



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



“IMPLEMENTACIÓN DE ESPIRAL GRAVIMÉTRICO PARA LA RECUPERACIÓN DE RELAVE DE BAJA LEY IN SITU EN LA MINERA MINKA AYAHUAY S.A.C. – APURIMAC”

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. GERMAN ALBERTO CALISAYA FLORES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

A Dios que ha sido mi sustento, mi fuerza, mi amigo y mi guía en el camino de mi vida. Cuando decides concentrar tu mente en los objetivos de tu vida, la mente empieza a descartar lo que no importa para centrarse sólo en lo importante.

Con cariño y aprecio a mis padres que están más allá, hermanos y tíos, que a ellos les debo cuanto soy, por su incondicional y fiel apoyo para lograr nuestro objetivo.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme vivir día a día y haber hecho realidad mi proyecto de vida.

A mi Alma Máter, la Universidad Nacional del Altiplano, de la cual me siento orgulloso de ser egresado.

Agradezco a los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas por guiar nuestro sendero con sus enseñanzas y brindarnos todos sus conocimientos.

Agradezco a todas las personas, que directa e indirectamente me apoyaron en la elaboración del presente trabajo de investigación.



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ANEXOS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 12

ABSTRACT..... 13

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 14

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 14

1.2.1. Problema general 14

1.2.2. Problemas específicas..... 15

1.3. FORMULACIÓN DE HIPOTESIS 15

1.3.1. Hipótesis general..... 15

1.3.2. Hipótesis específicas 15

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 16

1.4.1 Objetivo general..... 16

1.4.2 Objetivos específicos..... 16

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... 16

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN 17

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN 17



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
2.2. BASES TEÓRICAS.....	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.....	24
2.2.6 Concentración gravimétrica	25
2.2.7 Criterio de concentración	26
2.2.8. Índices metalúrgicos de los espirales	28
2.2.9. Métodos gravimétricos	30
2.2.10. Equipo espiral gravimétrico.....	31
2.2.11. Principio de funcionamiento.....	33
2.2.12. Características de los espirales	34
2.2.13. Clasificación de los espirales.....	35
2.2.14. Parámetros operacionales de los espirales.....	36
2.2.15. Utilización de los espirales gravimétricos en la minería aurífera	38
2.3. MARCO LEGAL.....	39
2.4. MARCO CONCEPTUAL.....	41

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	43
3.1.1. Método general	43
3.1.2. Método específico.....	43
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	43



3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	44
3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	44
3.5. POBLACIÓN	44
3.6. MUESTRA	44
3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	45
3.7.1. Variable independiente.....	45
3.7.2. Variable dependiente	45
3.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	47
3.8.1. Técnicas.....	47
3.8.2. Instrumentos	47
3.9. PROCEDIMIENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS	48
3.9.1. Caracterización del relave aurífero.....	48
3.9.2. Muestro y cuarteo de muestras	48
3.9.3. Evaluación económica del relave aurífero de baja ley	49
3.9.4. Implementación de equipo espiral gravimétrico	50
3.10. UBICACIÓN	54
3.11. ACCESIBILIDAD	55
3.12. PROPIEDAD MINERA	55
3.13. CLIMA.....	56
3.14. FLORA Y FAUNA	56
3.15. HIDROLOGÍA	56
3.16. TOPOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	57
3.17. GEOLOGÍA	57
3.18. DESCRIPCIÓN DE LA MINA	58

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL RELAVE AURÍFERO DE BAJA LEY.....	60
--	-----------



4.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL RELAVE AURÍFERO DE BAJA LEY	60
4.2.1. Precio de oro	60
4.2.2. Valor económico del relave aurífero	61
4.2.3. Costo de la comercialización del relave aurífero	62
4.2.4. Ley de cut-off	63
4.3. RESULTADO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPO ESPIRAL	63
4.3.1 Proceso de concentración gravimétrica	63
4.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONCENTRADO	65
4.4.1. Valor mineral del concentrado	65
4.4.2. Costo de la comercialización del concentrado	66
4.4.3. Costo de producción	67
4.4.4. Ley de cut-off	67
4.5. EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPO ESPIRAL	68
4.5.1. Inversión	68
4.5.2. Evaluación económica de la implementación	69
4.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	69
4.7. CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS	72
V. CONCLUSIONES	73
VI. RECOMENDACIONES	74
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXO	78

Área : Ingeniería de Minas

Tema : Análisis de costos mineros

Fecha de sustentación: 19 de febrero del 2021



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Recuperación según criterio de concentración y tamaño de las partículas	27
Figura 2. Espiral de humphreys	32
Figura 3. El espiral gravimétrico.....	32
Figura 4. Deslizamiento de las partículas en el espiral	34
Figura 5. Espiral de múltiples retiradas	36
Figura 6. Concentración según porcentaje de las partículas en la pulpa.....	38
Figura 7. Cuarteo de muestras	49
Figura 8. Instalación de equipo espiral gravimétrico	50
Figura 9. Proceso de concentración	52
Figura 10. Puruña para controlar la concentración	53
Figura 11. Muestras obtenidas luego de la concentración	53
Figura 12. Cotización de oro en el mercado internacional	61
Figura 13. Resultado del proceso de concentración gravimétrica	64
Figura 14. Resultado del balance metalúrgico	65
Figura 15. Resultado comparativo de la evaluación económica del relave aurífero.	70
Figura 16. Recuperación de mineral en el equipo espiral	71



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ventajas y desventajas de de los espirales	35
Tabla 2. Clasificación de la minería en Perú.....	39
Tabla 3. Operacionalización de variables	46
Tabla 4. Fracción de sólidos que se utilizan en la experimentación	51
Tabla 5. Caudal de agua en la experimentación.....	51
Tabla 6. Accesibilidad a la Unidad Minera Minka Ayahuay	55
Tabla 7. Coordenadas UTM PSAD56 / Zona 18 L (Nueva Bonanza).....	55
Tabla 8. Cuerpos de aguas superficiales	57
Tabla 9. Análisis mineralógico de oro	60
Tabla 10. Cotización internacional de oro (2019).....	60
Tabla 11. Determinación de valor mineral.....	62
Tabla 12. Costos de la comercialización de los relaves	62
Tabla 13. Resultado de la concentración gravimétrica	63
Tabla 14. Resultado del balance metalúrgico.....	64
Tabla 15. Determinación de valor mineral del concentrado	66
Tabla 16. Costos de la comercialización de los concentrados	66
Tabla 17. Costo de producción de los concentrados	67
Tabla 18. Inversión en la implementación de equipo espiral.....	68
Tabla 19. Rentabilidad de la implementación de equipo espiral.....	69
Tabla 20. Evaluación económica del relave aurífero	70
Tabla 21. Contrastación de la hipótesis.....	72



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO N° 1: Matriz de consistencia: Implementación de equipo espiral gravimetrico para la recuperación de valor comercial de los relaves auriferos de baja ley de la Minera Minka Ayahuay S.A.C.....	79
ANEXO N° 2: Plano de ubicación	80
ANEXO N° 3: Imagen satelital de la concension “NUEVA BONANZA”	81
ANEXO N° 4: Imagen satelital del recorrido desde Ayahuay hacia Planta.....	81
ANEXO N° 5: Resultado de la prueba metalurgica del relave aurifero	82
ANEXO N° 6: Certificado de analisis Au de las muestras obtenidas luego del proceso experimental en el equipo espiral	84
ANEXO N° 7: Foto de la extraccion del relave aurifero	85
ANEXO N° 8: Alimentacion de la pulpa en la parte superior de la espiral	85
ANEXO N° 9: Proceso de concentracion en el equipo espiral	86
ANEXO N° 10: Salida del concentracion en los equipos espirales	86
ANEXO N° 11: Bateo en el proceso de concentracion para ver la recuperacion	87
ANEXO N° 12: Obtencion del concnrado de equipo espiral	87
ANEXO N° 13: Sacado de los concentrados del recipiente.....	88
ANEXO N° 14: Acumulacion del concentrado en un lado.....	88
ANEXO N° 15: El concentrado ya ensacado listo para comercializar	89



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

TMH	: Toneladas Métricas Húmedas de 1000 kg
TMS	: Toneladas Métricas Secas (descontada la humedad) de 1000 kg
TC	: Toneladas cortas = 907,185 Kg
Tm	: Toneladas métricas= 1 000 Kg
T /h	: Tonelada por hora
%	: Porcentaje
L/min	: Litros por minuto
Onz	: Onzas Troy cuyo peso es 31,1035 gramos
Oz/Tm	: Onzas por Tonelada métrica
\$/Oz	: Dólares por onza
\$/Tm	: Dólares por tonelada métrica



RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulada “Implementación de espiral gravimétrico para la recuperación de relave de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C.- Apurímac, se ha realizado con la finalidad de dar una nueva alternativa de extracción de los minerales de baja ley con tecnología limpia sin contaminar el medio ambiente. El mineral tratado corresponde a los relaves auríferos de la Minera Minka Ayahuay, cuya ley de cabeza promedio es 0,22 Oz/Tm; el cual está ubicada en la Provincia de Antabamba, Región Apurímac. El objetivo del trabajo de investigación es implementar el espiral gravimétrico para la recuperación del valor comercial de los relaves auríferos de baja ley in situ, cuya hipótesis de la investigación es lograr con la implementación de espiral gravimétrico la recuperación de valor comercial de los relaves auríferos de baja ley in situ. La metodología utilizada es cualitativa experimental de carácter descriptivo explicativo. El proceso experimental en el equipo espiral comprende tres etapas fundamentales: preparación de pulpa, proceso de concentración y obtención de concentrado. Se realizaron tres pruebas preliminares de los cuales en uno de ellos se obtuvo una recuperación de 83,44 % de Au y los parámetros operacionales fueron: granulometría (80% malla – 200), porcentaje de sólidos (20%) y flujo de agua (73 L/min). Una vez terminada el proceso de concentración se obtuvo 34 Tm de concentrado con ley de 0,81 Oz/Tm, cuyo valor comercial cubre todos los costos (costo de producción y costo de la comercialización) y ha generado una utilidad de 11 506,10 US\$. Finalmente se ha realizado una evaluación económica de la implementación de equipo espiral, en el cual se obtuvo el valor actual neto (VAN 30%)= 6 049,70 U\$ y TIR= 216%, los cual nos demuestra la alta rentabilidad de la extracción de los relaves auríferos de baja ley en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurímac.

Palabras clave: Relave, recuperación, valor comercial, equipo, espiral.



ABSTRACT

The present research work entitled “Implementation of a gravimetric spiral for the recovery of low-grade tailings in situ at the Minka Ayahuay SAC-Apurimac Mine, has been carried out with the purpose of providing a new alternative for the extraction of low-grade minerals with clean technology without polluting the environment. The treated mineral corresponds to the gold tailings of the Minka Ayahuay Mine, whose average head grade is 0.22 Oz / Tm; which is located in the Province of Antabamba, Apurímac Region. The objective of the research work is to implement the gravimetric spiral for the recovery of the commercial value of in situ low-grade gold tailings, whose hypothesis of the research is to achieve with the implementation of the gravimetric spiral the recovery of commercial value of the gold tailings of low grade in situ. The methodology used is qualitative experimental descriptive explanatory. The experimental process in the spiral equipment comprises three fundamental stages: pulp preparation, concentration process and obtaining concentrate. Three preliminary tests were carried out, in one of them a recovery of 83.44% of Au was obtained and the operational parameters were: granulometry (80% mesh - 200), percentage of solids (20%) and water flow (73 L / min). Once the concentration process was completed, 34 Tm of concentrate with a grade of 0.81 Oz / Tm was obtained, whose commercial value covers all costs (production cost and marketing cost) and has generated a profit of 11,506.10 US \$. Finally, an economic evaluation of the implementation of spiral equipment has been carried out, in which the net present value (NPV 30%) = 6,049.70 U \$ and IRR = 216% was obtained, which shows us the high profitability of the extraction of low-grade gold tailings at Minera Minka Ayahuay SAC - Apurimac.

Keywords: Tailings, recovery, commercial value, spiral, equipment.



CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Minera Minka Ayahuay S.A.C., calificado como pequeño productor minero, dedicada a la extracción de oro y comercialización de mineral en bruto. La empresa desea incrementar sus utilidades, para ello ha visto por conveniente comercializar los 150 Tm de relave aurífero de ley 0,22 Onz Au/Tm, los cuales fueron acumulados años atrás en la planta de beneficio gravimétrico, sin embargo, una de los grandes problemas es el valor comercial, debido a que la ley de mineral es inferior a la ley de cut-off, en el cual el factor más influyente es el costo de transporte de mineral hacia planta metalúrgica. Por otro lado, para aprovechar el relave aurífero se puede procesar en la in situ por lixiviación por ser un método económico, pero según la normativa interna de la comunidad no está permitido y por ende se tiene que emplearse concentraciones gravimétricas. Si no se logra procesar el relave aurífero en la in situ se va desaprovechar la oportunidad de generar utilidades para la empresa; por ende, es muy importante la implementación de equipo espiral gravimétrico en la concentración de minerales y de esa manera lograr la recuperación de valor comercial de los relaves auríferos de baja ley.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

- ¿De qué manera favorece la implementación de espiral gravimétrico en la recuperación de valor comercial de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. - Apurímac?



1.2.2. Problemas específicas

- ¿Cómo influye los parámetros operacionales de espiral gravimétrico en el proceso de concentración de los relaves auríferos de baja ley en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. - Apurímac?
- ¿Qué efectos produce el resultado del proceso de concentración en el valor mineral de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. - Apurímac?

1.3. FORMULACIÓN DE HIPOTESIS

1.3.1. Hipótesis general

- Mediante la implementación de espiral gravimétrico, se recuperará el valor comercial de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurímac.

1.3.2. Hipótesis específicas

- Los parámetros operacionales de espiral gravimétrico permitirán una buena recuperación en el proceso de concentración de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurímac.
- El resultado del proceso de concentración gravimétrica mejorará el valor mineral de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C.- Apurímac.



1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 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.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la influencia de los parámetros operacionales de espiral gravimétrico en el proceso de concentración de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurímac.
- Evaluar los efectos que produce el resultado del proceso de concentración en el valor mineral de los relaves auríferos de baja ley en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurímac.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se justifica porque permite la recuperación de valor comercial de los relaves auríferos de baja ley mediante la concentración gravimétrica en el equipo espiral, el cual beneficia directamente a la Minera Minka Ayahuay S.A.C., así mismo a los pequeños mineros de la zona, con el desarrollo de la nueva técnica de procesamiento del mineral aurífero.

