



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“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”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero de Minas**

Autor:

Alexis Geancarlo Rojas Castillo  
Yordi Alexis Villanueva Chunque

Asesor:

Ing. Víctor Eduardo Alvarez León  
Cajamarca - Perú

2018

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Víctor Eduardo Alvarez León, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA DE MINAS**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Alexis Geancarlo Rojas Castillo
- Yordi Alexis Villanueva Chunque

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “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” para aspirar al título profesional de: Ingeniero de Minas por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

Ing. Víctor Eduardo Alvarez León  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán  
Presidente

---

Ing. Rafael Napoleón Ocas Boñón  
Jurado

---

Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza  
Jurado

## DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis principalmente a Dios, por iluminarnos y estar a nuestro lado en todo momento, darnos la fuerza para seguir adelante y no declinar en los problemas que se presentaban, enseñándonos a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A nuestros padres, amigos incondicionales por la ayuda desinteresada brindada en cada obstáculo que en nuestra vida se presenta, gracias a sus ejemplos hoy hemos llegado a cumplir una de nuestras metas.

A nuestros docentes, que con sus consejos nos han sabido orientar por el sendero de la superación.

Yordi y Alexis

## AGRADECIMIENTO

Agradecer a todos nuestros profesores de nuestra etapa de estudiantes, que nos apoyaron en esta tesis con sus ideas y comentarios y en especial gracias a nuestro asesor el Ingeniero Víctor Eduardo Alvarez León, por su gran apoyo ya que sin su ayuda no hubiese sido posible el desarrollo correcto de esta investigación.

A nuestra familia por el apoyo constante y finalmente a nuestros amigos de la carrera de ingeniería de minas por su apoyo con sus comentarios sobre esta tesis y por su amistad.

Yordi y Alexis

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....</b>	<b>2</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>14</b>
Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos.....	17
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>21</b>
Resultados de la prueba de análisis granulométrico:.....	23
Resultados Pruebas Gravimétricas .....	27
Resultados de la prueba de Cianuración.....	30
Resultados de la Evaluación Económica.....	50
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>74</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Resultados de análisis químico de la muestra de relave para la prueba de gravimetría.....	21
Tabla 2- Resultados de análisis químico por Au y Ag de la muestra de relave para la prueba de cianuración.....	22
Tabla 3- Resultados del análisis Granulométrico de la muestra 1.....	23
Tabla 4- Resultado de la prueba Gravimétrica de la muestra 2.....	24
Tabla 5- Resultados de la prueba Gravimétrica de la muestra 3.....	25
Tabla 6- Balance metalúrgico de recuperación de oro con equipo ICON i150.....	27
Tabla 7- -Balance metalúrgico de recuperación de oro en MESA WILFLEY.....	28
Tabla 8- Prueba de cianuración B1.....	30
Tabla 9- Prueba de Cianuración B2.....	32
Tabla 10- Prueba de Cianuración B3.....	34
Tabla 11- Prueba de Cianuración B4.....	36
Tabla 12- Prueba de Cianuración B5.....	38
Tabla 13- Prueba de Cianuración B6.....	40
Tabla 14- Prueba de Cianuración B7.....	42
Tabla 15- Prueba de Cianuración B8.....	44
Tabla 16- Prueba de Cianuración B9.....	46
Tabla 17- Resumen de pruebas de cianuración.....	48
Tabla 18- Precio del oro y tipo de cambio.....	50
Tabla 19- Precio del Au en soles.....	50
Tabla 20- Onzas totales producidas.....	50
Tabla 21- Valoración bruta.....	50
Tabla 22- Activos fijos operativos.....	51
Tabla 23- Depreciación de activos fijos de producción.....	52
Tabla 24- Costo de materia prima directa.....	53
Tabla 25- Insumo y maquinaria requerida.....	54
Tabla 26- Insumos y maquinaria requerida.....	55
Tabla 27- Costo de alimentación del personal.....	56

Tabla 28- Costo de equipos de protección personal y herramientas. ....	56
Tabla 29- Resumen de costos de producción. ....	57
Tabla 30- Costos de carguío y acarreo. ....	58
Tabla 31- Resumen de costos totales.....	62
Tabla 32- Costos fijos y variables. ....	62
Tabla 33- Punto de equilibrio. ....	63
Tabla 34- Capital de trabajo del proyecto. ....	63
Tabla 35- Flujo de caja financiero.....	64
Tabla 36- VAN.....	65
Tabla 37- TIR. ....	65
Tabla 38- Resultados del estudio financiero.....	66
Tabla 39- Evaluación financiera.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1- Dimensiones de las calicatas.....	15
Ilustración 2- Espacio entre calicatas. ....	15
Ilustración 3-Flujograma de Pruebas.....	20
Ilustración 4- Resultados de análisis químico de la muestra de relave para la prueba de gravimetría.....	21
Ilustración 5- Ley en gramos VS muestras.....	22
Ilustración 6- Porcentaje retenido VS Malla (muestra 1).....	23
Ilustración 7- - Porcentaje Retenido VS Malla (muestra 2) .....	24
Ilustración 8- Porcentaje retenido VS Malla. (muestra 3).....	25
Ilustración 9- Comparación de % retenido de las tres muestras VS mallas. ....	26
Ilustración 10- Comparación de % de recuperación de WILFLEY VS ICON I150. ....	29
Ilustración 11-Porcentaje de recuperación de Au VS Código.....	48
Ilustración 12- Solución de NaCN VS Porcentaje de recuperación de Au. ....	49
Ilustración 13- Porcentaje de Pase VS Recuperación de Au. ....	49

## RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal; Realizar una evaluación técnica y económica para la recuperación de oro de la cancha de relaves de la Empresa Minera Rio Chicama S.A.C. Además; Caracterizar las especies mineralógicas en el relave y determinar las leyes de Au en los relaves; Evaluar el método más factible para la recuperación de Au desde el punto de vista metalúrgico; Proponer un Flujoograma de un plan piloto para el tratamiento de los relaves en base a los resultados de laboratorio; Determinar los costos de producción y los indicadores económicos para la determinación de la viabilidad del proyecto.

Para la recolección de datos se utilizaron los siguientes instrumentos: Reporte metalúrgico de pruebas gravimétricas; Reporte de análisis químico de la muestra; Reporte de análisis granulométrico; Reporte de balance metalúrgico de recuperación de Au con ICON i150; Reporte de balance metalúrgico de recuperación de Au mesa WILFLEY; Reporte de pruebas de cianuración; Depreciación de activos; Flujo de caja, VAN, TIR.

