44	1.9	2	2.32
	Altura	M	0.51	1.02	1.5	2.07	2.27	2.73

Fuente: (Sepro, 2022)

2.2.16. Aplicaciones de los concentradores Falcón

- Aluvial
- Flotación de Fierro
- Molienda tradicional
- Limpieza de carbón
- Tratamiento de relaves
- Recuperación de Sn y Ta. U/F ciclón



2.3. MARCO CONCEPTUAL

Concentrado: Producto generado a partir de la instalación de procesamiento de metales y representado como un porcentaje de los componentes utilizables después del procesamiento.

Costo de producción: Utilización de determinados recursos físicos, humanos, financieros y de otro tipo para crear un producto o servicio.

Ley: Parámetro que refleja la calidad de un mineral, concentrado o producto que contiene metales. Normalmente, la ley del oro se representa en onzas por tonelada corta, onzas por tonelada métrica o gramos por tonelada métrica.

Ley de cabeza: La proporción de finos presentes en el mineral que entra en el proceso de concentración.

Ley de corte o cut – off: Es el criterio que se suele utilizar en la minería para distinguir entre el mineral y los residuos.

Maquila: Procedimiento de transformación o procesamiento; suele referirse al coste del procesamiento, que se asigna arbitrariamente en función de las leyes del mineral.

Mineral: Material inorgánico que se encuentra en la superficie o en los diferentes estratos de la corteza terrestre, especialmente uno cuya explotación es deseable. Componente beneficioso de las operaciones mineras.

Muestra de relave: Cantidad ínfima de estéril que se toma para poder evaluar el contenido metálico mediante un análisis de laboratorio.

Recuperación: Se define como la proporción de material utilizable o interesante en el concentrado con respecto a la cantidad del mismo mineral en la alimentación o que



entra en el proceso.

Recuperación Metalúrgica: Cantidad de metal que una determinada técnica es capaz de extraer del mineral. Relaves: Los subproductos del proceso de recuperación de metales. Una vez trituradas y pulverizadas las rocas metálicas, se someten a una serie de operaciones físicas y químicas denominadas concentración o beneficio para extraer los metales. Una vez realizado este proceso, se recoge el componente útil, el concentrado, mientras que se dejan los residuos o colas.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación

Unidad minera Untuca se encuentra Ubicado:

- **Distrito** : Quiaca
- **Provincia** : Sandia
- **Departamento** : Puno

La altitud de la mina comprendida entre los 4200 y 5000 m.s.n.m. la planta de beneficio se encuentra a una altitud de 4350 m.s.n.m. Coordenadas UTM de la planta. Este 457,164.102, Norte 8`387,470.1025 esto lo podemos localizar en el siguiente mapa.



Figura 1. Ubicación de la unidad minera Untuca

Fuente: Ingemmet, (2016)

3.1.2. Accesibilidad

El proyecto es accesible desde la ciudad de Lima, por vía aérea: Lima a Juliaca de allí por vía terrestre, san Antonio de Putina por carretera asfaltada. El acceso por vía terrestre es por la vía panamericana Sur desde lima hasta la ciudad de Arequipa (vía asfaltada), y de Arequipa a la ciudad de Juliaca, con un recorrido de 1,330 km. Desde la ciudad de Juliaca se tiene dos accesos la primera vía es por Macusani y la segunda por Putina, (amas vías asfaltadas) desde la ciudad de Juliaca, hacia desvió Ananea –Untuca distrito de Quiaca se encuentra Ubicado la planta de beneficio Untuca.

Tabla 2.

Accesibilidad de área del proyecto de estudio

Ruta	Km.	Tipo de Vía
Lima – Arequipa	1,050	Vía asfaltada
Arequipa – Juliaca	280	Vía asfaltada
Juliaca – Putina	90	Vía asfaltada
Putina desvió Ananea	50	Vía Afirmada
Desvio Ananea Untuca	48	Vía Afirmada
Untuca Proyecto	11	Vía Afirmada
Total Km.	1,059	----

3.2. MUESTRA PARA CARACTERIZACIÓN DEL MINERAL

Para la presente investigación, se hizo 10 pruebas, las primeras 3 fueron preliminares y las 7 pruebas se aprecia el consolidado de recuperación.



3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Como método de investigación se tiene del método general al método científico y método específico al método experimental la cual se detalla.

3.2.1. Método general

La presente investigación como método general se usó el método científico. Según (Sanchez & Reyes, 1996) “El método científico es la manera sistematizada en que se efectúa el pensamiento reflexivo que nos permite llevar a cabo un proceso de investigación científica.”

3.2.2. Método específico

El método de investigación es propiamente experimental porque de acuerdo a un plan previo se organizará para proceder con la investigación de lo posible causa y efecto según, (Sanchez & Reyes, 1996).