El presente trabajo de investigación se justifica económicamente, ya que con la implementación del equipo espiral gravimétrico se obtiene un alto concentrado de los relaves auríferos de baja ley; por ende, se incrementa el valor comercial del mineral para la comercialización y de esa manera genera mejores utilidades y mayor rentabilidad a la Minera Minka Ayahuay S.A.C., empleando así un proceso



innovador, el cual beneficia a la pequeña minería de la zona. Además, incentiva al cuidado del medio ambiente teniendo en cuenta que el espiral gravimétrico no usa ninguna sustancia química para el procesamiento del mineral.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación consiste en el empleo de equipo espiral gravimétrico en la concentración de los relaves auríferos de baja ley y de esa manera se recupera el valor comercial. En el desarrollo del presente proyecto no se tuvo inconvenientes resaltantes, una de las limitaciones fue la preparación de la pulpa adecuada para el proceso de concentración, pero estas fueron superadas con la regulación de presión de agua en llave de paso y ritmo de alimentación del relave.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto de investigación es viable económicamente y técnicamente, en cuanto a la implementación de equipo espiral gravimétrico en la concentración de los relaves auríferos de baja ley, se tiene los recursos económicos necesarios. Así mismo, se cuenta con la autorización del presidente de la comunidad, a efectos de llevar a cabo el correspondiente trabajo de campo.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Merchan & Monzalve (2019). *“Flujograma Para Concentración de Oro Aluvial, Mediante Utilización Del JIG, Espiral y Mesa Vibratoria”* (tesis de graduación). Universidad Del Azuay. Cuenca, Ecuador. Menciona en su conclusion lo siguiente: Se pretende recuperar partículas de oro de una terraza aluvial mediante etapas de concentración, ajustando los parámetros operacionales de los equipos gravimétricos como son: espiral, mesa vibratoria y JIG, con el propósito de establecer un flujograma que nos permitirá conocer el equipo o circuito de equipos que nos brinden una mayor recuperación de oro. La concentración gravimétrica aprovecha la diferencia de densidades del material, en este proceso experimental se ajustaron las variables operacionales como: fracción de sólidos correspondiente al 10%, 15% y 20% en relación peso/peso en 3 diferentes equipos y un valor variable correspondiente al caudal de acuerdo a la capacidad de cada equipo. El espiral permitió una recuperación máxima de 81.2%.

Mendez (2019). *“Determinación de los parámetros operacionales para la concentración de oro en un espiral”*. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador. Menciona en su conclusion: El concentrador espiral presenta ventajas frente a otros equipos de concentración gravimétrica como: el jig y la mesa vibratoria que operan bajo el mismo principio de recuperación, las mismas que están determinadas por distintas variables que pueden ser controladas para obtener mejores resultados, optimizando costos y tiempo. El presente trabajo de titulación plantea como



objetivo principal determinar los parámetros bajo los cuales este equipo pueda obtener la mayor recuperación posible mediante la variación de los parámetros como: la fracción de sólidos y la variación del caudal de alimentación de pulpa con el afán de obtener la recuperación máxima, los resultados muestran que cuando la fracción de sólidos es de 20% con un caudal de 75.31 l/min, la recuperación es de 0.71 (71%).

Rojas y Villanueva (2018). *“Evaluación técnica y económica para la recuperación de oro de la cancha de relaves de la Empresa Minera Rio Chicama S.A.C. Sayapullo, la Libertad”*. Universidad Privada Del Norte, Facultad de Ingeniería. Menciona en su conclusión: Se realizó la evaluación técnica y económica en la cancha de relaves, de la Empresa Minera Rio Chicama, obteniendo resultados satisfactorios para su procesamiento, utilizando técnicas metalúrgicas de gravimetría y cianuración. Se determinó el costo de producción del proyecto con una inversión total para ejecutar la recuperación de oro de S/8.510.481,79, además los resultados de los indicadores económicos VAN, TIR, PR, concluyen que la ejecución del proyecto económicamente rentable y por lo tanto debe de ser viable.

Coila Ticona (2016). *“Evaluación económica y financiera para determinar la rentabilidad de la explotación aurífera de la minera cuatro de enero S.A. – Arequipa”*. En su conclusión menciona: Mediante la Evaluación Económica y Financiera se ha determinado la rentabilidad de la explotación aurífera de la Minera Cuatro de Enero S.A. – Arequipa, llegando a los siguientes resultados: Valor Actual Neto Financiero (VANF): 11755120.12, Tasa Interna de Retorno Financiero (TIRF): 75 % y Relación Beneficio-costos (B/C): 1.30.



Magno. et al (2015). “*Estudo De Caso: Espirais Convencionais X Espirais De Grande Diâmetro*”. Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas. Rio de Janeiro, Brasil. En su conclusion menciona: El presente trabajo tuvo como objetivo comparar el rendimiento del proceso entre espirales convencionales y de gran diámetro, en la concentración de minerales de hierro. Se llevaron a cabo campañas de prueba para recopilar los datos necesarios para comparar los dos modelos espirales en estudio. Los resultados mostraron que las principales variables que afectaron la eficiencia de separación en las espirales fueron la apertura de los timones y la concentración de sólidos en la alimentación. La espiral de gran diámetro obtuvo mejores resultados, incluso sin el uso de agua de lavado, pero serán necesarias más pruebas para llegar a una conclusión definitiva.

Carvajal & Chavez (2015). “*Estudio del concentrador gravimétrico helicoidal hecho con fibra de vidrio y sus parámetros de funcionamiento*”. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Peru. Menciona en su conclusion: El concentrador gravimétrico helicoidal hecho con fibra de vidrio y resina poliéster funciona perfectamente pudiéndose llegar a las siguientes conclusiones: El mineral tratado en las pruebas determino que la granulometría óptima de liberación es de malla -70 en un 60%, esto equivale a tres minutos de molienda en el molino de bolas en laboratorio y una alimentación de tamaño de malla -10. En la realización de las pruebas se determinó que con un 30% y 35% de sólidos la separación de la mena de la ganga se realiza en buenas condiciones. El porcentaje de arcillas contenidas en el mineral que va a pasar por el concentrador no debe de sobrepasar el 8% porque un exceso jala los minerales finos a los relaves.



Meza, J. et al. (2015). “ *Recuperacion de valores metalicos del relave en planta concentradora Santa Rosa de Jangas.*” Universidad Nacional Antisago Antunez de Mayolo de Ancash, Facultad de Ingenieria de Minas, Geologia y Metalurgia. Menciona en su conclusion: Se pueden recuperar los valores metálicos del relave aunque no tienen valores económicamente comerciales; pero en caso se zinc la ley de concentrado llega a 33.33% con recuperación de 54:52%, el ratio de concentración es de 72.99:1, por esta razón se reducirá la contaminación ambiental del entorno en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas.

Auris. et al (2013). “*Concentracion de Minerales En Espirales Humphreys*”. Universidad Nacional del centro del Perú. Huancayo, Peru. En su conclusion menciona: Los Espirales Humphreys son de gran aplicación en la concentración gravimétrica de minerales con una marcada diferencia de densidad específica respecto a la ganga. La fuerza centrífuga en los espirales Humphreys empuja al líquido hacia la periferia de la espiral hasta que la corriente de la pulpa alcanza el equilibrio entre la fuerza centrífuga y la de gravedad. La concentración por espirales se caracteriza por su alta recuperación, pero bajo enriquecimiento, por lo que se usa en pre concentrado o como Scavenger. Los Espirales Humphrey son más económicos que las mesas vibratorias y concentradores centrífugos.



2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 Relave minero

Son los residuos resultantes del proceso de recuperación de los metales. Una vez que las rocas con contenido metálico han sido chancadas y molidas, éstas pasan a través de un conjunto de procesos físicos y químicos – conocidos como concentración o beneficio- para recuperar los metales. Una vez finalizado el mismo, se obtiene el componente con valor que es el concentrado y por otro lado lo que queda es el relave o desecho.(Meza et al., 2011).

Relave aurífero es un conjunto de materiales/desechos con contenido de sólidos que presenta partículas de oro en su estructura, como también puede encontrarse de forma nativa. Es producto de procesos metalúrgicos/concentración de minerales constituido por ganga mineral con mezcla de roca y agua.(Flores, M. 2014).

2.2.2 Origen de los relaves auríferos

Los relaves corresponden a materiales que han sido descartados del proceso productivo de las plantas de procesamiento. Los relaves obtenidos de plantas de procesamiento de oro más comunes, corresponden a relaves gravitacionales, de cianuración y de flotación. Los relaves gravitacionales tienen contenido metálico, los cuales pueden ser tratados por un método gravitacional más eficiente como separadores centrífugos o espirales, con el fin de recuperar partículas más finas que las recuperadas por el método de concentración original.(Romero Aliaga, 2018).



2.2.3 Características de los relaves auríferos gravitacionales

Las características del mineral procesado y el proceso desde el cual se produce, establecen la mineralogía y la ocurrencia de oro en este material. Para estos relaves, donde la ley varía típicamente entre 0,05 g/t y 2 g/t de oro, es extremadamente importante entender la ocurrencia de oro para proponer y optimizar un proceso de producción apropiado. En la mayoría de los casos, la recuperación de metal desde los relaves varía típicamente entre 40% y 90%, y están limitados por al menos un factor mineralógico.(Brito Quezada, 2019).

2.2.4 Relaves de residuos a recursos

El avance industrial y científico ha necesitado la incorporación de una mayor cantidad de elementos para fabricar nuevos y más eficientes productos tecnológicos. Muchos de estos elementos están contenidos en los relaves, por lo que el desafío es identificarlos y recuperarlos. (son los yacimientos del futuro). (Adasme, 2019).

Según las características mineralógicas de los depósitos de relaves auríferos, existen alternativas para reprocesar y recuperar el oro desde el mismo. (Andrews Estrada, 2012). Las alternativas son las siguientes:

- Concentraciones gravimétricas.
- Molienda del mineral y posterior lixiviación del mismo.
- Concentración del mineral por flotación.



2.2.5 Ley de cut-off

Es la concentración mínima que debe tener un elemento en un yacimiento para ser económicamente explotable, es decir, la concentración que hace posible pagar los costes de su extracción, su tratamiento y su comercialización. Es la ley por debajo de la cual un yacimiento no es económicamente explotable. Contenido mínimo del metal en el mineral para que pueda ser considerado como reservas. (Morales Valdivia, 2015).

- Mena = Mineral con una ley mayor o igual a la ley cut off
- Estéril = Mineral con una ley menor a la ley cut off

Para calcular la ley de corte debemos considerar; tanto, el costo mina, como, el costo planta, los cuales generalmente varían durante la vida útil de explotación, ya que las distancias para el transporte del mineral; como del estéril, varían. Además, el tratamiento de la planta cambia, dependiendo de las características del mineral alimentado. (Vilavila, H., 2017).

La determinación de la fórmula de la LC se da mediante términos económicos, la cual se explicará a continuación:

- a) La ley de mineral a explotar genera un Valor mineral:

$$\text{Valor mineral (\$/TM)} = \text{Ley de mineral} * \text{precio} * \text{recuperación}$$

- b) Todo proceso industrial genera costos de producción, y en el caso de la minería lo expresamos en CT (\\$/TM).

$$\text{Utilidad} = \text{valor mineral} - \text{costos totales}$$

La expresión para calcular la ley de corte se define de la siguiente manera:

$$\text{Ley de corte} = (\text{ley de mineral} * \text{costos totales}) / \text{valor mineral}$$



Donde:

Costos totales= (\$)

Valor mineral= (\$)

Ley de mineral= (Onz/TM)

Si valor mineral > CT: Ganancias = tiene valor comercial

Si valor mineral < CT: Perdidas = no tiene valor comercial

Si valor mineral = CT, no existen perdidas ni ganancias

2.2.6 Concentración gravimétrica

La concentración de minerales es una operación de separación del mineral de interés, de los otros componentes del material original (ganga) mediante la cual se obtiene un producto enriquecido y un rechazo pobre en el material valioso. (Reinoso Mendez, 2019).

La concentración gravimétrica es una manera sencilla, de alta capacidad, de bajo costo y de una eficacia razonable, para separar minerales pesados valiosos de la carga bruta, lo cual explica su extenso uso en la minería aurífera. (Huarecallo Condori, 2011).

La concentración gravimétrica ha sido utilizada a lo largo de los años para la separación de minerales, mediante la aplicación de diferentes métodos, continuando su utilización en los procesos actuales. La relativa simplicidad de los procesos gravimétricos y el hecho ser menos perjudicial: para el medio ambiente al no requerir el uso de aditivos químicos, la técnica gravitacional ofrece ventajas



importantes sobre otros métodos de concentración de mineral en conjunción con el respeto al medioambiente.(Vilcapoma Juño & Chavez Poma, 2012).

Es posible implementar métodos de separación que aprovechan diferentes propiedades físicas, cada método emplea técnicas 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.).
- Equipo esoiral (tamaños + 100m y – 100 m.).
- Separadores especiales, centrífugos (Knelson, Falcon etc.).

2.2.7 Criterio de concentración

En la concentración gravimétrica para una separación efectiva es fundamental que exista una marcada diferencia de densidad entre el mineral y la ganga. A partir del llamado criterio de concentración se tendrá una idea sobre el tipo de separación posible. (Quilla, O., 2019).

El criterio a tomar en cuenta para la determinación de cuál y que clase de separación es posible en un caso particular, es la gravedad específica y se puede determinar por la siguiente ecuación.

$$C - C = \frac{Pp - Pf}{Pl - Pf}$$

Donde:

C-C= Criterio de concentración

Pp=densidad de las partículas pesadas

P_l =densidad de la partícula liviana

P_f = densidad del agua

Si esta razón es mayor a 2,5 ya sea positivo o negativo, la separación gravimétrica será relativamente fácil para material por debajo de los 75 μm (tamaños hasta 200 mallas). A medida que esta razón disminuye, la eficiencia de la separación también disminuye; en valores de 1.75 la concentración será posible para material por debajo de los 150 μm (entre 65 a 100 mallas). En valores de 1.5 la concentración suele ser muy difícil y valores iguales a 1,25 se consideran la razón límite inferior para la separación húmeda por gravimetría, el cual se aprecia en la figura 1.

Para una separación efectiva en este tipo de concentración es fundamental que exista una marcada diferencia de densidad entre el mineral y la ganga, a partir del criterio de concentración, se tendrá una idea sobre el tipo de separación posible. (Bustamante, G. & Restrepo, 2008).

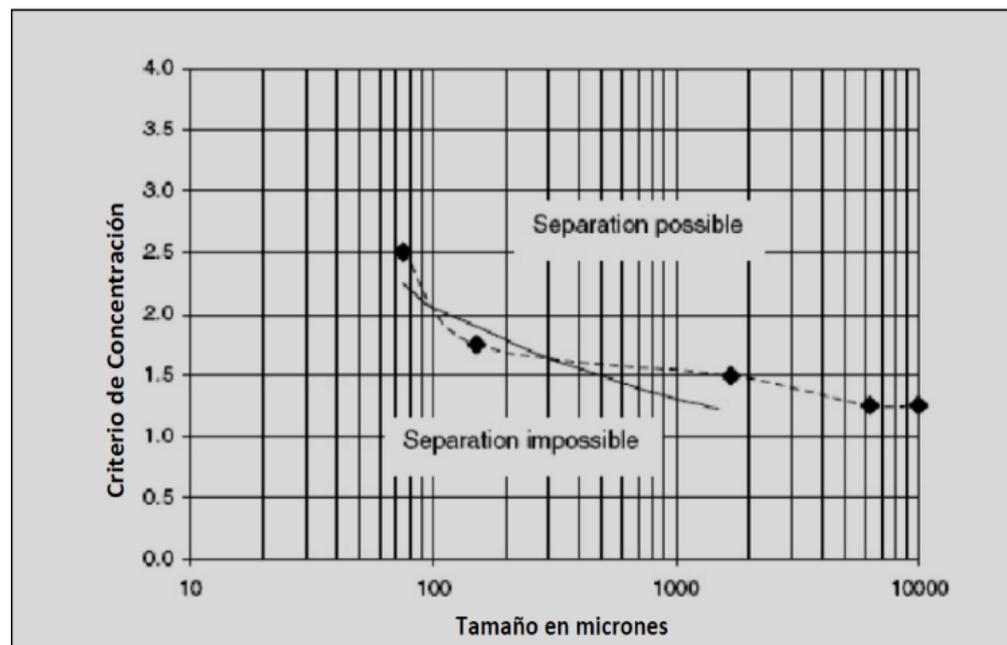


Figura 1. Recuperación según criterio de concentración y tamaño de las partículas

Fuente: Bustamante, G. & Restrepo, 2008



2.2.8. Índices metalúrgicos de los espirales

Los índices metalúrgicos son números adimensionales que determinan la eficacia de la separación en varias etapas de concentración, además proporcionan información para el dimensionamiento de equipos de concentración.

a) Recuperación. La recuperación es la relación entre la cantidad de mineral útil en peso del concentrado y la cantidad en peso de alimentación.