El estudio experimental se realizó utilizando el relave que corresponde a la Empresa Minera Rio Chicama S.A.C ubicado en la provincia Gran Chimú, departamento de La Libertad, en análisis químico junto con las pruebas de Gravimetría y Cianuración, se llevaron a cabo en el laboratorio del departamento de minas metalurgia y materiales de la Universidad Nacional de Trujillo. Para desarrollar la presente tesis, se realizó un estudio topográfico, y se determinó que hay 181 000 toneladas de relaves del proceso de flotación, material suficiente para una evaluación técnica y económica. Asimismo, se realizó un muestreo sistemático para la obtención de la muestra, la cual se empleó para las pruebas a nivel de laboratorio de recuperación por gravimetría y cianuración.

El estudio concluye que en la caracterización de las especies mineralógicas reportan al oro con leyes que varían desde 1.00 g hasta 3.1 g por tonelada, y con respecto a la plata reportan leyes que van desde los 6,85 g hasta los 23,64 g por toneladas, los cuales están relaciones con arsénico a un 0.16% con antimonio con un 9% y zinc a un 0.62%. también se concluye que utilizando el método más factible para la recuperación de oro es una prueba de concentración mixta; mesa Wilfley 37, 97 seguida con la cianuración de las colas a una solución de cianuro 0,13% obteniendo una recuperación de 46,15 % de Au, haciendo una recuperación total del 84% de Au.

También se estimaron los costos de producción, el costo total de producción para la recuperación de Au de las canchas de relave es de 8 510 481,79 soles con una capital de trabajo diaria (CTD) de 23 556,89 soles. Se estimaron también los criterios de evaluación económica; VAN de 5 415 077,28; TIR 80,24; IR 179,60% y Periodo de Recuperación de 6 meses. Los resultados de los criterios de evaluación económica, junto con nuestro flujo de caja, son positivos, por lo que la realización del proyecto es viable.

**Palabras Claves:** Relave; Mineral; Alta ley; Cobros por tratamiento o refinación; Concentración; Concentrado; Cianuración; Mineralización; Muestra; Muestreo; Recuperación.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El presente proyecto de investigación propone determinar la evaluación técnica y económica para la recuperación de oro de las canchas de relave de la empresa minera Río Chicama S.A.C. Esta problemática existe en diferentes partes del Perú, por ejemplo, en la región La Libertad existen yacimientos de minerales auríferos refractarios como los de la mina Sayapullo, donde se extraen minerales de Cu, Ag, Pb, Zn y Au, y cuya mineralogía consiste en minerales primarios: Cuarzo, pirita, molibdenita, arsenopirita, enargita, luzonita, cobres grises, esfalerita, galena, sulfosales de Ag, argentita, estibina, calcita y rodocrosita. Minerales secundarios: Calcosita, covelina, limonitas; con leyes promedio de: Au 2.0 g/TM; Cu 2.1%; Zn 4.1%; Pb 1.5% (Díaz, 1999). En Río Chicama S.A.C existen dos canchas de relaves, que han sido cubicadas en este año, determinando que existen 181'000 TM con una ley media de oro de 1,95 g/TM. Este material corresponde a relaves de flotación de la Empresa Sayapullo, que antiguamente era propietaria de las concesiones mineras de río Chicama S.A.C. Asumiendo que estos relaves pueden ser tratados nuevamente, utilizando procesos de recuperación gravimétrica y cianuración, se recuperaría un 85% de este oro, lo cual significaría que se tendría un ingreso por venta de oro en dólares de 13 021 368.20 (al precio de 1 onza = 1350 dólares). Por tal motivo se proyecta realizar pruebas metalúrgicas adicionales como concentración centrífuga y cianuración en botella a nivel de laboratorio, para la evaluación técnica y económica para la recuperación de oro de la cancha de relaves propiedad de la Empresa Minera Río Chicama S.A.C.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la 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?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Realizar una evaluación técnica y económica para la recuperación de oro de la cancha de relaves de la Empresa Minera Rio Chicama S.A.C.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar las especies mineralógicas en el relave y determinar las leyes de Au en el relave.
- Evaluar el método más factible para la recuperación de Au desde el punto de vista metalúrgico.
- Proponer un Flujograma de un plan piloto para el tratamiento de los relaves en base a los resultados de laboratorio.
- Determinar los costos de producción y los indicadores económicos para la determinación de la viabilidad del proyecto.

## 1.4. Hipótesis

Realizando pruebas metalúrgicas de gravimetría y cianuración a nivel de laboratorio, se tendrá una recuperación de oro del 84% con un VAN de s/.5 000000, una TIR del 80% y un payback de 6 meses aproximadamente.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Población y muestra

#### **Población**

Para Tamayo (1995), la Población es la totalidad del fenómeno a estudiar en donde las unidades de población poseen una característica común, la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación.

La población será las 2 canchas de relave de la Empresa Minera Rio Chicama S.A.C, ubicada en el distrito de Sayapullo, La Libertad.

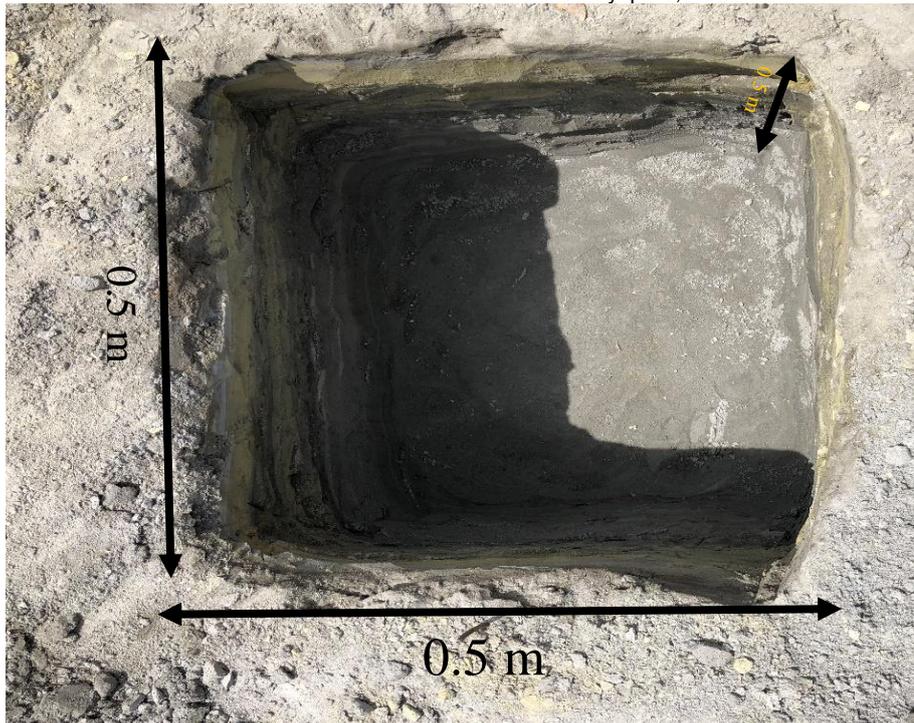
#### **Muestra**

La muestra será aproximadamente 164 Kg de relaves seleccionados de la cancha de relave.