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según (Sanchez & Reyes, 1996). El tipo de investigación es aplicada. “llamada también constructiva, se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ellas se deriven”.

El diseño de investigación que se utilizara será experimental se realizara pruebas metalúrgicas en el laboratorio utilizando el relave para recuperar el oro y así poder determinar los resultados de cálculos matemático-estadístico y analítico.

3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es experimental: Según (Sanchez & Reyes), “se manipula la variable independiente y se mide los resultados de la variable dependiente”.



$Ge \quad 01 \rightarrow x \rightarrow 02$

Donde:

Ge: Grupo Experimental

01: pre test (valor comercial de los relaves)

X: Tratamiento (Proceso de concentración del concentrador Falcon)

02: post test (valor comercial de los relaves)

3.5. POBLACIÓN

Tamayo, (1997) “La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población posee una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación”. La población para la investigación esta constituida por 150 toneladas del relave aurífero de baja ley de la empresa minera cori Puno.

3.5.1. Muestra de estudio

La muestra para la investigación está constituida por 50 kg. De relave aurífero que contienen oro que se evaluara mediante procesos de concentración gravimétrica a nivel de laboratorio y piloto, las variables de operación serán según los resultados logrados en nivel de laboratorio.

3.6. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Se realizó pruebas experimentales es la recuperación de partículas de oro libre, respecto a equipos de laboratorio concentrador falcón SB40. manejando parámetros de operación como: campo centrífugo, flujo (porcentaje de sólidos).



3.6.1. Infraestructura

- Área de preparación mecánica.
- Área de concentradores gravimétricos.

3.6.2. Equipos

- Concentrador falcón SB 40.
- Balanza para pesado
- Computadora core i5
- Balanza marcy.
- Horno de secado.

3.6.3. Materiales de laboratorio

- Pizetas.
- Fiolas de 100 ml, 250 ml.
- Baldes.
- Probeta de 1000 ml.

3.6.4. Materiales de oficina

- Cuaderno de apuntes.
- Lapiceros.
- Procedimiento escrito de trabajo seguro (PETS).

3.7. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos se realizará a través de los siguientes trabajos.

3.7.1. caracterización del relave

Para realizar el presente trabajo de investigación realizo el muestreo de relave final de flotación en planta concentradora Untuca, se toma muestras directamente del

cajón de relave, el cual se va hacia la relavera de la unidad minera. Para la toma de la muestra se realizó durante 12 horas con intervalos de 01 hora.

3.7.2. Muestreo y cuarteo de muestras

El muestreo se realiza manualmente y se toma directamente del cajón de relaves (material en pulpa), luego la muestra obtenida se cuarteo en un cuarteador de pulpa hasta obtener una muestra representativa para realizar las pruebas de gravimetría en laboratorio con el concentrador Falcon sb40.



Figura 3. Cuarteo de muestras



CAPÍTULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PRUEBAS GRAVIMÉTRICAS EN EL LABORATORIO

4.1.1. Uso del falcón SB40

En los relaves finales de la planta concentradora cada vez se están incrementando el desplazamiento de oro libre fino, debido también al incremento de tonelaje tratado, estando el oro libre en partículas muy finas de acuerdo al análisis de microscopía de los relaves, se ve la necesidad de realizar pruebas de gravimetría para poder recuperar ese oro que no se puede recuperar en el circuito de flotación actual.

Teniendo en cuenta que el oro libre está en rangos muy finos es necesario usar un concentrador gravimétrico con alta fuerza G por lo tanto procedemos a modificar las condiciones de operación del FALCON SB40.

Tabla 3.