Fuente: (Reinoso, 2019).

$$R = \frac{c \cdot C}{a \cdot A}$$

Donde:

R=recuperación

c=ley útil en concentrado

C=cantidad en peso del concentrado

a= ley útil en la alimentación (ley de cabeza)

A= cantidad en peso de la alimentación

b) Razón de enriquecimiento. Es la relación entre ley de concentrado “c” respecto a la ley de cabeza “a” es decir:

Fuente: (Reinoso, 2019).

$$Re = \frac{c}{a}$$

Donde:

Re=razón de enriquecimiento

c= ley de concentrado

a= ley de cabeza



c) **Razón de concentración.** Se define como la razón entre el peso del material que esta en alimentación A con respecto al peso del concentrado C, es decir:

Fuente: (Reinoso, 2019).

$$R_c = \frac{A}{C}$$

Donde:

R_c=razón de concentración

A= peso del material que esta en alimentación

C= peso del concentrado

d) **Rendimiento de concentración.** Se define como la relación entre flujo másico en el concentrado respecto al flujo másico de sólidos en la alimentación, es el inverso de la razón de concentración y proporciona igual información.

Fuente: (Reinoso, 2019).

$$V = \frac{C}{A}$$

Donde:

V=Rendimiento de concentración

A= peso del material que esta en alimentación

C= peso del concentrado

También el rendimiento de concentración “V” es el siguiente:

$$V = \frac{1}{R_c}$$

e) **Eficiencia de la Separación.** Es un índice que combina la información obtenida en los anteriores numerales, el cual se define como:

Fuente: (Reinoso, 2019).



$$E = \frac{R - V}{1 - a}$$

Donde:

E=eficiencia de recuperación

R=recuperación

V=rendimiento de la concentración

a= ley de cabeza del relave

2.2.9. Métodos gravimétricos

Los métodos de concentración gravimétrica se clasifican en dos tipos:

a) Métodos de concentración en medios densos. Métodos de concentración en medios densos, cuando la densidad del medio es intermedia a las densidades de las especies que se quieren separar.

Los métodos de concentración en medios densos pueden ser estáticos o dinámicos. La separación en medio denso consiste en separar sólidos en función de sus densidades usándose como medio un fluido de densidad intermedia, donde el sólido de densidad más baja flota y el de densidad más alta se va al fondo (se hunde). Los medios densos usados son: líquidos orgánicos, solución de sales en agua y más comúnmente suspensiones de sólidos de granulometría fina en agua. (Reinoso, 2019).

La separación en medio denso se divide en dos métodos básicos: en sistema estático y dinámico:

- En el sistema estático se emplean aparatos concentradores con recipientes de varias formas, donde la separación se realiza en un medio relativamente tranquilo bajo la influencia de simples fuerzas gravitacionales, en este sistema la única fuerza actuante es la fuerza de gravedad.

- La separación en los sistemas dinámicos se realiza en estanques, tambores, conos y vasos. Prácticamente, en la separación dinámica se trabaja en un rango granulométrico de 150 mm (6") a 5 mm (1/4"), pudiéndose tratar tamaños de hasta 35,6 cm (14"). (Reinoso, 2019).

b) Métodos de concentración en corrientes. En este método la densidad del medio es inferior a aquellas que de las especies se requieren separar.

Existen varios tipos de separación en corrientes: corrientes verticales, corrientes longitudinales, corrientes oscilatorias y corrientes centrifugas. Cabe recalcar que la concentración en corrientes verticales confiere características propias a los defectos en el proceso porque es la separación más importante, y también utiliza el equipo espiral como equipo principal de concentración. (Reinoso, 2019).

2.2.10. Equipo espiral gravimétrico

El equipo espiral consiste en una canaleta helicoidal con cuatro a siete vueltas. Su funcionamiento puede ser comparado con el de una batea cónica, donde las partículas livianas se mueven por la acción del agua hacia el borde y las partículas pesadas se concentran en el centro. Se puede considerar al concentrador de espiral como una serie de bateas superpuestas y conectadas. Al final de las espirales, el producto se divide en cuatro diferentes fracciones: concentrados, mixtos, colas y agua. El espiral fue inventada por Ira Boyd Humphreys, en 1941, en los Estados Unidos de América y se hizo conocido como la espiral de Humphreys, el cual se aprecia en la Figura 2.

En su primera versión, construida con anillos de neumáticos viejos, se llevaron a cabo las primeras pruebas de concentración de cromita de las arenas depositadas en las antiguas playas de Oregón. (João & Almeida, 2010).

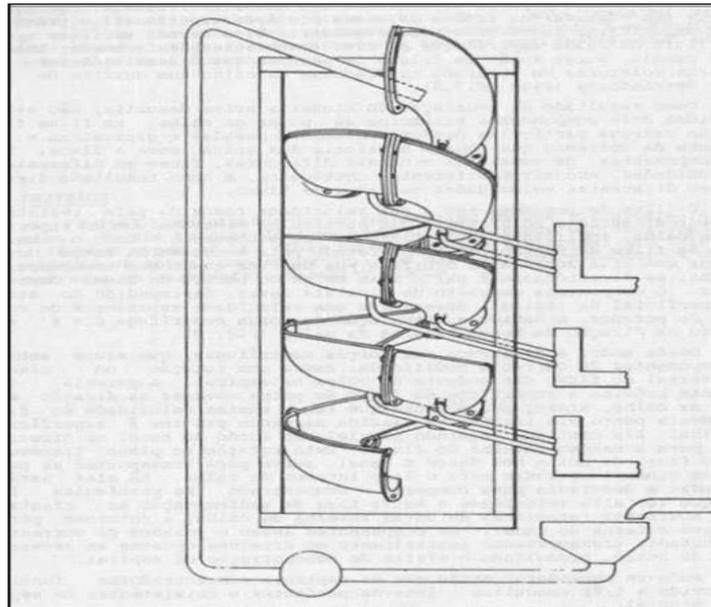


Figura 2. Espiral de humphreys

Fuente: João & Almeida, 2010

Los materiales de construcción para las espirales han evolucionado desde neumáticos viejos, la madera, hierro fundido hasta el poliéster reforzado con fibra de vidrio, pasando por aleaciones, hormigón, goma, etc. En la actualidad los fabricantes emplean poliéster reforzado con fibra de vidrio, con recubrimientos de poliuretano o goma. (Carvajal & Chavez, 2015).



Figura 3. El espiral gravimétrico

Fuente: MEDMIN



El procedimiento de la concentración por espirales es muy antiguo, sabiendo que en el presente son utilizados para fines industriales muy importantes, los minerales que han sido concentrados por los mismos son muchos como por ejemplo el oro.

2.2.11. Principio de funcionamiento

La espiral consiste de una canaleta helicoidal con cuatro a siete vueltas que posee una sección transversal semicircular modificada y ajustada bajo su diseño correspondiente. En la parte superior del equipo existe una caja donde recibe la alimentación en forma de pulpa. A medida que la pulpa fluye, las partículas que tienen mayor peso se encuentran en una faja a lo largo del lado interno del flujo de la pulpa, las mismas son removidas por las aberturas que se encuentran en la parte más baja de la sección transversal. (Carvajal & Chávez, 2015).

Las partículas más pesadas se reúnen en el fondo, donde la fricción y el lastre actúan para aminorar la velocidad del material. Debido a la forma de la espiral del lecho de la canaleta, las fuerzas centrífugas en la pulpa llevan al material más liviano hacia afuera, hacia el borde de la espiral, mientras que el material pesado permanece adentro. (Carvajal & Chavez, 2015).

El funcionamiento de los espirales está basado en el principio de concentración a través de un flujo laminar. Este fenómeno se basa en el hecho que una partícula que se desliza en un canal circular a través de una película de fluido está sujeta por lo menos, a cuatro fuerzas:

- Aceleración de gravedad, 981cm/seg^2
- Fuerza centrífuga
- Empuje líquido
- Roce contra el fondo del canal

Los flujos y fuerzas se combinan, para así clasificar y concentrar. Al final de la espiral están las salidas de los productos (concentrado, colas y agua). El agua generalmente contiene los lodos. Mediante los cortadores se puede definir el ancho de la ceja del concentrado y de los mixtos. Las variables operativas más significativas del proceso son la velocidad de alimentación y el porcentaje de sólidos en la pulpa de alimentación, entre otros.

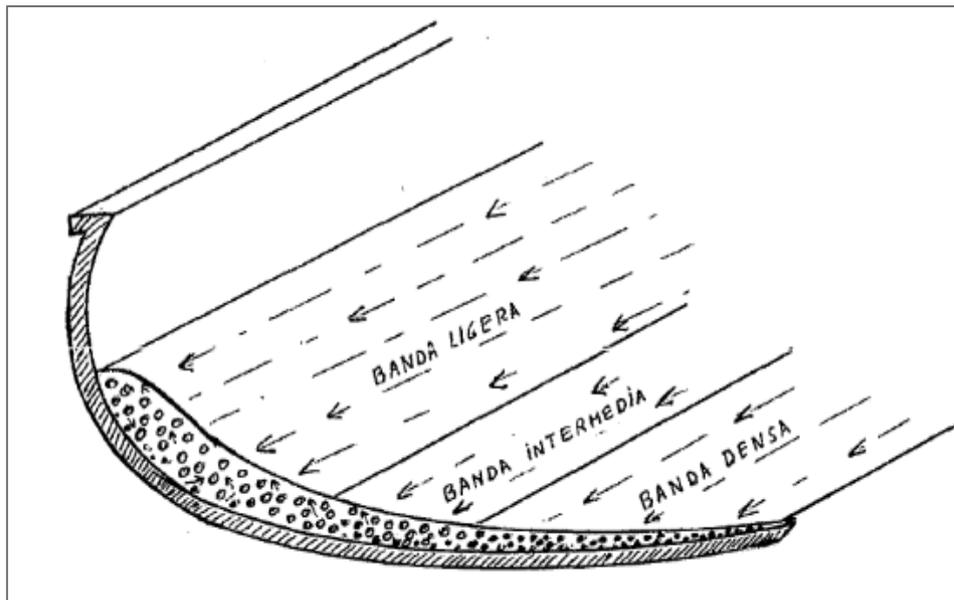


Figura 4. Deslizamiento de las partículas en el espiral

Fuente: Salas & Hinojosa, 2013

2.2.12. Características de los espirales

La espiral posee un canal con forma helicoidal cilíndrico con sección transversal semicircular modificada. y en la parte superior tiene una caja donde recibe la alimentación en forma de pulpa. Cuando esta se escurre, las partículas más pesadas se encuentran en una faja a lo largo del lado interno del flujo de la pulpa, estas son removidas por las aberturas que existen en la parte baja de su sección transversal. (Auris et al., 2013).

Por lo general, las espirales se caracterizan por su alta recuperación, pero también por su bajo factor de enriquecimiento, y es debido a este motivo que las espirales son utilizadas exitosamente en la fase de pre concentración o como "Scavenger" (para la recuperación de minerales residuales de valor de las colas). (Merchan & Monzalve, 2019).

Continuación tenemos las ventajas y desventajas de los espirales:

Tabla 1. Ventajas y desventajas de de los espirales

Ventajas de los espirales	Desventajas de los espirales
-Producción continua de pre-concentrados	-Necesita material de alimentación menor a 2mm
-No requieren impulsión motriz	-Bajo grado de enriquecimiento
-Requiere poco mantenimiento	
-Fáciles de operar	

Fuente: Merchan & Monzalve

2.2.13. Clasificación de los espirales

Las espirales se dividen en dos tipos: espirales de múltiples retiradas y espirales de retiradas limitadas:

a) Espirales de múltiples retiradas. La espiral original Humphrey presenta cinco vueltas completas de hélice, la cual es un conducto helicoidal conectado a una columna central que sirve también para la descarga del concentrado, el cual se aprecia en la figura 5.



Figura 5. Espiral de múltiples retiradas

Fuente: Auris et al., 2013

- b) Espirales de retiradas limitadas.** La tecnología se inclina a la construcción de espirales con menos puntos de retiradas del concentrado, varias con un único punto, en el fondo de la hélice.

2.2.14. Parámetros operacionales de los espirales

- a) Capacidad de tratamiento.** El objeto de estudio es la cantidad óptima (kg/ h) de sólidos en la espiral, sin embargo, es común operar a una velocidad de hasta 2.5 t / h por espiral. Los mejores resultados se obtienen con valores de alrededor de 1,5 t / h por espiral. En la práctica, el mejor rendimiento del equipo se logra cuando el equipo funciona a su máxima capacidad. (Carvajal & Chavez, 2015).
- b) Granulometría de mineral.** Los límites granulométricos de los minerales pesados contenidos en la pulpa deben ser de 8 mallas hasta 200 mallas. El tamaño de los minerales de bajo peso específico contenido en la pulpa no es crítico, pudiendo variar hasta 4 mallas sin perjudicar el desempeño. Cuanto más amplio



es el rango granulométrico, menor será la eficiencia del equipo. Por otra parte, debe señalarse que la eficiencia de las espirales disminuye para granulometrías inferiores a 200 mallas. (Carvajal & Chavez, 2015).

c) Consumo de agua. El flujo de pulpa de la alimentación depende de las características de la mena. Para materiales finos se aconsejan flujos de 50 a 60 L/min; para materiales medios, 70 a 90 L/min y para materiales gruesos, entorno de 110 L/min. El consumo de agua para cada espiral, incluyendo el agua de lavado, varía de 50 a 110 L/min. Industrialmente, esta agua es normalmente recuperada y recirculada. Debe señalarse que la nueva generación de espirales no necesita aporte de agua de lavado ya que funciona eficientemente sin el uso de esta agua. (Carvajal & Chavez, 2015).

d) Peso específico de mineral. La diferencia de pesos específicos entre los minerales útiles y los minerales de la ganga debe ser siempre mayor que 1,0 para que se obtenga una concentración satisfactoria.

La eficiencia tiende a incrementarse con el aumento de los pesos específicos de los minerales pesados. La forma o tamaño de las partículas puede influir de tal forma a la concentración que, en ciertos casos, tratando minerales de pesos específicos muy próximos se puede alcanzar una buena separación. (Carvajal & Chavez, 2015).

e) Porcentaje de sólidos. El porcentaje de sólidos es de 20 a 30%, pulpas conteniendo sólidos de granulometría gruesa, pueden tener hasta 50% de sólidos.