Tipo de muestreo

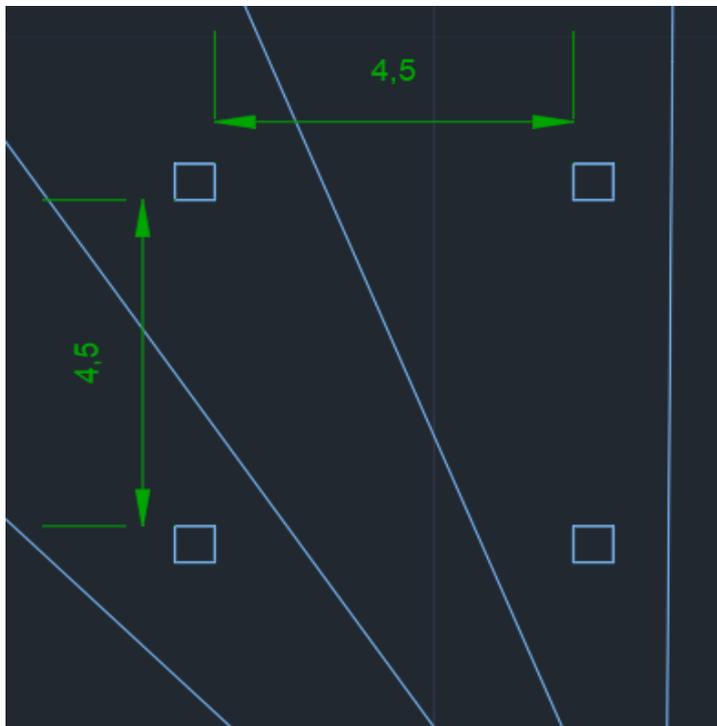
El muestreo será Sistemático, con un peso aproximado de 160 Kg de relaves.

Se realizarán calicatas de 0.5 m de ancho por 0,5 de largo por 0,5m de profundidad dando un volumen total de 0,125 m<sup>3</sup>, estas estarán a 4,5 m de distancia entre cada una, haciendo una maya de muestreo.



*Ilustración 1- Dimensiones de las calicatas.*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 2- Espacio entre calicatas.*

*Fuente: Elaboración propia*

## 2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

### Técnicas

**Diagrama de Flujo:** Se utilizó para desarrollar los pasos del proceso para la evaluación técnica y económica para la recuperación de oro de los relaves.

**Experimento:** Se utilizó con el fin de establecer parámetros para la manipulación de las variables y se observó los resultados de esta manipulación.

### Instrumentos

- **Pruebas de laboratorio metalúrgico**
  - Reporte Metalúrgico de pruebas de gravimetría y cianuración. (ver Anexo 1)
  - Reportes de análisis químico de la muestra. (ver Anexo 2)
- **Pruebas metalúrgicas por gravimetría**
  - Tabla de reporte de análisis granulométrico. (ver Anexo 3)
  - Tabla de reporte de balance metalúrgico de recuperación de oro ICON i150. (ver Anexo 4)
  - Reporte de balance metalúrgico de recuperación de oro en mesa WILFLEY. (ver Anexo 5)
- **Pruebas metalúrgicas por cianuración**
  - Tabla de Pruebas de Cianuración. (ver Anexo 6)
  - Tabla de Reporte de pruebas de cianuración. (ver Anexo 7)
- **Criterios económicos**
  - Tabla de Depreciación de activos. (ver Anexo 8)
  - Tabla de Flujo de caja. (ver Anexo 9)
  - Tabla de VAN. (ver Anexo 10)

- Tabla de TIR. (ver Anexo 11)

### **Procedimiento de recolección de datos**

Uno de los objetivos de la presente investigación es la evaluación técnica para la recuperación de oro de las canchas de relave de empresa minera Rio Chicama, para cumplir mencionado objetivo se usó las técnicas de: Pruebas de laboratorio metalúrgico de análisis granulométrico; Pruebas metalúrgicas por gravimetría; Pruebas metalúrgicas por cianuración.

La selección de muestra de laboratorio para enviar a las pruebas mencionadas fue hecha por el método de coneo o cuarteo. El proceso de selección de la muestra general se realizó a base de un diseño de malla de muestreo.

Otro de los objetivos de la presente investigación es la evaluación económica para la recuperación de oro de la cancha de relave de la empresa minera rio Chicama, para cumplir con mencionado objetivo se usó como herramienta los Indicadores económicos calculados a través del Excel. El objetivo de los Indicadores económicos fue darnos a conocer la viabilidad de este proyecto y dar una visión clara y precisa de la rentabilidad del procesamiento de los relaves de la empresa Rio Chicama.

### **Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos**

#### **Método**

Los datos recolectados de las pruebas de análisis por mallas, gravimetría y cianuración se colocaron en tablas de acuerdo instrumentos de recolección de datos, luego el resultado de estas servirá para realizar gráficos, poder definir el

mejor método de recuperación y la evaluación económica, donde se utilizó es paquete estadístico Excel 2016.

### **Procedimientos:**

- **Cuarteo o coneo**

1. Se procedió a homogenizar la muestra.
2. Se realizó un cono truncado con la muestra, para luego dividirla en cuatro partes iguales.
3. Se efectúa el retiro de dos de las partes.
4. Se realiza el mismo proceso hasta que queden dos partes pequeñas, que deberían tener aproximadamente dos kg.