Parámetros Falcón SB 40

Frecuencia	79Hz
Fuerza G	~195
Presión	4PSI

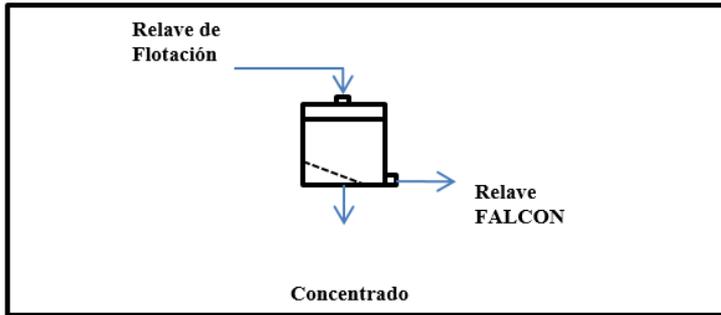


Figura 4. Diagrama de pruebas preliminares

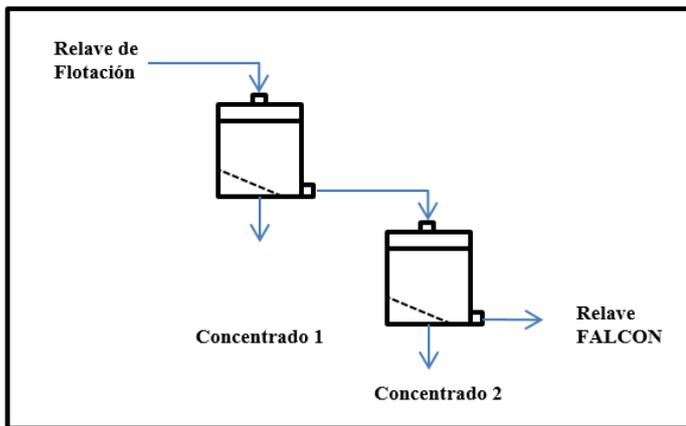


Figura 5. Diagrama de pruebas concentrado 1 y 2

4.2. PRUEBAS PRELIMINARES

Se hicieron 3 primeras pruebas preliminares, los resultados son las siguientes.

Tabla 4.

Prueba preliminar 1

Prueba N° 1	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	3335.10	100.00	0.60	0.0020		
Concentrador Gravimétrico	107.00	3.17	3.74	0.0004	19.67	31.6
Relave	3100.5	92.97	0.44	0.0014		

Fuente: el investigador

En la tabla 4. Prueba preliminar 1 se realizó en una pasada de (densidad pulpa: 1200)



Tabla 5.

Prueba preliminar 2

Prueba N° 2	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	3335.10	100.00	0.59	0.0020		
Concentrador Gravimétrico	234.60	7.03	2.61	0.0006	30.98	14.2
Relave	3100.5	92.97	0.44	0.0014		

Fuente: el investigador

En la tabla 5. Prueba preliminar 2 se realizó en una pasada de (densidad pulpa: 1200)

Tabla 6.

Prueba preliminar 3.

Prueba N° 3	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	2771.40	100.00	0.62	0.0017		
Concentrador Gravimétrico	85.60	3.09	2.58	0.0002	11.17	32.4
Relave	2685.8	96.91	0.56	0.0015		

Fuente: el investigador

En la tabla 6, prueba preliminar 3 se realizó en una pasada (densidad pulpa. 1520)

4.3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL DIAGRAMA

Se hicieron 7 pruebas que se realizó de acuerdo al diagrama de las 3 primeras pruebas preliminares tabla 4, tabla 5 y tabla 6.



Tabla 7.

Resultados de la prueba 1. Fecha 17/05/2021

Prueba N° 1	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	3980.10	100.00	0.72	0.0029		
Concentrador Gravimétrico	134.30	3.37	5.15	0.0007	23.98	29.6
Relave	3845.8	96.63	0.57	0.0022		

Tabla 8.

Resultados prueba 2. Fecha de muestro 17/05/2021

Prueba N° 2	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	4010.40	100.00	0.78	0.0031		
Concentrador Gravimétrico	125.90	3.14	6.1	0.0008	24.48	31.9
Relave	3884.5	96.86	0.61	0.0024		

Tabla 9.

Resultados prueba 3 fecha de muestro 18/05/2021

Prueba N° 3	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	4986.40	100.00	0.66	0.0033		
Concentrador Gravimétrico	104.10	2.09	4.93	0.0005	15.57	47.9
Relave	4882.3	97.91	0.57	0.0028		

Tabla 10.

Resultados prueba 4 fecha de muestro 18/05/2021

Prueba N° 4	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	3878.30	100.00	0.67	0.0026		
Concentrador Gravimétrico	92.60	2.39	5.61	0.0005	19.97	41.9
Relave	3785.7	97.61	0.64	0.0022		

Tabla 11.

Resultados prueba 5 fecha de muestreo 18/05/2021

Prueba N° 5	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	3614.70	100.00	0.74	0.0027		
Concentrador Gravimétrico	111.00	3.07	3.91	0.0004	16.22	32.6
Relave	3503.7	96.93	0.64	0.0022		

Tabla 12.

Resultados de la prueba 6 fecha de muestreo 18/05/2021

Prueba N° 6	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	4225.40	100.00	0.60	0.0025		
Concentrador Gravimétrico	107.00	2.53	3.42	0.0004	14.36	39.5
Relave	3714.9	97.35	0.55	0.0020		

Tabla 13.

Resultados de la prueba 7 fecha de muestreo 12/06/2019

Prueba N° 7	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	3816.00	100.00	0.66	0.0025		
Concentrador Gravimétrico	101.10	2.65	4.53	0.0005	18.31	37.7
Relave	3714.9	97.35	0.55	0.0020		

Tabla 14.