Las espirales más trabajan con porcentajes de sólidos superiores a los que se utilizan convencionalmente, los cuales varían entre 30 a 50 %, el tamaño de las partículas puede intervenir a la concentración, tratando minerales que poseen pesos específicos muy cercanos logrando alcanzar una separación eficiente.

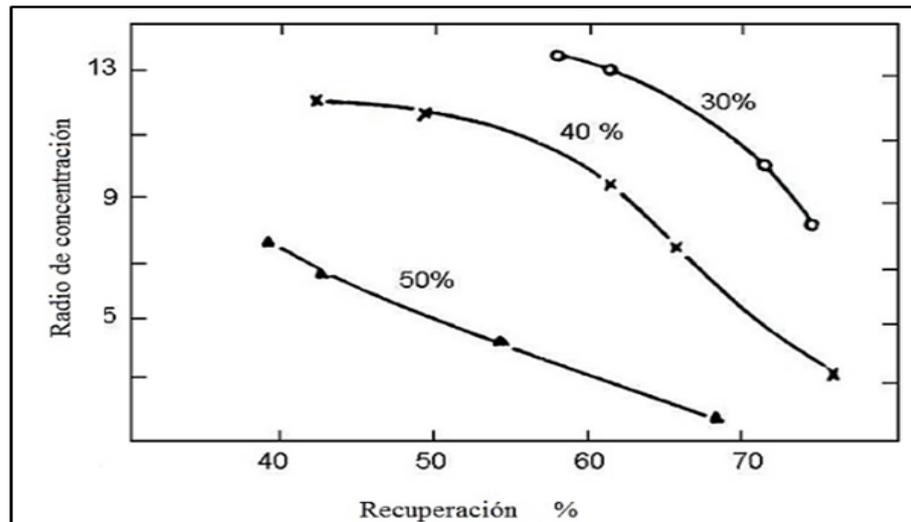


Figura 6. Concentración según porcentaje de las partículas en la pulpa

Fuente: Carvajal & Chavez, 2015

2.2.15. Utilización de los espirales gravimétricos en la minería aurífera

La espiral se utiliza principalmente para la preconcentración de materiales auríferos, tanto primarios como secundarios. También se utiliza para recuperar el oro y las piritas auríferas que todavía existen en las colas del proceso ("scavenger"). Pudiendo recuperar máximamente los valores de desecho, evitando contaminación con el medio ambiente con piritas. También se obtiene colas que no poseen partículas finas, que pueden retenerse en pozos de sedimentación, en caso de escasez de agua puede recircular la misma. (Auris Huayta, et al., 2013).

Según (Merchan & Monzalve, 2019) las espirales se aplican en:

- Tratamiento de menas de hierro
- Tratamiento de minerales como: oro, plata, cromita y tantalita
- Tratamiento de carbón

2.3. MARCO LEGAL

Las normas que amparan la realización del presente estudio son:

- La minería se encuentra regulada en la Constitución Política (1993) en el Artículo 66: “Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal”.
- Decreto Supremo 014-92-EM, mediante el cual se aprueba el Texto Único de la Ley General de Minería Texto Único de la Ley General de Minería. El artículo III del TUO de la LGM regula que “El Estado protege y promueve la pequeña minería y la minería artesanal, así como la mediana minería, y promueve la gran minería”. La minería artesanal es una labor de subsistencia, a diferencia de la pequeña minería que se encuentra más desarrollada con capacidad de producción, pero en pequeña escala. Las diferencias de derechos y obligaciones que existen en las distintas escalas de producción se pueden apreciar en el siguiente cuadro:

Tabla 2. Clasificación de la minería en Perú

Estrato	Extensión Concesión	Capacidad Productiva
Gran Minería	Más de 2,000 Has.	Más de 5,000 TM/día
Mediana Minería	Más de 2,000 Has.	Hasta 5,000 TM/día
Pequeña Minería	Hasta 2,000 Has.	Hasta 350 Tm/día
Minería Artesanal	Hasta 1.000 Has.	Hasta 25 Tm/día

Fuente: Ministerio de Energía y Minas



- Ley N° 27651 Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal. Complementa en su artículo 2 la definición de la minería artesanal agregando que “es una actividad de subsistencia” que utiliza la mano de obra como una fuente para generar empleo y que genera beneficios colaterales en las zonas donde se desarrolla, siendo estas zonas las más apartadas y deprimidas del país.
- El artículo 2 del D.L. N° 1336 define por primera vez la minería formal y lo hace como la “actividad ejercida por persona, natural o jurídica, que cuenta con autorización de inicio o reinicio de actividades de exploración, explotación y/o beneficio de minerales y/o título de concesión de beneficio emitida por la autoridad competente”.
- Decreto Supremo N° 018-2017-EM, 2017. El Proceso de Formalización Minera Integral se inicia con la inscripción en el REINFO por parte de un minero informal; de esa manera, los mineros con inscripción vigente deben respetar los compromisos asumidos y entregar los requisitos exigidos para culminar con el proceso.
- D.S. N° 038-2017-EM, Decreto Supremo que estableció Disposiciones Reglamentarias para el IGAFOM. Además, la autoridad competente para aprobar el IGAFOM es la Dirección Regional de Energía y Minas competente; en Lima Metropolitana, es la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros.
- El Decreto Supremo N° 005-91-EM/VNM, declara la libre comercialización del oro en bruto o semi-elaborado, así como el obtenido como producto directo de un proceso minero y/o metalúrgico.



- Decreto Supremo N° 012-2012- EM, Medidas complementarias para la comercialización de oro de pequeños productores mineros – PPM y productores mineros artesanales – PMA.
- Decreto Supremo 055-99-EF, Impuesto General a las Ventas IGV.

2.4. MARCO CONCEPTUAL

Los términos que se emplean en el presente estudio son:

- Análisis químico: Ensayo o prueba química a la que es sometida una muestra de minerales con la finalidad de determinar la cantidad de metal útil que contiene.
- Concentrado: Producto originado en la planta procesadora de los metales y se expresa en un tanto por ciento de los elementos útiles luego del proceso.
- Costo de producción: Utilización de determinados recursos físicos, humanos, financieros y de otra índole con el fin de producir un bien y servicio.
- Equipo espiral: Consiste en una canaleta helicoidal con cuatro a seis vueltas. Su funcionamiento puede ser comparado con el de una batea cónica, donde las partículas livianas se mueven por la acción del agua hacia el borde y las partículas pesadas se concentran en el centro.
- Ley: Es el parámetro que expresa la calidad de un mineral, un concentrado, o cualquier producto que contenga especies metálicas. Normalmente la ley de oro se expresa en Onzas por tonelada corta (oz. /TC) ó onzas por tonelada métrica (oz. /Tm) o gr./Tm.
- Ley de cabeza: Contenido de finos en el mineral que entra al proceso de concentración.
- Ley de corte o cut-off: Es el criterio empleado normalmente en minería para discriminar entre mineral y estériles.



- Maquila: Operación de transformación o procesamiento, típicamente se refiere al costo de procesamiento, está dada arbitrariamente en función de las leyes del mineral.
- Mineral: Sustancia inorgánica que se halla en la superficie o en las diversas capas de la corteza del globo, y principalmente aquella cuya explotación ofrece interés. Parte útil de una explotación minera.
- Muestra de relave: Porción pequeña de relave, retirada de modo tal que el contenido de metal puede ser determinado por ensayo en laboratorio.
- Onz: Onzas Troy cuyo peso es 31,1035 gramos.
- Recuperación: Se define como la relación que existe en una operación de concentración entre el peso del material útil o de interés que hay en el concentrado con respecto a la cantidad de ese mismo mineral que hay en la alimentación, o que ingreso a la operación.
- Recuperación Metalúrgica: Cantidad de metal que determinado proceso puede extraer del mineral.
- Relave: Son los residuos resultantes del proceso de recuperación de los metales. Una vez que las rocas con contenido metálico han sido chancadas y molidas, éstas pasan a través de un conjunto de procesos físicos y químicos – conocidos como concentración o beneficio – para recuperar los metales. Una vez finalizado el mismo, se obtiene el componente con valor que es el concentrado y por otro lado lo que queda es el relave o desecho.
- TMH: Toneladas Métricas Húmedas de 1 000 kg.
- TMS: Toneladas Métricas Secas (descontada la humedad) de 1 000 kg.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. MÉTODO 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 a continuación:

3.1.1. Método general

En la presente investigación como método general se usará al método científico. Según (Sánchez & 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.

3.1.2. Método específico

El método de investigación es experimental porque de acuerdo a un plan previo se organizará para proceder con la investigación de las posibles causas-efecto, según (Sánchez & Reyes, 1996).

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es aplicada: según (Sánchez & Reyes, 1996), este tipo de investigación “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 ella se deriven”.



3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es explicativo: Según (Sánchez & Reyes, 1996), se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas, como de los efectos, mediante la prueba de hipótesis.

3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es experimental: Según (Sánchez & Reyes, 1996), se manipula la variable independiente y se mide los resultados en la variable dependiente.

Ge O1 \longrightarrow X \longrightarrow O2

Ge: grupo experimental

O1: pre test (valor comercial de los relaves auríferos)

X: tratamiento (Proceso de concentración en el equipo espiral)

O2: post test (valor comercial de los relaves auríferos)

3.5. POBLACIÓN

La población para este trabajo de investigación está constituida por 150 toneladas de relave aurífero de baja ley presentes en la planta de beneficio en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurímac.

3.6. MUESTRA

La muestra para este trabajo de investigación está constituida por 60 Kg de relave aurífero de baja ley in situ de la Minera Minka Ayahuay S.A.C. - Apurímac.



El tipo de muestro que se aplico es el método de puntos, el cual consiste en la extracción de porción del relave de baja ley de los diferentes puntos y las distancias entre puntos es 1m.

3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.7.1. Variable independiente

Implementación de equipo espiral gravimétrico en la Minera Minka Ayahuay S.A.C.-Apurímac.

3.7.2. Variable dependiente

Valor comercial de los relaves auríferos de baja ley en la Minera Minka Ayahuay S.A.C.-Apurímac.

Tabla 3. Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
Variable I.				
Implementación de equipo espiral gravimétrico en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurímac.	El equipo espiral gravimétrico es una máquina de concentración gravimétrica que consiste en una canaleta helicoidal con cuatro a siete vueltas.	En espiral gravimétrico las partículas livianas de mineral se mueven por la acción del agua hacia el borde y las partículas pesadas se concentran en el centro.	Parámetros operacionales de equipo espiral Proceso de concentración	-Capacidad de tratamiento -Consumo de agua -Porcentaje de sólidos en pulpa -Granulometría de mineral -Peso específico de mineral -Porcentaje de recuperación -Razón de enriquecimiento -Razón de concentración -Rendimiento de Concentración -Eficiencia de concentración
Variable D.				
Valor comercial de los relaves auríferos en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurímac.	Valor comercial es el precio más probable en que se podría comercializar un bien o material.	Un mineral tiene valor comercial cuando cubre todos los costos de extracción.	Evaluación económica	-Valor mineral -Costos totales - Utilidad



3.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.8.1. Técnicas

Las principales técnicas que se utilizaron en esta investigación son:

- Muestreo-Análisis químico
- Proceso de concentración gravimétrica de relave
- La observación directa e indirecta: Se registrará los resultados del proceso de concentración.
- Cálculos numéricos: Se realizará de forma analítica e interpretativa según el resultado de concentración gravimétrica.

3.8.2. Instrumentos

Los instrumentos y equipos que se usaron en la investigación para la recolección de datos son:

- Equipo espiral gravimétrico
- Puruñador
- Balanza
- Herramientas (Pala, carretilla, baldes y otros)
- Bateas
- Bolsas de plástico para las muestras
- Reporte de análisis de oro
- Hoja de cálculos Excel



3.9. PROCEDIMIENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS

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

3.9.1. Caracterización del relave aurífero

El material que se ha seleccionado para realizar este trabajo de investigación corresponde al relave aurífero de baja ley de la Minera Minka Ayahuay S.A.C. El relave aurífero es un desecho minero proveniente de la planta de beneficio gravimétrica, el cuales son propios del mineral procesado y están asociados a gangas siguientes: Argentita (Ag_2S), Galena (PbS), Pirita (FeS_2), Arsenopirita (FeAsS), Hematita (Fe_2O_3), Magnetita (Fe_3O_4), Limonita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 11/2 \text{H}_2\text{O}$), Cuarzo (SiO_2) y Ganga no metálica.

3.9.2. Muestro y cuarteo de muestras

Se realiza por el método de puntos con la finalidad de alcanzar pequeñas muestras de mineral, las mismas que representan las propiedades físicas y químicas del mismo, obteniendo como resultado una muestra representativa de todo el material. El procedimiento de cuarteo consiste en dividir el material en cuatro porciones logrando eliminar las dos esquinas opuestas y escoger las otras dos, realizando este mismo procedimiento las veces necesarias hasta tener la cantidad requerida de muestra y se envió al laboratorio para la prueba metalúrgica.



Figura 7. Cuarteo de muestras

3.9.3. Evaluación económica del relave aurífero de baja ley

Una vez obtenida el resultado de la prueba metalúrgica del relave aurífero se realiza la evaluación económica, mediante la ley de corte.

La expresión para calcular la ley de corte se define de la siguiente manera:

$$\text{Ley de corte} = (\text{ley de mineral} * \text{costos totales}) / \text{valor mineral}$$

Donde:

-Costos totales= (\$)

-Valor mineral= (\$)

-Ley de mineral= (Onz/TM)

Si valor mineral > CT: Ganancias = tiene valor comercial

Si valor mineral < CT: Perdidas = no tiene valor comercial

Si valor mineral = CT, no existen perdidas ni ganancias

3.9.4. Implementación de equipo espiral gravimétrico

a) Instalación de equipo espiral.

La instalación de equipo espiral en la in situ se realizó empleando materiales como palos de eucalipto, alambres, tubos PVC, lavadores, cilindros de caucho, mangueras para circular y recircular el agua, entre otros. Se adecuó las condiciones técnicas para la concentración.



Figura 8. Instalación de equipo espiral gravimétrico

b) Determinación de las variables operacionales.

Los variables más importantes para la preparación de la pulpa son: porcentaje de sólidos y el flujo de agua. La pulpa tiene características propias tales como gravedad específica, densidad, peso y volumen, los cuales juegan un papel importante en el proceso de concentración.



- a) **Capacidad de procesamiento.** La velocidad de operación es de 1 T/h por espiral.
- b) **Tipo de material.** El material es relave aurífero con presencias de minerales sulfurados y óxidos tales como: Argentita (Ag_2S), Galena (PbS), Pirita (FeS_2), Arsenopirita (FeAsS), Hematita (Fe_2O_3), Magnetita (Fe_3O_4), Limonita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 11/2 \text{H}_2\text{O}$), Cuarzo (SiO_2) y Ganga no metálica.
- c) **Fracción de sólidos.** Las fracciones de sólidos que se han utilizado son: 10, 20 y 30 %. Con estos porcentajes se realizaron cálculos para determinar cuál sería la pulpa óptima para desarrollar los experimentos necesarios.