- **Granulometría**

1. Se procedió a pesar la muestra restante del cuarteo
2. Se pasa por diferentes tipos de mayas a la muestra pesando el material retenido y el material pasante.
3. Se envían las diferentes muestras del análisis granulometría a laboratorio para la realización de las pruebas de ley de cabeza, gravimetría y cianuración.

- **Evaluación económica**

1. Se establece la inversión inicial.
2. Se calcula la producción diaria.
3. Se calculan los costos de carguío y acarreo.
4. Se hace un flujo de caja.
5. Se estimó el VAN
6. Se determinó el TIR y el periodo de recuperación.

### 2.3. Procedimiento

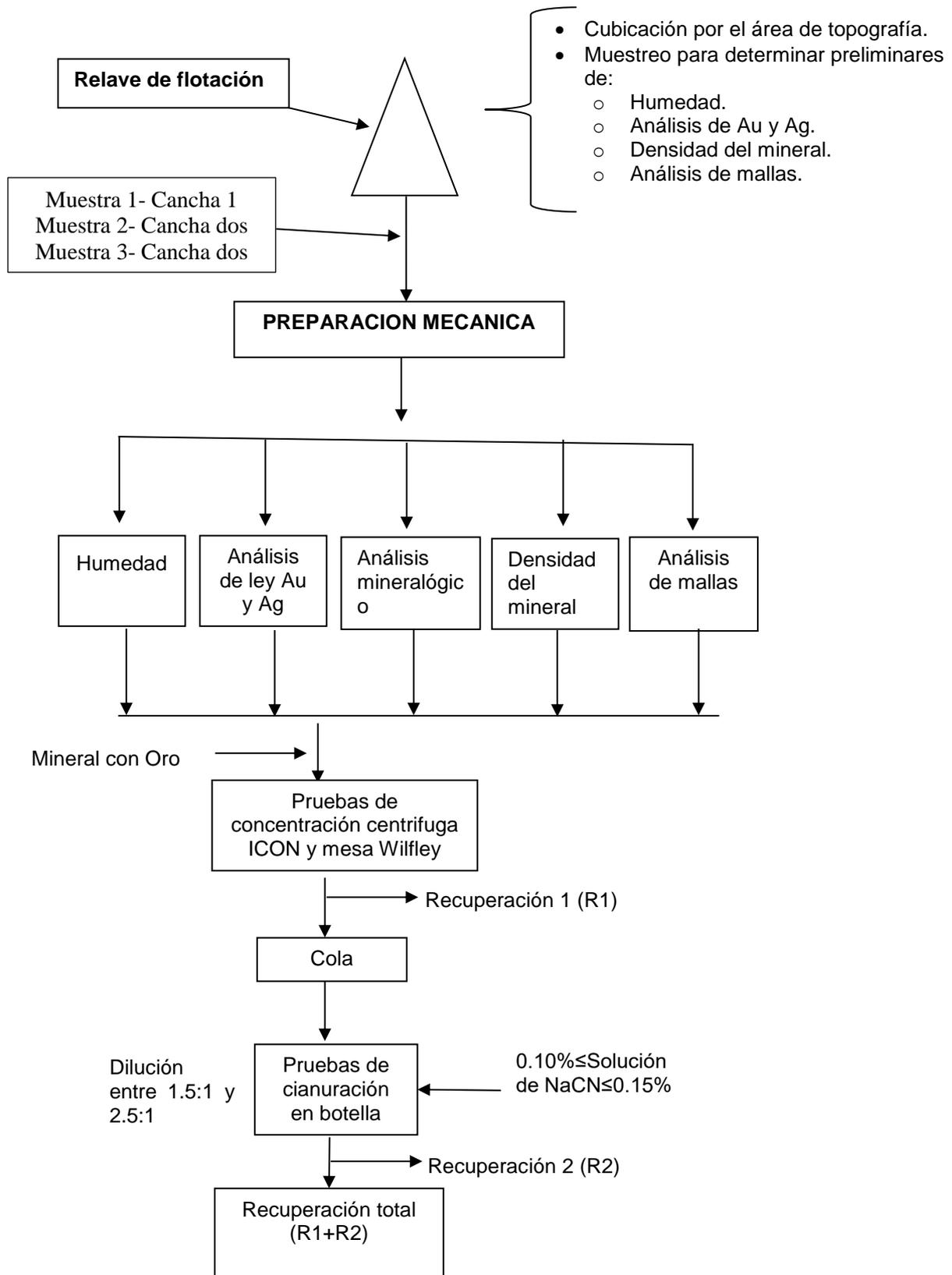
Este proyecto corresponde un trabajo de campo debido a que el nivel de evaluación técnica y económica están dentro de los posibles criterios que se tomaran en cuenta.

Se obtendrán datos primarios a través de la aplicación de análisis de laboratorios para obtener las leyes del mineral en recuperación, asimismo se medirá el rendimiento de los procesos en recuperación, como la inversión que conllevaría la realización de dicho proceso

El nivel de factibilidad de este proyecto se mide a través de una variable experimental, debido a que existirá manipulación por parte de los investigadores para que la variable de un resultado.

Esta investigación es de tipo transaccional debido a que la recolección de datos se hace en un momento y en un tiempo determinado. Asimismo, también se caracteriza por la multivariable, debido a que en la evaluación se llevan a cabo el estudio técnico y económico- para la recuperación de oro de las canchas de relaves de la Empresa Minera Rio Chicama S.A.C.

En el siguiente diagrama se esquematiza el plan de pruebas propuesto:



*Ilustración 3-Flujograma de Pruebas.  
Fuente: Elaboración propia.*

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### Caracterización de las especies mineralógicas

Tabla 1- Resultados de análisis químico de la muestra de relave para la prueba de gravimetría.

Identificación de muestra	Elementos Metálicos							
	Au (g/TM)	Ag (g/TM)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	As (%)	Fe (%)	Sb (%)
Relave	2,60	48,7	0	0	0,62	0,16	1	9

Fuente: Laboratorio de Metalurgia Universidad Nacional de Trujillo.2018.