Consolidado de pruebas obtenemos el balance general

Prueba	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	28511.3	100.00	0.69	0.0196		
Concentrador Gravimétrico	775.0	2.72	4.83	0.0038	19.09	36.7
Relave	27735.3	97.28	0.57	0.0159		



4.4. BALANCE GENERAL DE LAS PRUEBAS

4.4.1. Balance metalúrgico proyectado

Tabla 15.

Balance metalúrgico proyectado

BM. Proyectado	TMSD	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	1778.8	2.68	4767.0768		
Concentrador Gravimétrico	23.8	155.08	3689.7174	77.40	74.8
Relave	1755.0	0.61	1077.3594		

Fuente: el investigador

En la tabla 15 se muestra el balance metalúrgico proyectado correspondiente es de 1778.76 TMSD con una ley de cabeza de 2.68 g/t, con una recuperación de 77.40%, una ratio de concentración de 74.76 y una ley del relave de 0.61 g/t como podremos observar en el siguiente balance:

4.5. BALANCE METALÚRGICO DEL PROYECTO

Tabla 16.

Balance metalúrgico del proyecto

BM. Proyectado	TMSD	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Relave flotación	1755.0	0.61	1077.35936		
Concentrador Gravimétrico	47.8	4.31	205.6670	19.09	36.7
Relave Final	1707.2	0.51	871.6924		

En la tabla 16. Se muestra el balance metalúrgico tomamos el tonelaje (1755) y ley del relave de flotación (0.61); y de las pruebas gravimétricas tomamos los datos de %



recuperación (19%) y ratio de concentración (36.7) obteniendo el siguiente balance metalúrgico del proyecto:

4.6. BENEFICIO DEL BALANCE METALÚRGICO DEL PROYECTO

De acuerdo a los datos obtenidos del balance tenemos:

Finos recuperados : 205.6670 g/día < > 6.61 oz/día

Precio del oro : 1300 USD/oz

Beneficio del día : **USD 8,596.05**

Beneficio del mes : **USD 257,881.53**

4.7. DISCUSIÓN

En la presente investigación se encontró el desplazamiento del oro liberado hacia el relave ya que no sale por el rebose de los ciclones por su alto peso específico este recircula y se vuelve a moler teniendo así una sobre molienda causando la producción de ultrafinos valiosos que son difíciles de recuperar por flotación convencional y concentradores gravimétricos de baja fuerza G se ve la necesidad de realizar pruebas de gravimetría con alta fuerza G.

Trujillo, (2020) “La recuperación actual que se obtiene de oro fino a partir de relaves utilizando el proceso gravimétrico falcón es de 56.42% demostrándose que se incrementó en 7.6 % de recuperación para ello se trabajó con una granulometría fina de 15 micras a malla -400, para optimizar el 7.6 % de recuperación de oro fino a partir de relaves; se inició alimentando la pulpa al concentrador centrífugo gravimétrico falcon micrones hasta llegar a 15 micrones que es la granulometría es óptima.”

Con la concentradora gravimétrica Falcon SB40 del laboratorio metalúrgico y llevado a su máxima fuerza G de aproximadamente 200 se ha podido tener una



recuperación del 19% de oro fino que se desplaza hacia el relave, con una ratio de concentración de 36.7 y con una ley del pre-concentrado de 4.3 g/t la cual retornaría a planta, con esto se lograría bajar la ley del relave de 0.61 a 0.51 g/t.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: La recuperación se incrementó en 19% de oro fino, con una ratio de concentración de 36.7 y con una ley del pre-concentrado de 4.3 g/t.

SEGUNDA: El balance metalúrgico se realizó un consolidado de pruebas y así obteniendo el balance metalúrgico proyectado de acuerdo a los datos obtenidos tenemos finos recuperados 205.6670g/d \Leftrightarrow 6.61 oz/día, donde el beneficio día en USD 8,596.05 e el beneficio por mes es USD 257,881.53. lo cual nos muestra la rentabilidad de recuperar el oro del relave de la planta de beneficio Untuca.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Construir una planta con los equipos de nivel industrial y realizar actividades en las que se maximice la recuperación, se recomienda utilizar equipos concentradores ultrafinos para tener más eficiente será la recuperación, ya que los relaves que se procesarán serán ultrafinos.