Tabla 4. Fracción de sólidos que se utilizan en la experimentación

Fracción de sólidos (%)	Peso de la muestra (Kg)
10%	20 kg
20%	20 kg
30%	20 kg

- d) **Caudal de agua.** El caudal que se ha usado se consideró mediante un recipiente de 20 litros para poder calcular el tiempo en segundos (s) que se demora en ser llenado, este cálculo nos da el caudal en (l/min); para realizar este análisis han usado tres caudales diferentes para poder determinar con cual la recuperación es mayor.

Tabla 5. Caudal de agua en la experimentación

Caudal (l/min)	Valores
Q1	71 L/min
Q2	73 L/min
Q3	75 L/min

e) **Granulometría.** Los límites granulométricos de los minerales pesados contenidos en la pulpa es 80% malla -200.

3) Proceso de concentración en el equipo espiral.

El proceso de concentración consiste en alimentar la pulpa en la parte superior de equipo espiral. A medida que la pulpa fluye, las partículas que tienen mayor peso se encuentran en una faja a lo largo del lado interno del flujo de la pulpa, las mismas son removidas por las aberturas que se encuentran en la parte más baja de la sección transversal, obteniéndose en la parte baja tres productos (concentrado, medio y cola).

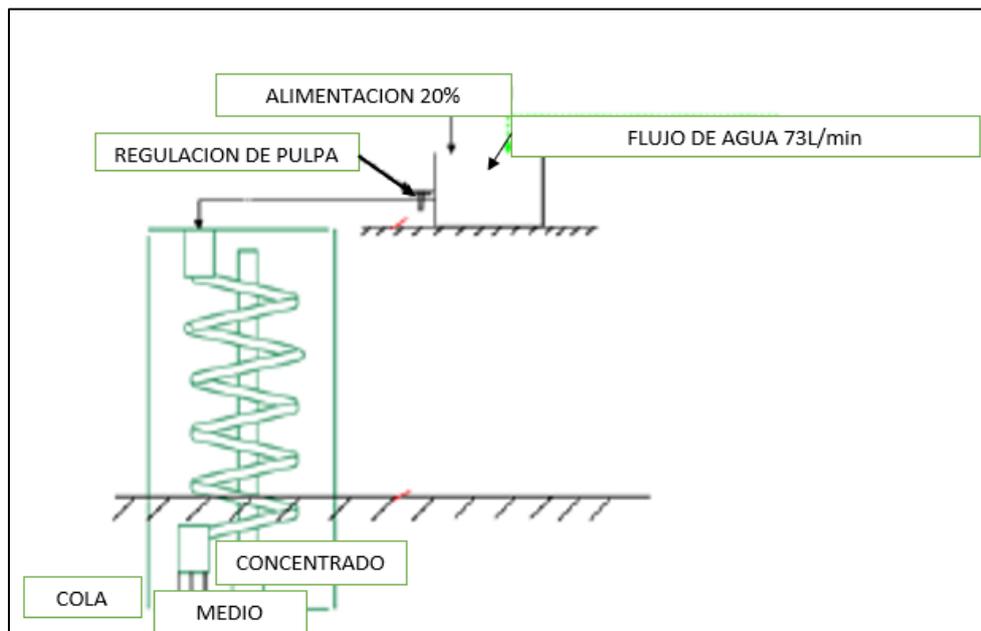


Figura 9. Proceso de concentración

Durante el proceso de concentración de los relaves auríferos de baja ley en equipo espiral se emplea la puruña, una herramienta útil para ver la recuperación de la ley de mineral, el cual consiste en el bateado.

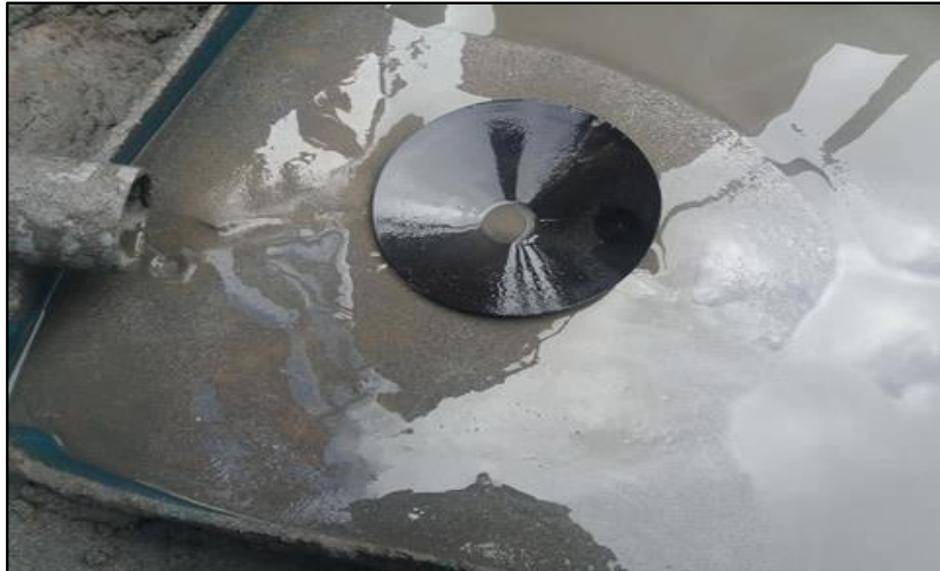


Figura 10. Puruña para controlar la concentración

4) Caracterización del concentrado

a) Muestreo y análisis químico

Una vez terminada el proceso de concentración se obtiene tres productos (concentrado, medio y cola), los cuales son embolsadas en pequeñas cantidades luego se pesa en balanza para hacer el balance metalúrgico y se envía al laboratorio para análisis mineralógica.



Figura 11. Muestras obtenidas luego de la concentración



5) Evaluación económica del concentrado

Una vez obtenida el resultado de análisis mineralógico del relave aurífero se realiza la evaluación económica, mediante la ley de corte.

La expresión para calcular la ley de corte se define de la siguiente manera:

$$\text{Ley de corte} = (\text{ley de mineral} * \text{costos totales}) / \text{valor mineral}$$

Donde:

Costos totales= (\$)

Valor mineral= (\$)

Ley de mineral= (Onz/TM)

Si valor mineral > CT: Ganancias = tiene valor comercial

Si valor mineral < CT: Perdidas = no tiene valor comercial

Si valor mineral = CT, no existen perdidas ni ganancias

3.10. UBICACIÓN

La planta de beneficio gravimétrica de la Minera Minka Ayahuay S.A.C. se encuentra en la comunidad Ayahuay a una altitud promedio de 3 800 m.s.n.m. y políticamente se ubica:

- Región : Apurímac.
- Provincia : Antabamba.
- Distrito : El oro.
- Comunidad: Ayahuay.

3.11. ACCESIBILIDAD

La planta de beneficio gravimétrica de la Minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurímac, está ubicado en la parte sur-este del distrito El Oro, provincia de Antabamba, departamento de Apurímac, cuyo acceso se muestra en la Tabla 6 y su ubicación el Plano N° 1. Se accede al proyecto, desde la ciudad de Lima según el siguiente recorrido. (Ver Anexo N° 2).

Tabla 6. Accesibilidad a la Unidad Minera Minka Ayahuay

Tramo	Distancia	Tiempo	Tipo de vía
Lima-Abancay	907 KM	16:00 Hr	Carretera asfaltada
Abancay- Santa Rosa	71 KM	01:00 Hr	Carretera asfaltada
Santa Rosa-Ayahuay	43 KM	03:00 Hr	Carretera afirmada
Ayahuay – Planta de beneficio	7 KM	00:25 Hr	Carretera carrozable
TOTAL	1028 KM	20:25 Hr	

Fuente: Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones - Apurímac.

3.12. PROPIEDAD MINERA

El denuncia minero de la Minera Minka Ayahuay S.A.C. se denomina NUEVA BONANZA, es propiedad de CLIFERD DENIS DONGO SEGURA, cubre un área de 60,02 Has., y está limitada por las coordenadas de los siguientes vértices.

Tabla 7. Coordenadas UTM PSAD56 / Zona 18 L (Nueva Bonanza)

Vértice	Este	Norte
1	709 939,57	8 430 043,19
2	710 935,60	8 429 952,51
3	710 881,21	8 429 354,93
4	709 885,18	8 429 445,57

Fuente: Ingemmet



3.13. CLIMA

La zona se caracteriza por tener un clima variado en todo el periodo del año llegando así a temperaturas de 5 C° en invierno hasta 25C° en verano, con presencia de lluvias en los meses de diciembre, enero, febrero, marzo hasta mediados de abril.

3.14. FLORA Y FAUNA

La vegetación es variada con la presencia de pastos naturales para el consumo de ganados, arbustos como chachacoma, eucaliptos, queñua, tayanco, molle, retama y mucha variedad de vegetación de especies silvestres que cubren la zona superficial geográfica. De la misma forma la fauna está poblada de animales silvestres que habitan libremente y son parte de la belleza natural de la región tales como son: variedad de pájaros, cóndor, águila, venado, vizcacha, el puma, zorrino, zorro y otros.

3.15. HIDROLOGÍA

Dentro del área del contrato para la explotación minera no se ha identificado la presencia de agua; pero en las proximidades hay afloramiento (manantial) con un caudal mínimo. En la parte baja hay presencia de canales de riego donde circula el agua para el consumo agropecuario en la comunidad de Ayahuay captadas del río Huacuya. El área del proyecto se encuentra muy distante a las corrientes de agua de las quebradas Huaranga y Huacuya, ambas muy lejos del proyecto, los cuales desembocan en el río Antabamba por la margen derecha. En la Tabla 8, se indica los cuerpos de agua identificados en el área de influencia directa e indirecta del estudio.

Tabla 8. Cuerpos de aguas superficiales

Clasificación y código	Sector	Uso	Ph	Caudal(l/s)
Rio W-01	Huaranga	Bebida animales	7,92	22,36
Manante W-02	Angasmarca	Bebida animales	8,70	0,051
Rio W-03	Huacuya	Bebida animales	6,13	32,96

Fuente: Autoridad Nacional de Agua

3.16. TOPOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El área del proyecto es escarpada; muy variada, compuesta por laderas y colinas de relieve ondulado a accidentado, con cerros escarpados de relieve accidentado cuyas pendientes sobrepasan generalmente 30°. Dichas áreas están predominantemente cubiertas de vegetación natural muy escasa, formando muy pocas asociaciones vegetales. En las partes bajas presenta un relieve juvenil conformado por las quebradas Huaranga y Huacuya, ambas tributarias del río Antabamba. La calidad del suelo del distrito de El Oro es accidentada de conformación rocosa, arcillosa, limosa y poco humosa.

3.17. GEOLOGÍA

a) Geología regional.

El proyecto regionalmente se localiza dentro de una franja de rocas sedimentarias clásticas y calcáreas del Mesozoico, intruidas por rocas ígneas neógenas que forman parte del batolito de Apurímac, franja conocida como la provincia metalogénica de Andahuaylas - Yauri, donde ocurren yacimientos de pórfidos de Cu, Mo-Au (Antapacay, Cotabambas, Trapiche, Chancas, etc.), yacimientos de skarns de Cu (Tintaya, las Bambas, Corocohuayco, quechuas, etc.) y yacimientos de oro (



Cochasayhuas, Virundo, Utupara, etc.); yacimientos hospedados en rocas sedimentarias elásticas y calcáreas del mesozoico. intruidas por rocas ígneas calco alcalinas neógenos que forman parte del batolito de Abancay.

b) Geología local.

En el área del proyecto aflora la cuarcita de la formación Soraya. La geología local reconocida en el área de estudio muestra extensos afloramientos de la roca metamórfica (cuarcita), que en las fracturas y fisuras albergan yacimientos con minerales principalmente de oro, también en muy poca proporción cobre y plata.

c) Geología económica.

En la zona hay presencia de minerales auríferos en filones o rellenos de cavidades de despegue y, en algunas localidades, también substitutiones. En todas las formaciones, especialmente en los fruncimientos orogénicos antiguos. Ganga: cuarzo predominante, en ciertos sitios, calcita, ankerita, albita, apatita, turmalina, hornoblenda; en las partes jóvenes hay también zeolitas. Menas acompañantes: pirita y arsenopirita (con frecuencia lleva oro) menos abundante magnetita, calcopirita, blenda, galena, cobaltina, sulfosales de plomo, telururos y otros minerales. La potencia de la estructura mineraliza varía de 0,05m a 0,50m de espesor, con una ley promedio de 0,45onz/tc de oro

3.18. DESCRIPCIÓN DE LA MINA

a) Explotación. La explotación consiste en la extracción de mineral aurífero mediante método de Corte y Relleno Ascendente, con uso de material detrítico como relleno, proveniente de las mismas labores exploratorias y de desarrollo.

En la explotación subterránea se tiene el siguiente ciclo:

- Perforación (corte quemado).



- Carguío de taladros manual.
- Voladura (chispeo manual)
- Ventilación
- Sostenimiento
- Acarreo y transporte de mineral hacia afuera de la mina.

b) Comercialización de mineral. Cuando el mineral extraído contiene oro microscópico se comercializa directamente, mientras el mineral contiene oro grueso se procesa en la pequeña planta de procesamiento. La comercialización se hace a la empresa Colibrí S.A. y el transporte de mineral es por modalidad de flete hasta la planta. En cuanto a las ventas del mineral y la ganancia, en la empresa se estipula que se tiene que pagar el 2 % de la ganancia como regalías al concesionario y 18 % de IGV.

c) Pequeña planta de procesamiento de “oro ecológico”. Pequeña planta de procesamiento de oro ecológico de la Minera Minka Ayahuay S.A.C. trata minerales con oro grueso por sistema de gravimetría, donde se reduce el material en alfombras, obteniendo material mucho más concentrado. El sistema es artesanal y el proceso metalúrgico comprende la reducción de material en chancadora, molienda con agua y el sistema de alfombras en donde es vertido el material con el agua. Aquí, por gravedad, lo que tiende a quedarse es lo más pesado, dentro de ellos el oro y algunos minerales pesados. La reducción es aceptable, es decir de aproximadamente una tonelada de material seleccionado que ha pasado el proceso, solo queda 3 kilogramos de material concentrado con buena ley en oro y en los desechos mineros (relave) queda otro tanto de metal precioso.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL RELAVE AURÍFERO DE BAJA LEY

En la planta de beneficio gravitacional de la Minera Minka Ayahuay, hay aproximadamente 150 Tm del relave aurífero almacenado, los cuales tienen una ley de oro en 0.24 Oz/TC según el análisis mineralógico en el laboratorio.

Tabla 9. Análisis mineralógico de oro

Metal	Ley
Oro	0.24 Oz/Tc

Fuente: Laboratorio FRITZ MIN

4.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL RELAVE AURÍFERO DE BAJA LEY

4.2.1. Precio de oro

El precio del metal precioso depende de la cotización internacional de los metales, el cual es un factor importante para viabilizar un proyecto minero.

$$\text{Precio de metal} = \text{cotización} - \text{protección}$$

Tabla 10. Cotización internacional de oro (2019)

Meses	Cotización	Variación
Enero	1291,630	0
Febrero	1319,755	-0,021
Marzo	1302,286	0,013
Abril	1287,650	0,011
Mayo	1283,105	0,004
Junio	1358,488	-0,055
Julio	1414,611	-0,040
Agosto	1497,102	-0,055
Septiembre	1510,336	-0,009
Octubre	1494,765	0,010
Noviembre	1471,921	0,016
Diciembre	1480,025	-0,005
Promedio	1386,550	-0,003

Fuente: NYMEX

En la tabla 10, se aprecia el precio internacional del metal precioso por meses, el cual corresponde al año 2019. El valor más alto del INTER fue en el mes de setiembre 1 510,33 \$/Onz.