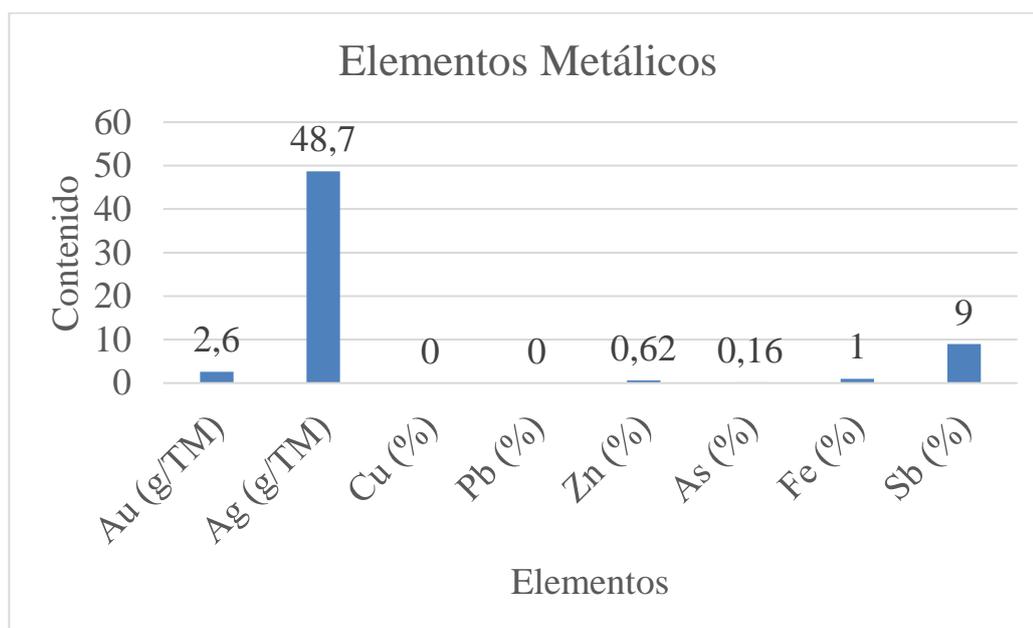


Ilustración 4- Resultados de análisis químico de la muestra de relave para la prueba de gravimetría.

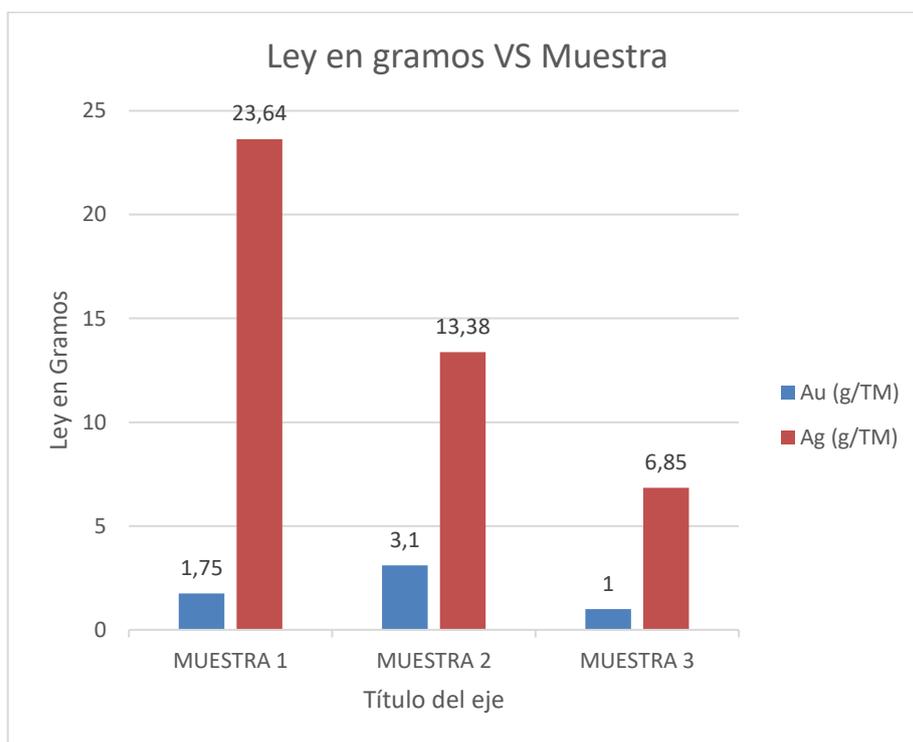
Fuente: Laboratorio de Metalurgia Universidad Nacional de Trujillo.2018.

Según los resultados de la tabla 1 e ilustración 4, el relave tiene especies mineralógicas de esfalerita (Zn 0.62 %), pirita (Fe 1%), Antimonita (Sb 9%). No se presentan óxidos, ni sulfato de estos metales, el cuarzo predomina en una matriz como en todos los relaves de flotación producidos en la zona, característico de un yacimiento epitermal de baja sulfuración.

*Tabla 2- Resultados de análisis químico por Au y Ag de la muestra de relave para la prueba de cianuración.*

ÍTEM	MUESTRA	Au (g/TM)	Ag (g/TM)
1.	MUESTRA 1	1,75	23,64
2.	MUESTRA 2	3,10	13,38
3.	MUESTRA 3	1,00	6,85
PROMEDIO		1,95	14,62

*Fuente: Laboratorio Metalúrgico Gold Min*



*Ilustración 5- Ley en gramos VS muestras.*

*Fuente: Laboratorio Metalúrgico Gold Min*

### Resultados de la prueba de análisis granulométrico:

Tabla 3- Resultados del análisis Granulométrico de la muestra 1.

Muestra 1		
Peso (g)	801,60	
Malla	Peso (g)	Porcentaje retenido
-100	193,9	24,19%
200	204,5	25,51%
-200	403,2	50,30%
Total		100,00%

Fuente: Elaboracion propia

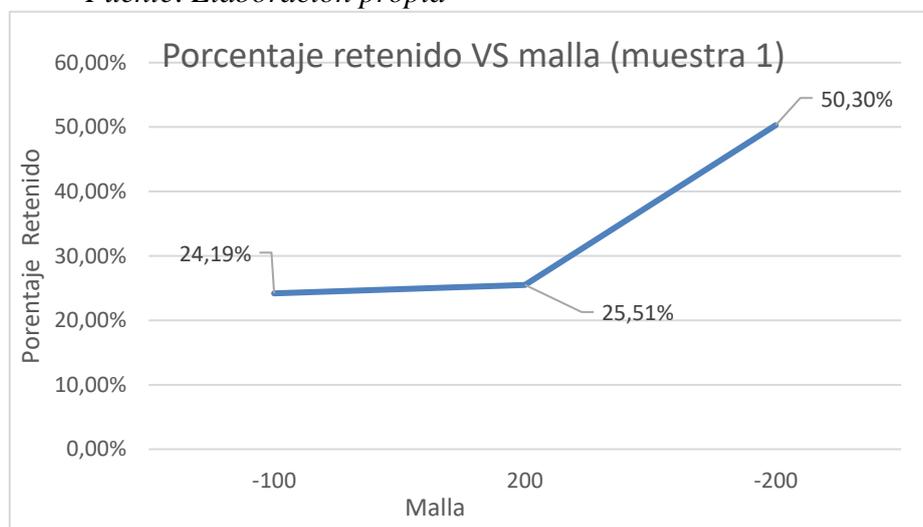


Ilustración 6- Porcentaje retenido VS Malla (muestra 1).