SEGUNDA: Se le recomienda a la unidad minera de beneficio untuca obtener un concentrador centrífugo Industrial el Falcon C que puede alcanzar una fuerza G de 300 y la condición de alto campo gravitatorio permite la recuperación de partículas muy finas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adasme Valdez , M. (2019). *"Extracción sinérgica de elementos de valor desde una muestra de relave"*. Universidad Andrés Bello, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ciencias de la Tierra.
- Brito , Q. (2019). *"Análisis de alternativas para la concentración gravimétrica de Cu y Ag en relaves de flotación"* . Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería en Minas.
- Bustamante, O., Gaviria, A. C., & Restrepo B., O. J. (2008). *Concentracion de minerales* . Medellin Colombia : Programa Curricular Ingenieria de Minas y Metalurgica.
- Cabrera, S. (2015). *Recuperacion de oro por gravimetria de mineral proveniente del distrito minero Nambija "Condominio Sur"*. Loja Ecuador.
- Clizaya , G. (2021). *Implementación de espiral gravimétrico para la recuperación de relave de baja ley in situ en la minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurimac*. Puno - Peru.
- Huarecallo , A. (2019). *Optimización del proceso de recuperación de oro con un concentrador centrífugo para la pequeña minería aurífera*. Tacna - Peru.
- Huarecallo Condori, A. S. (2011). *"Optimización del proceso de recuperación de oro con un concentrador centrífugo para la pequeña minería aurífera"*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica y Materiales.
- Ingemmet. (2016). Yacimiento Untuca, marco estructural y mineralizacion en las cuarcitas ordovicianas de la formacion de sandia - cordillera carabaya - Perú. *Consortio Minero Horizonte*. San Borja, Lima, Peru. Obtenido de <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2804/1/Martinez->



Yacimiento_Untuca_marco_estructural.pdf

- Lobe, C. (2018). *Concentración de magnetita y oro libre, en los suelos aluviales de inguro (Bellavista, Jaén, Cajamarca) por el método gravimétrico, como una alternativa ambiental*. Cajamarca.
- Manuel, E. (2016). *Recuperacion gravimetrica de Au en el proceso de flotación de sulfuros masivos*. Mexico.
- Meza, J., Aramburu , R., & Perez, F. J. (2011). *Recuperacion de Valores Metalicos del Relave en Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas*. Universidad Nacional Santisago Antunez de Mayolo de Ancash, Facultad de Ingenieria de Minas, Geologia y Metalurgia.
- Morales , J. (2016). *Determinación de CUT -OFF de mineral de cancha para la recuperación Gravimetrica de Oro-zona Limbani Puno*. Puno.
- Quilla , Y. (2019). *“Incremento de la rentabilidad económica mediante el modelo de comercio justo del oro en la unidad minera queta – a – cencomit ltda puno – 2019”*. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería de Minas.
- Reinoso Mendez , J. (2019). *Determinación de los parámetros operacionales para la concentración de oro en un espiral”*. Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería en Minas.
- Romero, F. (2018). *Recuperacion de oro a partir de relaves de piritas auríferas*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann –Tacna, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica y Materiales.
- Sanchez, H., & Reyes, C. (1996). *Metodología y diseños en la investigación científica*. Mantaro: Ed. Mantaro.
- Sepro, M. (20 de marzo de 2022). *Sepro Mineral Systems Corporation Canada*. Obtenido de <https://seprosystems.com/language/es/products/concentradores-gravimetricos->



falcon-sb/

Tamayo, M. (1997). *Aprender a investigar*. Santa fe bogota: Arfo editores Ltda.

Trujillo , L. (2020). *Optimización del proceso gravimétrico del concentrador FALCON para la recuperación de estaño fino a partir de relaves en la mina San Rafael. Puno-Peru .*

Vilavila Hanco, P. (2017). *“Incidencia del tratamiento del mineral de baja ley basado en la teoría de opciones reales para determinar mayores márgenes de ganancia bruta anual en Minera Bateas”*. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería de Minas.



ANEXOS



Anexo 1. Prueba preliminar N° 1 de gravimetría



PRUEBAS DE GRAVIMETRÍA

Prueba N°: Prueba N° 1

Muestra N°: Relave Scavenger

Objetivo: Detem inacion de maxima recuperacion por Gravimetria (GRG)

Laboratorio Operador: Cori Puno S.A.C. Edson Sullca

Descripción de la Muestra: Relave Scavenger

Fecha: 14/05/2021

Concentrador: Falcon

Marca: ICON

Modelo: SB 40

1. Parámetros de la Prueba

Parámetros FALCON SB 40	
Frecuencia	79 Hz
Fuerza G	~ 195
Presión	4 PSI

Revoluciones: 79 Hz

F. Muestreo 14/05/2021

2. Resultados y Balance

Densidad	1200 gr/l
P. Conc.	107 gr
P. Relave	3269.1 gr

* La prueba se realiza en una pasada

PRUEBA N° 01	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	3376.10	100.00	0.60	0.0020		
Conc. Gravimetrico	107.00	3.17	3.74	0.0004	19.67	31.6
Relave	3269.1	96.83	0.50	0.0016		

*La prueba se realizo en una pasada (densidad pulpa: 1200)

TMD	Ley Au (g/t)	Finos (g)
1800.0	0.60	1084.83576
57.0	3.74	213.359794
1743.0	0.50	871.475963

MINERALIS S.A.C.