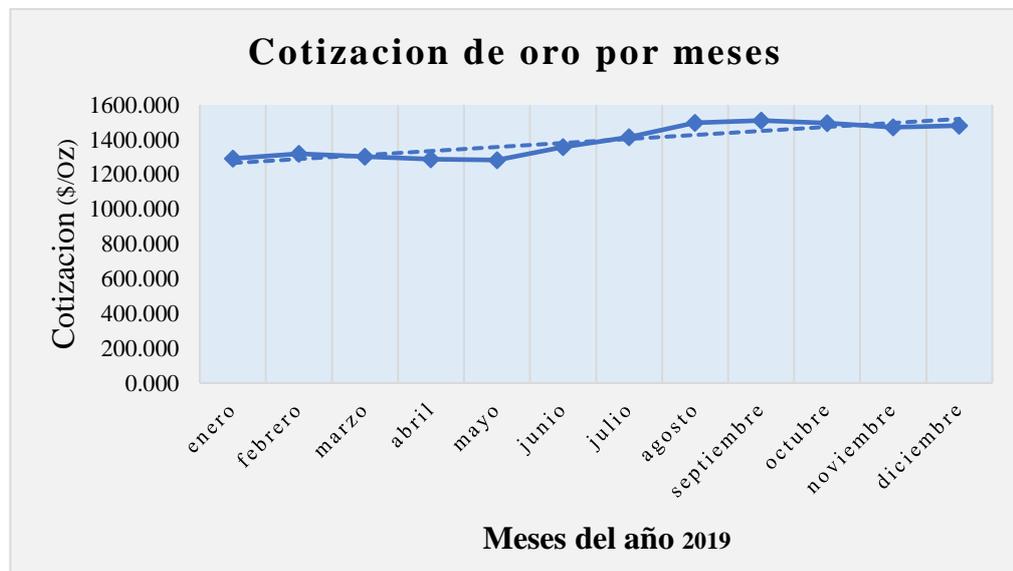


Figura 12. Cotización de oro en el mercado internacional

En la figura 12, se aprecia la variación del precio internacional del metal precioso, en el cual los meses de agosto y setiembre se tiene valores altos.

4.2.2. Valor económico del relave aurífero

Para determinar el valor de los relaves auríferos se multiplica el precio de oro por recuperación metalúrgica y ley de mineral.

Tabla 11. Determinación de valor mineral

Indicadores	Cantidad
Relave baja ley (Tm)	150
Humedad (12%)	27
Relave seco (Tm)	123
ley de mineral (Oz/Tm)	0,22
Recuperación (%)	0,9
Precio (\$/Oz)	1236,550
Valor mineral (\$/Tm)	242,307
Valor mineral (\$)	29803,7

En la tabla 11, se aprecia la determinación de valor mineral de los 150 Tm de relave aurífero de baja ley, el cual nos muestra un valor de 29 803,7 US\$.

4.2.3. Costo de la comercialización del relave aurífero

Para comercializar el relave aurífero se tiene transportarse a Chala – Arequipa, el cual tiene su costo de transporte y en la planta nos genera el costo de la maquila.

Tabla 12. Costos de la comercialización de los relaves

Costos	\$/Tm
Transporte de mineral	60
costo de planta	120
costos administrativos	48
Costo total (\$/Tm)	228
Costo total (\$)	34269

En la tabla 12, se aprecia el costo total que se genera para comercializar los 150 TM de relave aurífero de baja ley, el cual nos muestra un valor de 34 269 US\$.

4.2.4. Ley de cut-off

Para determinar el valor comercial de los relaves auríferos de baja ley se calcula la ley de corte.

$$\text{Ley de corte} = (\text{ley de mineral} * \text{costos totales}) / \text{valor mineral}$$

$$\text{Ley de corte} = (0.22 \text{ Oz/Tm}) * (34269 \$) / 29803,7 \$$$

$$\text{Ley de corte} = 0.25 \text{ Oz/Tm}$$

La ley de corte es 0.25 Oz/Tm, el cual es superior a la ley mineral in situ, por lo tanto, no se tiene valor comercial el relave aurífero.

$$\text{Utilidad} = \text{Valor de mineral} - \text{costos totales}$$

$$\text{Utilidad} = 29\ 803,7 \$ - 34\ 269 \text{ US\$}$$

$$\text{Utilidad} = -4465,47 \text{ US\$}$$

4.3. RESULTADO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPO ESPIRAL

4.3.1 Proceso de concentración gravimétrica

El resultado de proceso de concentración nos muestra los siguientes valores:

Tabla 13. Resultado de la concentración gravimétrica

	Prueba 1 (75L/min y 30%)		Prueba 2 (73L/min y 20%)		Prueba 3 (71L/min y 10%)	
	(Kg)	(Oz/TC)	(Kg)	(Oz/TC)	(Kg)	(Oz/TC)
Cabeza	20	0,24	20	0,24	20	0,24
Concentrado	5,2	0,74	4,5	0,89	4,1	0,92
Medio	6,5	0,13	6,9	0,11	7,2	0,09
Cola	8,3	0,08	8,6	0,06	8,7	0,05

En la tabla 13, se aprecia los resultados del proceso de concentración, en el cual se obtiene la mayor ley en la prueba 3, pero también se obtiene la menor cantidad de concentrado.

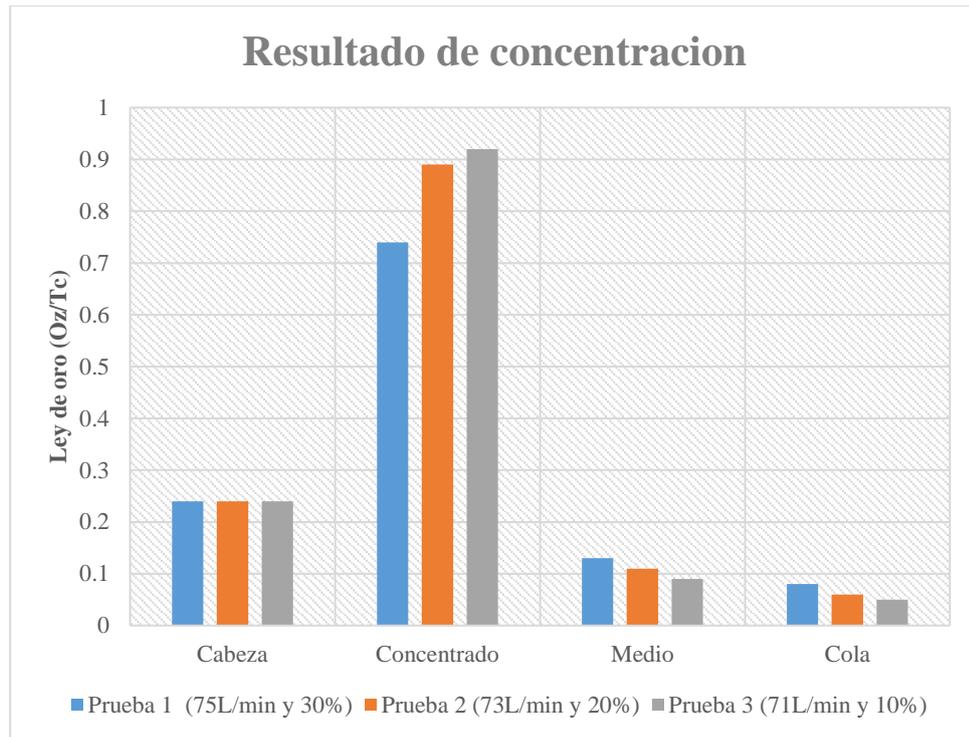


Figura 13. Resultado del proceso de concentración gravimétrica

En la presente figura 13, se puede apreciar la mayor ley en la prueba 2 y 3, los cuales son influenciados por los parámetros operacionales de equipo espiral.

Tabla 14. Resultado del balance metalúrgico

Índices metalúrgicos	Prueba 1 (75L/min y 30%)	Prueba 2 (73L/min y 20%)	Prueba 3 (71L/min y 10%)
Recuperación	80,17	83,44	78,58
Razón de enriquecimiento	3,08	3,71	3,83
Razón de concentración	3,85	4,44	4,88
Rendimiento de concentración	26,00	22,50	20,50
Eficiencia de la separación	53,93	60,70	57,84

En la tabla 14, se aprecia la máxima recuperación en la prueba 2 como es 83,44 %, el cual se obtiene según la ley de concentrado y cantidad obtenida. Asimismo, se obtiene la eficiencia de separación máximo en la prueba 2 como es 60,70%.

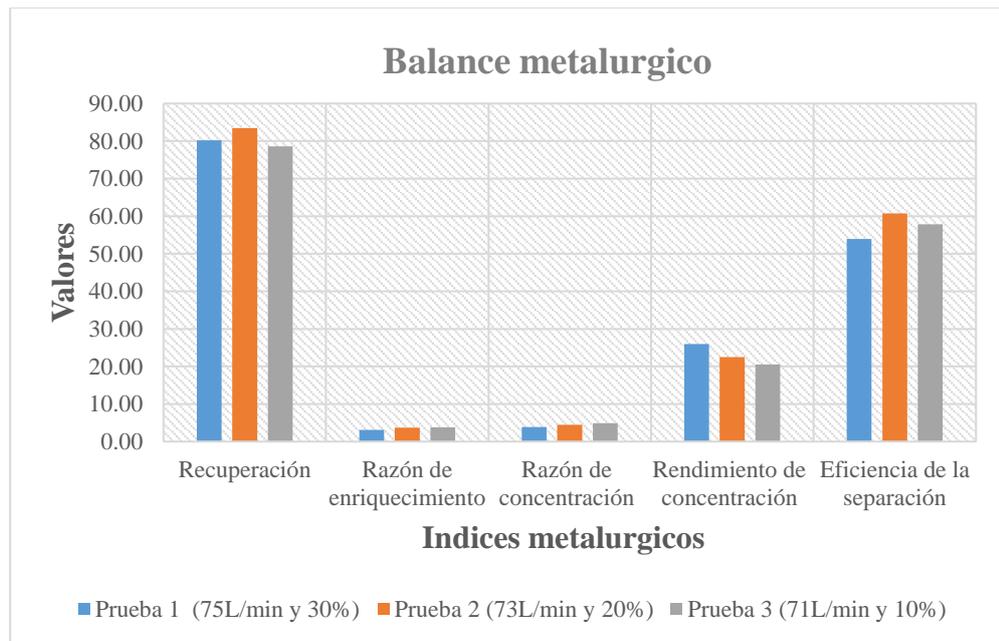


Figura 14. Resultado del balance metalúrgico

En la presente figura 14, se aprecia la máxima recuperación en la prueba 2 como es 83,44 %, también se obtiene la eficiencia de separación máximo en la prueba 2 como es 60,70%, los cuales son influenciados por los parámetros operacionales de equipo espiral.

4.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONCENTRADO

4.4.1. Valor mineral del concentrado

Para determinar el valor de los concentrados se multiplica el precio de oro por recuperación metalúrgica y ley de mineral.

Tabla 15. Determinación de valor mineral del concentrado

Indicadores	Cantidad
Relave baja ley (Tm)	34
Humedad (13%)	4,42
Relave seco (Tm)	29,58
ley de mineral (Oz/Tm)	0,81
Recuperación (%)	0,9
Precio (\$/Oz)	1236,550
Valor mineral (\$/Tm)	898,554
Valor mineral (\$)	26579,2

En la tabla 15, se aprecia la determinación de valor mineral de los 34 Tm de concentrado, el cual nos muestra un valor de 26 579,2 US\$.

4.4.2. Costo de la comercialización del concentrado

Para comercializar el concentrado se tiene transportarse a Chala – Arequipa, el cual tiene su costo de transporte y en la planta nos genera el costo de la maquila.

Tabla 16. Costos de la comercialización de los concentrados

Costos	\$/Tm
Transporte de mineral	60
costo de planta	120
costos administrativos	180
Costo total (\$/Tm)	360
Costo total (\$)	12230

En la tabla 16, se aprecia el costo total que se genera para comercializar los 34 Tm de concentrado, el cual nos muestra un valor de 12 230 US\$.

4.4.3. Costo de producción

Para la obtención de concentrado de los relaves auríferos de baja ley, mediante un equipo de espiral tiene su costo de producción.

Tabla 17. Costo de producción de los concentrados

Costos de producción del concentrado				
Personal	Cantidad	Sueldo/día	Sueldo/mes	Total
Operador	1	65	1950	1950
Ayudantes	2	55	1650	3300
Cocinero	1	40	1200	1200
			Sub total	6450
Alimentación	Cantidad	Costo/día	Costo/mes	Total
	4	15	450	1800
			Sub total	1800
Campamento	Cantidad	Costo/día	Costo/mes	Total
	4	10	300	1200
			Sub total	1200
			Total (S/.)	9450
Dólar (\$)	3,324		Total (\$)	2842,96

En la tabla 17, se aprecia los costos que se han generado para producir el concentrado de los relaves auríferos de baja ley, los costos de producción ascienden a 2 842,96 US\$.

4.4.4. Ley de cut-off

Para determinar el valor comercial de los concentrados se calcula la ley de corte.

$$\text{Ley de corte} = (\text{ley de mineral} * \text{costos totales}) / \text{valor mineral}$$

$$\text{Ley de corte} = (0.81 \text{ Oz/Tm}) * (15073.13 \$) / 26579.2 \$$$

$$\text{Ley de corte} = 0.458 \text{ Oz/Tm}$$

La ley de corte es 0.458 Oz/Tm, el cual es inferior a la ley mineral del concentrado, por lo tanto, se tiene valor comercial.

$$\text{Utilidad} = \text{Valor de mineral} - \text{costos totales}$$

$$\text{Utilidad} = 26579,2 \$ - 12230 \$ = 11 506,10 \$.$$

4.5. EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPO ESPIRAL

4.5.1. Inversión

Para obtención de concentrado de los relaves auríferos, mediante el equipo espiral se realizaron una inversión de 2801,14 \$, los cuales se muestran en la tabla 18.

Tabla 18. Inversión en la implementación de equipo espiral

Equipos y herramientas	Cantidad	Unidad	P. unitario	Precio
Concentrador espiral	2	und	3000	6000
Bomba de agua	1	und	1500	1500
Puruña	1	und	30	30
Carretilla	2	und	180	360
Pico	1	und	30	30
Lampa	2	und	30	60
			Sub total	8340
Materiales	Cantidad	Unidad	P. unitario	Precio
Palos de eucalipto	15	und	7	105
Serrucho	1	und	24	24
Clavos 2"	2	kg	3,5	7
Alambre 8	3	kg	5	15
Sogas	10	m	1	10
Tubo PVC 2"	4	und	8	32
Codos CPVC 2"	4	und	1,5	6
Tinas de plástico	2	und	5	10
Arco cierra	1	und	26	26
Cilindro de caucho	1	und	50	50
Pegamento de PVC	1	und	6	6
Baldes de 20 litros	3	und	5	15
Jeve de amarre	5	m	1	5
Llave de paso del agua	2	und	4	8
Polea de acero	1	und	30	30
Manguera polietileno	2	Rollo	300	600
Cernidor de arena fina	4	m2	3	12
Nivel de mano	1	und	10	10
			Sub total	971
			Total (S/.)	9311
Dólar (\$)	3,324		Total (\$)	2801,14

En la tabla 18, se aprecia los costos que se han generado para implementar el equipo espiral, los cuales ascienden a 2 801,14 \$.