Fuente: Elaboración propia.

- De la tabla 3 e ilustración 6 se puede observar que 25,51 % de la muestra 1, queda retenida en la malla 200 y el 50,30 % pasa la malla 200

Tabla 4- Resultado de la prueba Gravimétrica de la muestra 2.

Muestra 2	
peso	806,3

Malla	Paso (g)	Porcentaje
-100	158,23	19,62%
200	210,25	26,08%
-200	437,82	54,30%
Total		100,00%

Fuente: Elaboración propia.

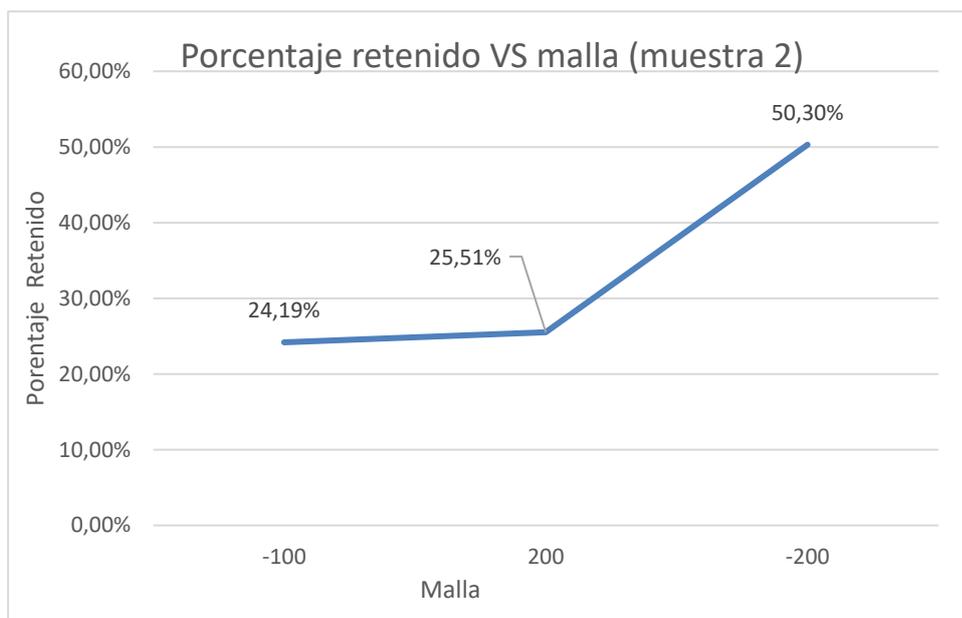


Ilustración 7- - Porcentaje Retenido VS Malla (muestra 2)

Fuente: Elaboración propia.

- De la tabla 4 e ilustración 7 se puede observar que 26,08 % de la muestra 2, queda retenida en la malla 200 y el 54,30 % pasa la malla 200.

Tabla 5- Resultados de la prueba Gravimétrica de la muestra 3.

Muestra 3		
Peso	720,6	
Malla	Paso (g)	Porcentaje
-100	190,5	26,44%
200	138,03	19,15%
-200	392,07	54,41%
<b>Total</b>		<b>100,00%</b>

Fuente: Elaboración propia.