VILLACORTA CANESSA ALVARO
DNI N° 44788754



Anexo 2. Prueba preliminar N° 2 de gravimetría



PRUEBAS DE GRAVIMETRÍA

Prueba N°:	Prueba N° <u>2</u>	Fecha:	14/05/2021
Muestra N°:	Relave Scavenger	Concentrador:	Falcon
Objetivo:	Detem inacion de maxima recuperacion por Gravimetria (GRG)	Marca:	ICON
Laboratorio	Cori Puno S.A.C.	Modelo:	SB 40
Operador:	Edson Sullca		
Descripción de la Muestra:	Relave Scavenger		

1. Parámetros de la Prueba F. Muestreo 14/05/2021

Parámetros FALCON SB 40	
Frecuencia	79 Hz
Fuerza G	~ 195
Presión	4 PSI

Revoluciones: 79 Hz

2. Resultados y Balance

Densidad	1200
P. Conc.	234.6gr
P. Relave	3100.5 gr

* La prueba se realiza en dos pasadas

PRUEBA N° 02	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	3335.10	100.00	0.59	0.0020		
Conc. Gravimetrico	234.60	7.03	2.61	0.0006	30.98	14.2
Relave	3100.5	92.97	0.44	0.0014		

* La prueba se realizo en dos pasadas (densidad pulpa: 1200)

MINERALIS S.A.C.



VILLACORTA CANESSA ALVARO
DNI N° 44788754



Anexo 3. Prueba preliminar N° 3 de gravimetría



PRUEBAS DE GRAVIMETRÍA

Prueba N°: Prueba N° 3

Muestra N°: Relave Scavenger

Objetivo: Deteminacion de maxima recuperacion por Gravimetria (GRG)

Laboratorio: Cori Puno S.A.C.

Operador: Edson Sullca

Descripción de la Muestra: Relave Scavenger

Fecha: 14/05/2021

Concentrador: Falcon

Marca: ICON

Modelo: SB 40

1. Parámetros de la Prueba

Parámetros FALCON SB 40	
Frecuencia	79 Hz
Fuerza G	~ 195
Presión	4 PSI

Revoluciones: 79 Hz

F. Muestreo 14/05/2021

2. Resultados y Balance

Densidad	1520
P. Conc.	85.6 gr
P. Relave	2685.8 gr

* La prueba se realiza en una pasada

PRUEBA N° 03	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	2771.40	100.00	0.62	0.0017		
Conc. Gravimetrico	85.60	3.09	2.58	0.0002	11.17	32.4
Relave	2685.8	96.91	0.56	0.0015		

* La prueba se realizo en una pasada (densidad pulpa: 1520)

MINERALIS S.A.C.



VERÓNICA CANESSA ALVARO
DNI N° 44788754



Anexo 4. Prueba de consolidado N° 1



PRUEBAS DE GRAVIMETRÍA

Prueba N°: Prueba N° 1

Muestra N°: Relave Scavenger

Objetivo: Detem inacion de maxima recuperacion por Gravimetria (GRG)

Laboratorio Operador: Cori Puno S.A.C. Edson Sulca

Descripción de la Muestra: Relave Scavenger

Fecha: 17/05/2021

Concentrador: Falcon

Marca: ICON

Modelo: SB 40

1. Parámetros de la Prueba

F. Muestreo 17/05/2021

Parámetros FALCON SB 40	
Frecuencia	70 Hz
Fuerza G	~ 195
Presión	4 PSI
Densidad	1200

Revoluciones: 70 Hz

2. Resultados y Balance

PRUEBA N° 01-01	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	3980.10	100.00	0.72	0.0029		
Conc. Gravimétrico	134.30	3.37	5.15	0.0007	23.98	29.6
Relave	3845.8	96.63	0.57	0.0022		

MINERALIS S.A.C.



VILLACORTA CANESSA ALVARO
DNI N° 44788754



Anexo 5. Prueba de consolidado N° 2

		PRUEBAS DE GRAVIMETRÍA			
Prueba N°:	Prueba N° 2	Fecha:	17/05/2021		
Muestra N°:	Relave Scavenger	Concentrador:	Falcon		
Objetivo:	Detem inacion de maxima recuperacion por Gravimetria (GRG)	Marca:	ICON		
Laboratorio	Cori Puno S.A.C.	Modelo:	SB 40		
Operador:	Edson Sullca				
Descripción de la Muestra:	Relave Scavenger				

1. Parámetros de la Prueba	<i>F. Muestreo</i>	17/05/2021
-----------------------------------	--------------------	------------

Parámetros FALCON SB 40	
Frecuencia	70 Hz
Fuerza G	~ 195
Presión	4 PSI
Densidad	1200

Revoluciones: 70 Hz

2. Resultados y Balance						
--------------------------------	--	--	--	--	--	--

PRUEBA N° 01-02	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	4010.40	100.00	0.78	0.0081		
Conc. Gravimétrico	125.90	3.14	6.1	0.0008	24.48	31.9
Relave	3884.5	96.86	0.61	0.0024		

MINERALIS S.A.C.