4.5.2. Evaluación económica de la implementación

Para evaluar la implementación de equipo espiral se tomó en consideración la utilidad generada en el concentrado y la inversión de la implementación.

Tabla 19. Rentabilidad de la implementación de equipo espiral

Periodo	Inversión	Flujo neto	$(1+i)^n$	$(F. \text{neto}) / (1+i)^n$
0	2801,14			-2801,14
1		11506,1	1,3	8850,85
			VAN (30%)	6049,70
			TIR	216%

En la tabla 19, se muestra es viable ya que produce un VAN positivo de 6 049,70 US\$ con la tasa de descuento del 30%. El TIR del estudio es igual a 216% ya que esta es la tasa de descuento que hace igual a Cero el VAN del estudio.

4.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación evaluamos un antes y después del proceso experimental, en el cual se demuestra que hay una diferencia de valor comercial en los relaves, debido a su contenido metálico, los cuales se aprecia en la tabla 20.

Tabla 20. Evaluación económica del relave aurífero

	Sin procesar	Procesado
Relave de baja ley (Tm)	150	34
Relave (Tms)	123	29.6
ley de mineral (Oz/Tm)	0,22	0,81
Valor mineral (\$)	29803,7	26579,2
Costos (\$)	34269	15073,1
Utilidad (\$)	-4465,476	11506,1

En la tabla 20 se aprecia el mejoramiento de la ley mineral de 0,22 a 0,81 Oz/Tm, los cuales hacen que tenga el valor comercial obteniéndose así una utilidad de 11 506,10 US\$.

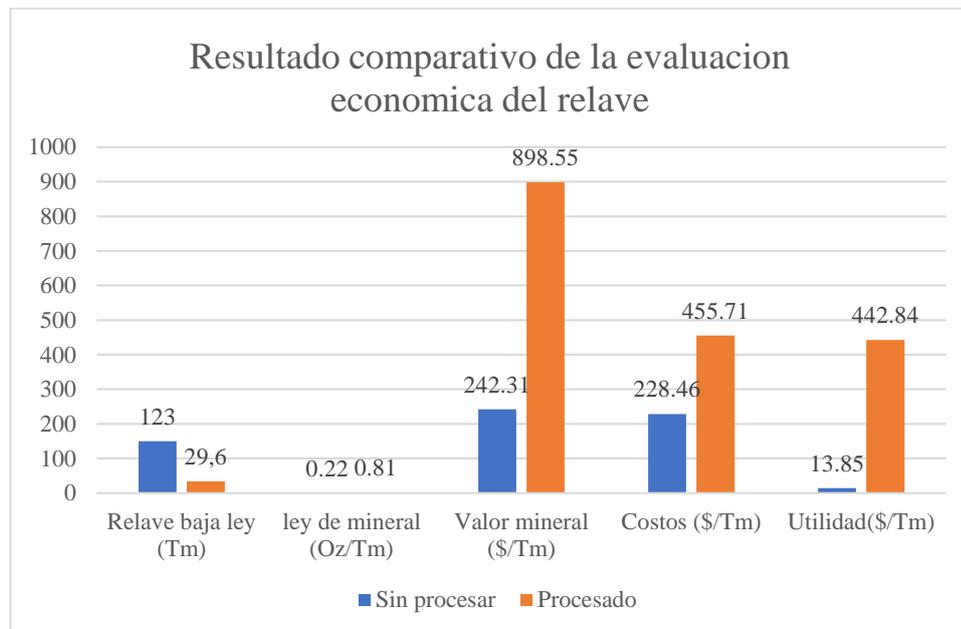


Figura 15. Resultado comparativo de la evaluación económica del relave aurífero

En la Figura 15, se aprecia el incremento de la ley de oro de 0.22 a 0.81Oz/TM y valor mineral de 242,31 a 898,55 \$/Tm, por ende, también se incrementa la utilidad a 11 506,10 US\$.

Según Reinoso Mendez, se necesita fracción de sólidos 0.2 (20%) y caudal de agua de 75.31 L/min para obtener una recuperación máxima de 0.71 (71%), sin embargo en nuestra investigación se obtuvo una recuperación de 83.44% con parámetros de fracción de sólidos 20% y caudal de agua 73 L/min.

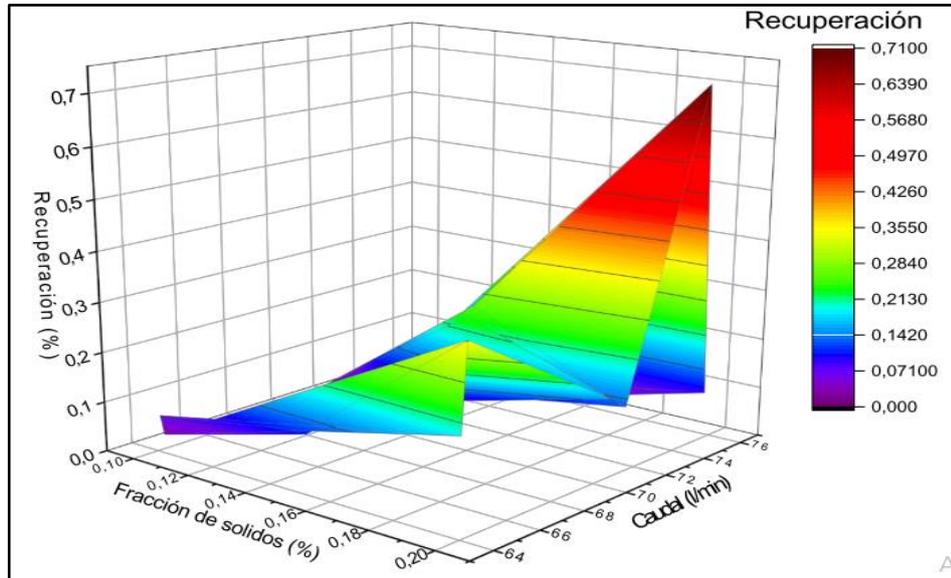


Figura 16. Recuperación de mineral en el equipo espiral

Fuente: Reinoso Mendez, 2019

4.7. CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

Tabla 21. Contrastación de la hipótesis

Hipótesis	Objetivos	Resultados
Hipótesis general	Objetivo general	Resultado general
Mediante la implementación de la espiral gravimétrico, se recuperará el valor comercial de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay.	Implementar el espiral gravimétrico para la recuperación del valor comercial de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay.	La ley mineral se incrementa de 0.22 a 0.81 Oz/Tm, asimismo se reduce el relave de 150 Tm a 34 Tm de concentrado, cuyo valor comercial cubre todos los costos.
Hipótesis específicas	Objetivos específicos	Resultados específicos
Los parámetros operacionales de espiral gravimétrico permitirán buena recuperación en el proceso de concentración de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay.	Determinar la influencia de los parámetros operacionales de espiral gravimétrico en el proceso de concentración de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay.	En el balance metalúrgico se obtuvo una recuperación de 83,44%, los cuales fueron obtenidos con los parámetros siguientes: porcentaje de sólidos 20% y flujo de agua 73L/min.
El resultado del proceso de concentración mejorará el valor mineral de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay.	Evaluar los efectos que produce el resultado del proceso de concentración en el valor mineral de los relaves auríferos de baja ley en la Minera Minka Ayahuay..	El resultado de proceso de concentración mejora el valor mineral de 242.31\$/Tm a 898.55 \$/Tm, el cual cubre todos los costos y nos genera una utilidad de 11506.1\$, asimismo genera un VAN positivo de 6049,70 \$ y el TIR es 216%.



V. 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.

El resultado de proceso de concentración mejora el valor mineral de 242.31\$/Tm a 898.55 \$/Tm, el cual cubre todos los costos y nos genera una utilidad de 11506.1\$, asimismo genera un VAN positivo de 6049,70 \$ con la tasa de descuento del 30% y el TIR del proyecto es 216%, los cuales nos demuestran la alta rentabilidad de la extracción del relave aurífero de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurímac.



VI. RECOMENDACIONES

En el proceso de concentración se recomienda mantener el flujo de la alimentación constante de la pulpa para no tener inconvenientes en la recuperación. Por esta razón se sugiere instalar un sistema de alimentación el cual permita el paso del material a tratarse de forma más regulada y obtener un concentrado con leyes óptimas.

Se recomienda la preparación de pulpas con fracción de sólidos no mayores a un 30% en el proceso de concentración, ya que, al experimentar con fracciones mayores a la recomendada, la pulpa aumenta su densidad y ocasiona el colapso de material en el equipo espiral, el cual repercute en la recuperación considerablemente, por ende, afecta a eficiencia de concentración en el equipo espiral.

Se recomienda la mecanización del proceso de concentración en el espiral gravimétrico, el cual va permitir una mayor eficiencia en la concentración, por ende, se incrementaría de la mejor manera el valor mineral de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurímac.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adasme Valdes, M. i. (2019). "*Extracción sinérgica de elementos de valor desde una muestra de relave*". Universidad Andrés Bello, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ciencias de la Tierra.
- Andrews Estrada, J. (2012). "*Diseño de procesos para recuperar oro y plata desde el depósito de relaves de Minera Meridian*". Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química.
- Brito Quezada, C. R. (2019). "*Análisis de alternativas para la concentración gravimétrica de Cu y Ag en relaves de flotación*" Trabajo. Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería en Minas.
- Carvajal Martines, C. D., & Chavez Basurco, A. E. (2015). "*Estudio del concentrador gravimetrico helicodal hecho con fibra de vidrio y sus parametros de funcionamiento*". Universidad nacional de san agustin, Facultad de ingenieria de procesos, Escuela profesional de ingenieria de materiles.
- Coila Ticono, J. E. (2016). "*Evaluacion económica y financiera para determinar la rentabilidad de la explotación aurífera de la Minera Cuatro de Enero S.A. - Arequipa*". Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas.
- Flores Mayta, S. pierre. (2014). "*investigación para recuperar los valores metálicos por el método de flotación de los relaves antiguos de la planta concentradora Minex ubicada en Nazca – Ica - Peru*". Universidad Nacional de San Agustin, Facultad de Ingenieria de Procesos, Escuela Profesional de Ingenieria Metalurgica.



- 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
- João A., S., & Almeida B., P. F. (2010). Ensaio em espirais concentradoras. In *Tratamento de Minérios: Práticas Laboratoriais – CETEM/MCT* (pp. 281–293).
- Julca Vera, D. A., & Ortiz Barreto, J. A. (2017). "*Recuperación de oro en minerales sulfurados de baja ley en la provincia de Casma*". Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, E.A.P. de Ingeniería Metalúrgica.
- Magno de Lima L., C., Freitas Da Silva, J. C., Cunha Lopes, M. V., Henrique Santana, P., Célio de Carvalho, S., Santos Guedes, T., & Oliveira Cunha, W. (2015). Estudio De Caso: Espirais Convencionais X Espirais De Grande Diâmetro. *Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-Primas*, 3(45), 931–940.
- Merchan Dominguez, F. M., & Monzalve Espinoza, F. S. (2019). "*Flujograma para concentración de oro aluvial, mediante utilización del JIG, Espiral y Mesa Vibratoria*". Universidad Del Azuay, Facultad De Ciencia Y Tecnología, Escuela de Ingeniería en Minas.
- Meza Julca, R., Aramburu Rojas, V., & Perez Falcon, 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 Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia.
- Quilla Ordoño, Y. T. (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. 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.
- Rojas Castillo, A. G., & Villanueva Chunque, Y. A. (2018). "*Evaluación técnica y económica para la recuperación de oro de la cancha de relaves de la Empresa Minera Rio Chicama S.A.C. Sayapullo, la Libertad*". Universidad Privada Del Norte, Facultad de Ingeniería.
- Romero Aliaga, 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.
- Salas Casado, A., & Hinojosa C., O. (2013). Avances tecnológicos en la concentración de minerales. *Revista Metalúrgica*, 34, 1–12.
- Sánchez, H., & Reyes, C. (1996). *Metodología y diseños en la investigación científica* (Mantaro (ed.); Mantaro).
- Vilavila Hanco, P. A. (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.
- Vilcapoma Juño, J. R., & Chavez Poma, Z. (2012). "*Pruebas experimentales a nivel de laboratorio de concentración gravimétrica y flotación de minerales de oro en la planta concentradora 'caselita' en condoroma-cuzco*". Universidad Nacional del Centro del Peru, Facultad de Ingeniería Metalúrgica y de materiales.