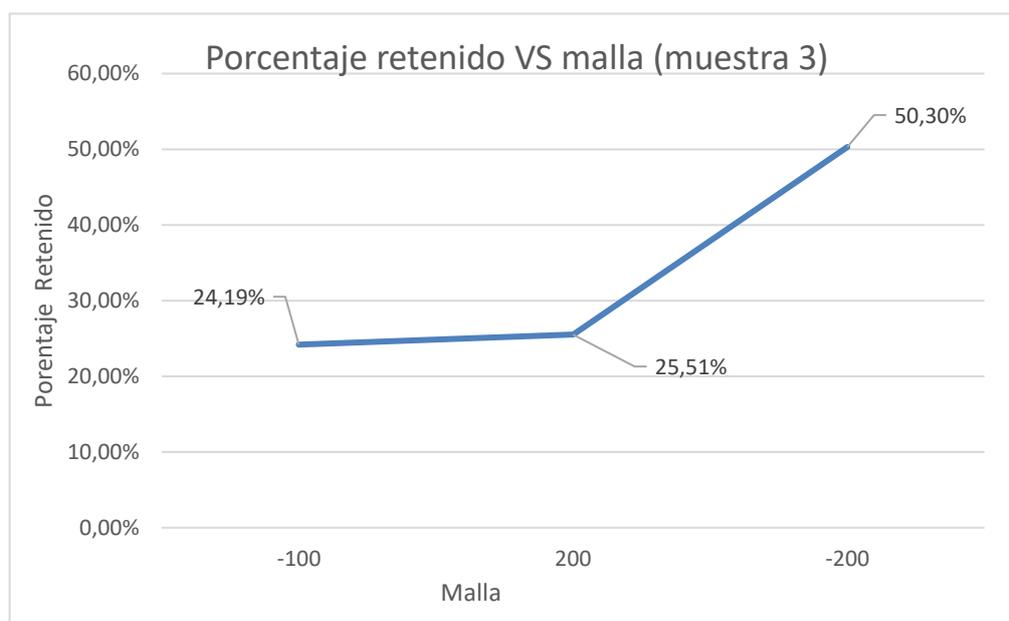
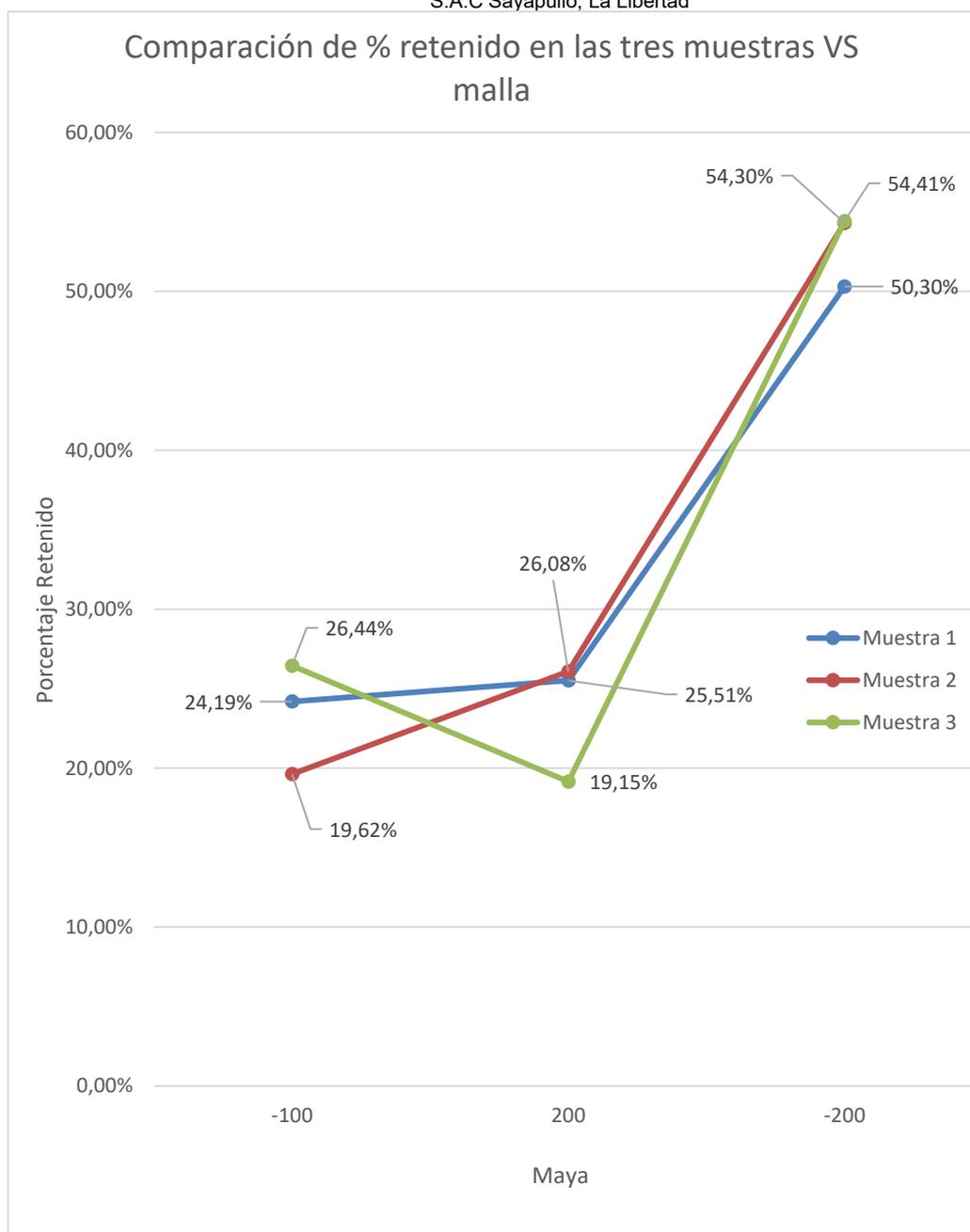


Ilustración 8- Porcentaje retenido VS Malla. (muestra 3).

Fuente: Elaboración propia.

- De la tabla 5 e ilustración 8 se puede observar que 19,15 % de la muestra 3, queda retenida en la malla 200 y el 54,41 % pasa la malla 200.



*Ilustración 9- Comparación de % retenido de las tres muestras VS mallas.*

*Fuente: Elaboración propia.*

- En la ilustración 9 se observa que las 3 muestras tienen un porcentaje retenido en la malla 200, que varía desde los 19,15% hasta 26,08%; asimismo las 3 muestras tienen un porcentaje pasante en la malla 200, que varía desde los 50,30 % hasta 54,30%.

## Resultados Pruebas Gravimétricas

- **Balance metalúrgico de recuperación de oro con equipo ICON I150**

*Tabla 6- Balance metalúrgico de recuperación de oro con equipo ICON i150.*

<b>Especie mineral</b>	<b>Peso seco (kg)</b>	<b>Ley Au (g/TM)</b>	<b>Contenido metálico Au (mg)</b>	<b>Distribución Au (%)</b>
<b>Cabeza mineral</b>	20,00	2,60	52,00	100,00
<b>Concentrado de ICON i150</b>	0,84	2,93	2,46	6,08
<b>Relave de ICON i150</b>	19,00	2,00	38,00	93,92
<b>Cabeza calculada</b>	19,84	2,04	40,46	
<b>Ratio de concentración en ICON i150</b>			23,81	
<b>Recuperación Total de Au (%)</b>			6,08	

*Fuente: Reporte de prueba Gravimetrica del laboratorio metalurgico de la Universidad Nacional de Trujillo.*

### Balance metalúrgico de recuperación de oro en MESA WILFLEY

Tabla 7- -Balance metalúrgico de recuperación de oro en MESA WILFLEY.

Especie mineral	Peso (kg)	Ley Au (g/TM)	Contenido metálico Au (mg)	Distribución Au (%)
<b>Cabeza mineral</b>	10,00	2,60	26,00	
<b>Concentrado mesa</b>	2,25	2,97	6,28	36,86
<b>Medios mesa</b>	0,40	0,50	0,20	1,10
<b>Relave de mesa</b>	7,35	1,53	11,25	62,03
<b>Cabeza calculada</b>	10,00	1,81	18,13	99,99