VELAZCO CORTA CRISTINA ALVARO
DNI N° 44788754



Anexo 6. Prueba de consolidado N° 3


 Cori Puno...

PRUEBAS DE GRAVIMETRÍA

Prueba N°: Prueba N° 3

Muestra N°: Relave Scavenger

Objetivo: Deteminacion de maxima recuperacion por Gravimetria (GRG)

Laboratorio Operador: Cori Puno S.A.C. Edson Sulca

Descripción de la Muestra: Relave Scavenger

Fecha: 18/05/2021

Concentrador: Falcon

Marca: ICON

Modelo: SB 40

1. Parámetros de la Prueba

Parámetros FALCON SB 40	
Frecuencia	70 Hz
Fuerza G	~ 195
Presión	4 PSI
Densidad	1200

Revoluciones: 70 Hz

F. Muestreo 18/05/2021

2. Resultados y Balance

PRUEBA N° 01-03	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	4986.40	100.00	0.66	0.0033		
Conc. Gravimétrico	104.10	2.09	4.93	0.0005	15.57	47.9
Relave	4882.3	97.91	0.57	0.0028		

MINERALIS S.A.C.



VILECORTA CANESSA ALVARO
DNI N° 44788754



Anexo 7. Prueba de consolidado N° 4



PRUEBAS DE GRAVIMETRÍA

Prueba N°: Prueba N° 4

Muestra N°: Relave Scavenger

Objetivo: Detem inacion de maxima recuperacion por Gravimetria (GRG)

Laboratorio: Cori Puno S.A.C.

Operador: Edson Sullca

Descripción de la Muestra: Relave Scavenger

Fecha: 18/05/2021

Concentrador: Falcon

Marca: ICON

Modelo: SB 40

1. Parámetros de la Prueba

Parámetros FALCON SB 40	
Frecuencia	70 Hz
Fuerza G	~ 195
Presión	4 PSI
Densidad	1200

Revoluciones: 70 Hz

2. Resultados y Balance

PRUEBA N° 01-04	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	3878.30	100.00	0.67	0.0026		
Conc. Gravimétrico	92.60	2.39	5.61	0.0005	19.97	41.9
Relave	3785.7	97.61	0.55	0.0021		

F. Muestreo 18/05/2021

MINERALIS S.A.C.



VELASCO CORTA GABRIELA ALVARO
DNI N° 44788754



Anexo 8. Prueba de consolidado N° 5



PRUEBAS DE GRAVIMETRÍA

Prueba N°: Prueba N° 5

Muestra N°: Relave Scavenger

Objetivo: Detem inacion de maxima recuperacion por Gravimetria (GRG)

Laboratorio Operador: Cori Puno S.A.C. Edson Sullca

Descripción de la Muestra: Relave Scavenger

Fecha: 18/05/2021

Concentrador: Falcon

Marca: ICON

Modelo: SB 40

1. Parámetros de la Prueba

Parámetros FALCON SB 40	
Frecuencia	70 Hz
Fuerza G	~ 195
Presión	4 PSI
Densidad	1200

Revoluciones: 70 Hz

F. Muestreo 18/05/2021

2. Resultados y Balance

PRUEBA N° 01-05	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	3614.70	100.00	0.74	0.0027		
Conc. Gravimétrico	111.00	3.07	3.91	0.0004	16.22	32.6
Relave	3503.7	96.93	0.64	0.0022		

MINERALIS S.A.C.



VELAZCO CORTA GABRIELA ALVARO
DNI N° 44788754



Anexo 9. Prueba de consolidado N° 6


Cori Puno

PRUEBAS DE GRAVIMETRÍA

Prueba N°:	Prueba N° <u>6</u>	Fecha:	18/05/2021
Muestra N°:	Relave Scavenger	Concentrador:	Falcon
Objetivo:	Detem inacion de maxima recuperacion por Gravimetria (GRG)	Marca:	ICON
Laboratorio	Cori Puno S.A.C.	Modelo:	SB 40
Operador:	Edson Sullca		
Descripción de la Muestra:	Relave Scavenger		

1. Parámetros de la Prueba *F. Muestreo* 18/05/2021

Parámetros FALCON SB 40	
Frecuencia	70 Hz
Fuerza G	~ 195
Presión	4 PSI
Densidad	1200

Revoluciones: 70 Hz

2. Resultados y Balance

PRUEBA N° 01-06	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	4225.40	100.00	0.60	0.0025		
Conc. Gravimétrico	107.00	2.53	3.42	0.0004	14.36	39.5
Relave	4118.4	97.47	0.53	0.0022		

MINERALIS S.A.C.