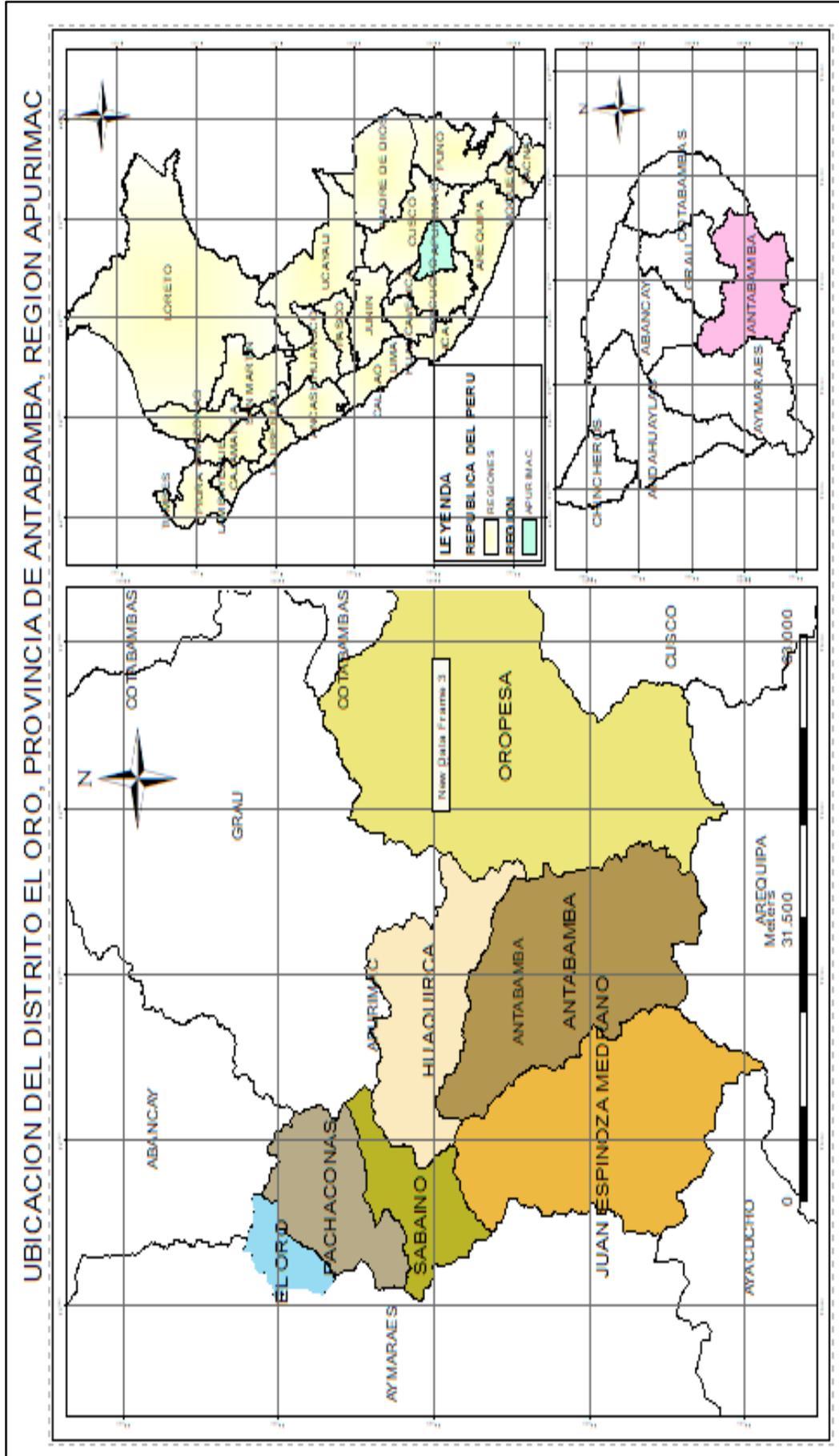


ANEXO

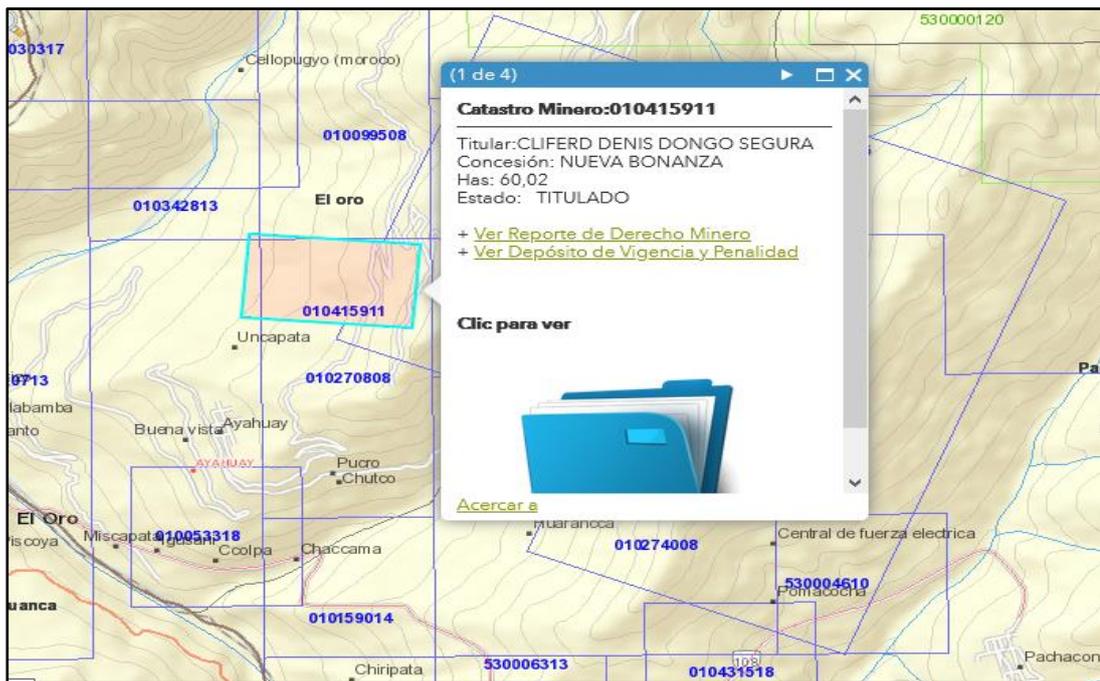
ANEXO N° 1: Matriz de consistencia: Implementación de equipo espiral gravimétrico para la recuperación de valor comercial de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES			METODOLOGIA
			V. IND.	DIMENSION	INDICADORES	
¿De qué manera favorece la implementación de la espiral gravimétrica en la recuperación de valor comercial de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. - Apurímac?	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.	Mediante la implementación de espiral gravimétrica, se recuperará el valor comercial de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. - Apurímac.	V. IND. Implementación de equipo espiral gravimétrico	Parámetros operacionales de los espirales	-Capacidad de tratamiento -Consumo de agua -Granulometría de mineral -Porcentaje de sólidos -Peso específico de mineral -Recuperación -Razón de enriquecimiento -Razón de concentración -Rendimiento de Concentración -Eficiencia de la Separación	Tipo de investigación La investigación es aplicada. Nivel de investigación La investigación es descriptiva y explicativo. Diseño de investigación La investigación tiene diseño experimental
P. ESPECÍFICAS	O. ESPECÍFICAS	HIPOTESIS ESPECÍFICAS	V. DEP.	Proceso de concentración	-Valor mineral -Costos totales -Utilidad	
¿Cómo influye los parámetros operacionales de espiral gravimétrica en el proceso de concentración de los relaves auríferos de baja ley en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. - Apurímac?	Determinar la influencia de los parámetros operacionales de espiral gravimétrico en el proceso de concentración de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. - Apurímac.	Los parámetros operacionales de espiral gravimétrico permitirán una buena recuperación en el proceso de concentración de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. - Apurímac.	Valor comercial de los minerales	Evaluación económica		
¿Qué efectos produce el resultado del proceso de concentración en el valor mineral de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. - Apurímac?	Evaluar los efectos que produce el resultado del proceso de concentración en el valor mineral de los relaves auríferos de baja ley en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. - Apurímac.	El resultado del proceso de concentración mejorará el valor mineral de los relaves auríferos de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. - Apurímac.				

ANEXO N° 2: Plano de ubicación

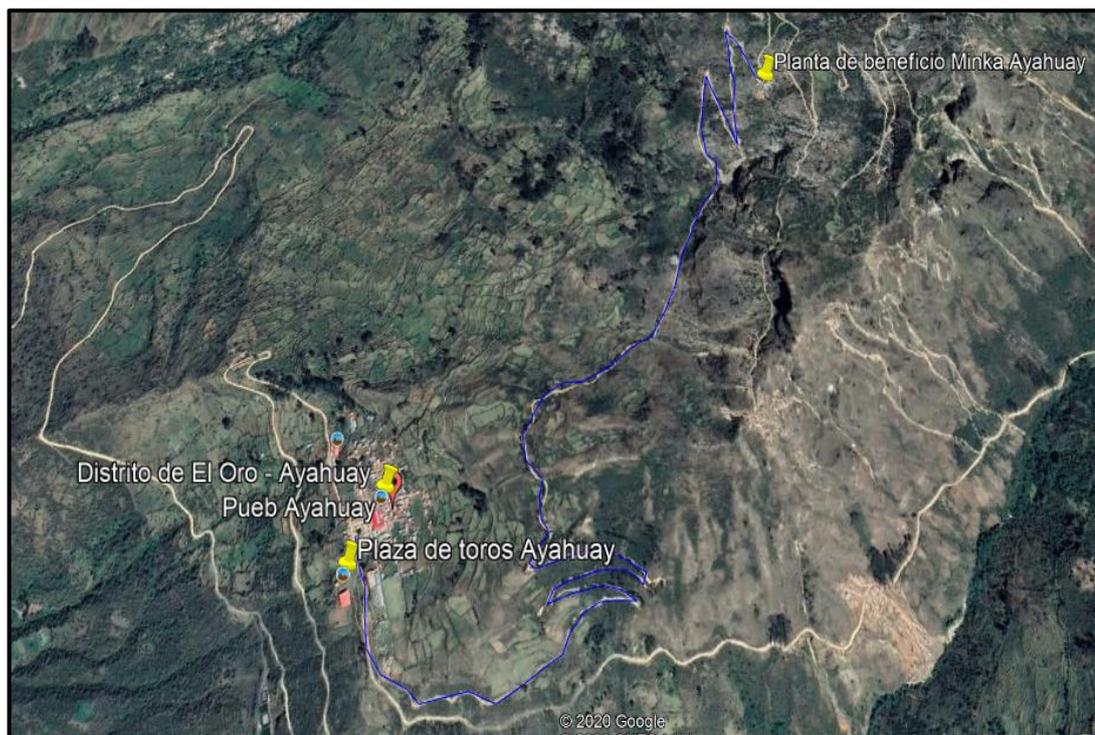


ANEXO N° 3: Imagen satelital de la concension “NUEVA BONANZA”



Fuente: Geocatmin

ANEXO N° 4: Imagen satelital del recorrido desde Ayahuay hacia Planta



Fuente: Google Earth



ANEXO N° 5: Resultado de la prueba metalurgica del relave aurifero



confiable ...siempre!.

PRUEBA METALURGICA DE CIANURACION

INFORME #08

De : Mariluz Capcha Garavito.
Para : MINERA MINKA AYAHUAY S.A.C.
Código : SQ-60-19/SQ-61-19/SQ-62-19 - (17066)
Asunto : Pruebas Cianuración por Au
Fecha : 06-06-2019

Resumen:

El material es un mineral mixto que contiene, argentita oro y rocas cuaríferas

Equipos Experimentales:

1. Recipiente 4 L.
2. Muestra de mineral.
3. Agitadores

Procedimiento:

1. Se homogeniza la muestra molida
2. Se pesa 0.500kg.
3. Se prepara la solución de cianuro 4.5 g CNNa / 1.5 L HiO
4. Se agrega 1.20 de soda caustica.
5. Se coloca al agitador.
6. Tiempo de Cianuración es 72 hrs.
7. Separación del carbón de la pulpa

Parámetros de Operación:

Se recomienda tener presente los siguientes parámetros en la operación.

1. pH = 11
2. % Sólidos = 33.5
3. Granulometria = 89.63%-200 mallas

OFICINA PRINCIPAL Y LABORATORIOS
DIRECCION: CALLE SUCRE S/N SAN CARLOS-NASCA



confiable ...siempre!.

La Disolución del Oro según la ecuación de ELSNER



Balance de Materia

Descripción	Peso (g)	Ley Au Oz/TC	Fino Au (mg)	% de Recuperación
Cabeza	500	0.24	3.421	93.32
Carbon	15	2.045g/Kg	3.063	
Relave	499	0.03	0.08	
Sol. Barren	1.50 L	0.068 mg/L	0.102	

Conclusiones:

- Consumo de cianuro 24 Kg/TM
- Consumo de soda caustica 2.44 Kg/TM
- EL mineral debe tener un poco de Ag, otro elemento que consume el cianuro de sodio.
- Tiene una buena recuperación el oro.
- Ley de Cabeza Cu = 0.21 %
- Ley de Cabeza As = 0.11 %

Ing. Mariluz Santa Capcha Garavito
CIP N° 165933

OFICINA PRINCIPAL Y LABORATORIOS
DIRECCION: CALLE SUCRE S/N SAN CARLOS-NASCA

Fuente: Laboratorio FRITZ MIN



ANEXO N° 6: Certificado de analisis Au de las muestras obtenidas luego del proceso experimental en el equipo espiral



confiable ...siempre!

CERTIFICADO DE ANALISIS

CLIENTE: GERMAN ALBERTO CALISAYA FLORES

FECHA: 24 de agosto del 2019

Descripcion	Peso (Kg)	Ley Au (Oz/TC)	Ley Ag (Oz/TC)	Ley Cu (%)
TEST A 89.3% M-200 concentrado (A1)	0,5	0,74		
Medio (A2)	0,5	0,13		
Cola (A3)	0,5	0,08		
TEST G 89.3% M-200 concentrado (G1)	0,5	0,89		
Medio (G2)	0,5	0,11		
Cola (G3)	0,5	0,06		
TEST H 89.3% M-200 concentrado (H1)	0,5	0,92		
Medio (H2)	0,5	0,09		
Cola (H3)	0,5	0,05		



Ing. Mari Luz Santa Capcha Garavito
D.N.E. N° 165933

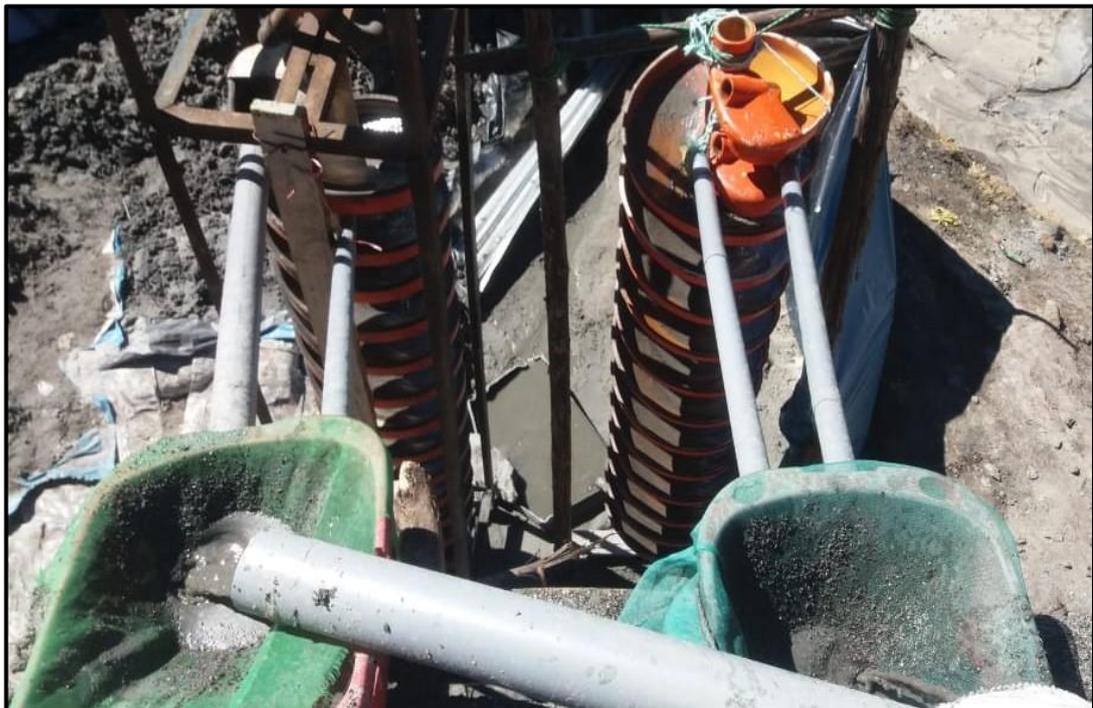
OFICINA PRINCIPAL Y LABORATORIOS
DIRECCION: CALLE SUCRE S/ N SAN CARLOS- NASCA

Fuente: Laboratorio FRITZ MIN

ANEXO N° 7: La extraccion del relave aurifero



ANEXO N° 8: Alimentacion de la pulpa en la parte superior de la espiral



ANEXO N° 9: Proceso de concentracion en el equipo espiral



ANEXO N° 10: Salida del concentracion en los equipos espirales



ANEXO N° 11: Bateo en el proceso de concentracion para ver la recuperacion



ANEXO N° 12: Obtencion del concentrado de equipo espiral



ANEXO N° 13: Sacado de los concentrados del recipiente



ANEXO N° 14: Acumulacion del concentrado en un lado





ANEXO N° 15: El concentrado ya ensacado listo para comercializar