VILACORTA CÉSPEDES ALVARO
DNI N° 44788754



Anexo 10. Prueba de consolidado N° 7

		PRUEBAS DE GRAVIMETRÍA			
Prueba N°:	Prueba N° <u>7</u>	Fecha:	<u>12/06/2021</u>		
Muestra N°:	<u>Relave Scavenger</u>	Concentrador:	<u>Falcon</u>		
Objetivo:	<u>Detem inacion de maxima recuperacion por Gravimetria (GRG)</u>	Marca:	<u>ICON</u>		
Laboratorio	<u>Cori Puno S.A.C.</u>	Modelo:	<u>SB 40</u>		
Operador:	<u>Edson Sullca</u>				
Descripción de la Muestra:	<u>Relave Scavenger</u>				

1. Parámetros de la Prueba	<i>F. Muestreo</i>	12/06/2021
-----------------------------------	--------------------	------------

Parámetros FALCON SB 40	
Frecuencia	70 Hz
Fuerza G	~ 195
Presión	4 PSI
Densidad	1200

Revoluciones: 70 Hz

2. Resultados y Balance						
PRUEBA N° 01-07	Peso	% Peso	Ley Au (g/t)	Finos (g)	% Rec.	RC
Cabeza	3816.00	100.00	0.66	0.0025		
Conc. Gravimétrico	101.10	2.65	4.53	0.0005	18.31	37.7
Relave	3714.9	97.35	0.55	0.0020		

MINERALIS S.A.C.



VELASCORTA CARRERA ALVARO
DNI N° 44788754



Anexo 11. Análisis granulométrico valorado relave final

ANALISIS GRANULOMETRICO VALORADO Relave final

OBJETIVO:
Determinar la distribución granulométrica valorado del relave final

Supervisor: Ruben Quispe
Operador: Edson Sulica

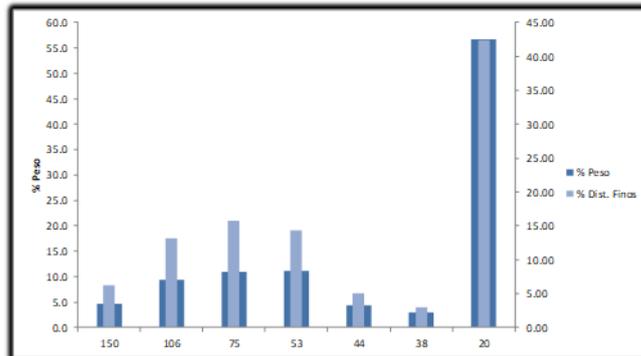
CONDICIONES DE OPERACIÓN

MUESTRA
Código de Muestra: Relave final de flotación
Peso de mineral: 549.30 g
Fecha de Muestreo: 14/10/2021

1.- ANALISIS GRANULOMETRICO

Malla	Abertura (mm)	Análisis Granulométrico				ØØ (mm)	Análisis Valorado			
		Peso (g)	% Peso	% Ac. (+)	% Ac. (-)		g Au/ton	Au (gr)	Dist. Au %	Ac. Pass (%)
100	150	28.00	4.7	4.7	96.27	0.88	0.00	6.23	93.77	
140	106	51.30	9.3	14.1	86.93	0.94	0.00	13.13	80.84	
200	75	59.80	10.9	25.0	75.04	0.97	0.00	15.79	84.85	
270	53	60.70	11.1	36.0	63.99	0.87	0.00	14.38	50.47	
325	44	24.20	4.4	40.4	59.58	0.78	0.00	5.14	45.34	
400	38	16.00	2.9	43.3	56.67	0.68	0.00	2.96	42.37	
-400	20	311.30	56.7	100.0	0.00	0.50	0.00	42.37	0.00	
Total		549.3	100.00			88.31	0.67	0.00	100.00	

2.- GRAFICOS



MINERALIS S.A.C.

[Signature]
VERACORTA GARRISA ALVARO
DNI N° 4478754

Anexo 12. Evidencias fotográficas



Figura 6. Mesas para las muestras



Figura 7. Balanzas de peso



Figura 8. Muestras



Figura 9. Muestras de mineral



Figura 10. Estufa de secados de muestras



Figura 11. Sección de gravimetría



Figura 12. Concentrador falcon



Figura 13. Falcón SB40



Figura 14. Vista panorámica de la unidad minera Untuca