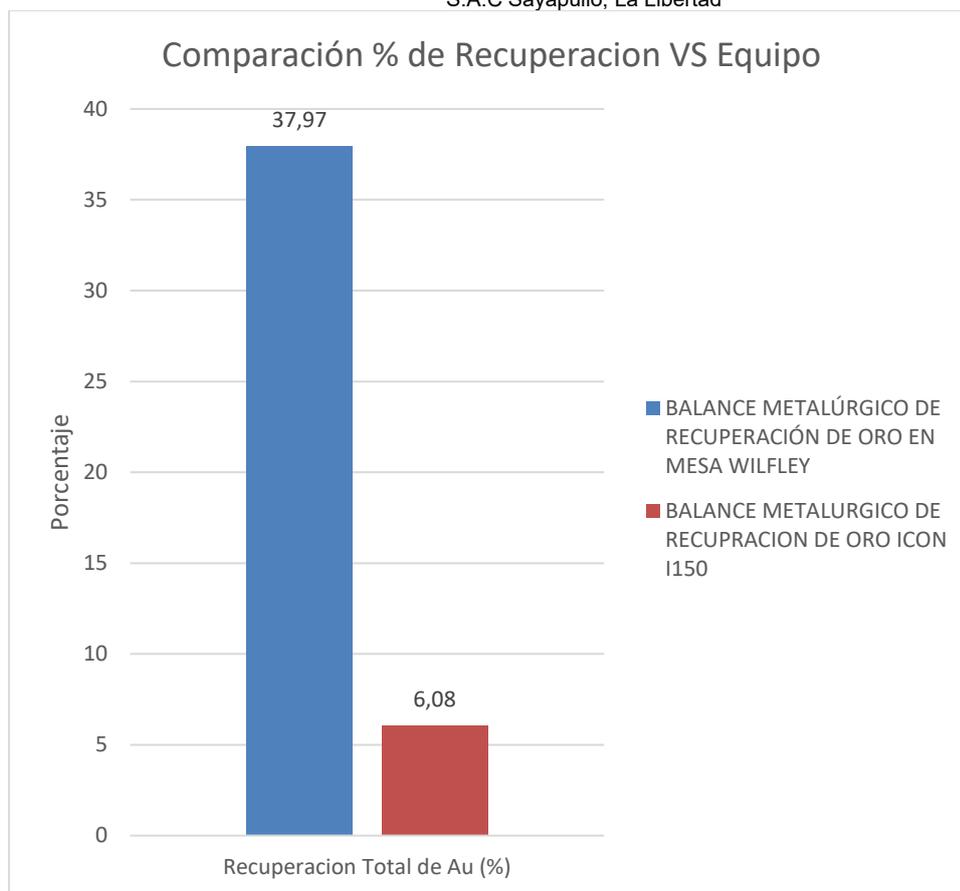
<b>Ratio de concentración de la mesa</b>	<b>3,77</b>
--	-------------

<b>Recuperación de Au en el concentrado</b>	<b>36,86</b>
<b>Recuperación de Au en los medios</b>	<b>1,10</b>

<b>Recuperación Total de Au (%)</b>	<b>37,97</b>
-------------------------------------	--------------

Fuente: Reporte de prueba Gravimetrica del laboratorio metalurgico de la

Universidad Nacional de Trujillo



*Ilustración 10- Comparación de % de recuperación de WILFLEY VS ICON I150.*

*Fuente: Reporte de prueba Gravimetrica del laboratorio metalurgico de la Universidad Nacional de Trujillo*

- En la ilustración 10 podemos ver la gran diferencia entre los porcentajes de recuperación con el equipo iCON y la mesa Wilfley.

## Resultados de la prueba de Cianuración

**CÓDIGO: B-1**

### PRIMERA PRUEBA DE CIANURACIÓN

**Peso de mineral:** 200g mineral de relave de flotación.

**Granulometría:** 70.83 %- malla 200

**Dilución:** 2:1

**pH de pulpa:** 11.5 **Fecha:** 20/04/18

**Solución de NaCN:** 0,10%

*Tabla 8- Prueba de cianuración B1.*

Hora	ml AgNO <sub>3</sub> gastados	%NaCN	g NaCN agregado	pH	g de cal agregado	observaciones
0	inicio	0,10	0,4	11,5	6,5	
0,5	0,360	0,0360	0,2560	11,5		
1,5	0,500	0,0500	0,2000	11,5		
3,5	0,630	0,0630	0,1480	11,5	--	
7,5	0,675	0,0675	0,1300	11,5	--	
15,5	0,670	0,0670	0,1320	11		
23,5	0,640	0,0640	0,1440	11		
35,5	0,720	0,0720	0,1120	11		
42,5	0,760	0,0760	0,0960	11		
56	0,820	0,0820	0,0720	11	--	
72	0,720	0,0720		11		

*Fuente: Reporte de prueba de cianuración laboratorio de metalurgia de la Universidad Nacional de Trujillo.*

<b>Consumo de cianuro de sodio:</b>	7,01 Kg. /TM de relave	
<b>Consumo de cal:</b>	32,50 Kg /TM de relave	
<b>Tiempo de cianuración:</b>	72 h	
<b>Ley de cabeza:</b>	1,95 g Au /TM	7,17 Oz Ag/TM
<b>Ley de relave:</b>	1,15 g Au /TM	6,12 Oz Ag/TM
<b>Recuperación metalúrgica:</b>	39,48 % para oro	14,40 % para plata

## SEGUNDA PRUEBA DE CIANURACIÓN

**Peso de mineral:** 175 g mineral de relave de flotación.

**Granulometría:** 70.83 %- malla 200

**Dilución:** 2.5:1

**pH de pulpa:** 11.5 **Fecha:** 20/04/18

**Solución de NaCN:** 0,10%

*Tabla 9- Prueba de Cianuración B2.*

Hora	ml AgNO <sub>3</sub> gastados	%NaCN	g NaCN agregado	pH	g de cal agregado	observaciones
0	inicio	0,10	0,4	11,5	6,5	
0,5	0,358	0,0358	0,2809	11,5		
1,5	0,500	0,0500	0,2188	11,5		
3,5	0,640	0,0640	0,1575	11,5		
7,5	0,730	0,0730	0,1181	11		
15,5	0,720	0,0720	0,1225	11	-	
23,5	0,715	0,0715	0,1247	11		
35,5	0,840	0,0840	0,0700	11		
42,5	0,820	0,0820	0,0787	11		
56	0,820	0,0820	0,07875	11		
72	0,700	0,0700		11		

*Fuente: Reporte de prueba de cianuración laboratorio de metalurgia de la*

*Universidad Nacional de Trujillo.*

<b>Consumo de cianuro de sodio:</b>	7,89 Kg. /TM de relave	
<b>Consumo de cal:</b>	30,00 Kg /TM de relave	
<b>Tiempo de cianuración:</b>	72 h	
<b>Ley de cabeza:</b>	1,95 g Au /TM	7,17 Oz Ag/TM
<b>Ley de relave:</b>	1,45 g Au /TM	6,50 Oz Ag/TM
<b>Recuperación metalúrgica:</b>	25,64% para oro	9,09 % para plata

### TERCERA PRUEBA DE CIANURACIÓN

**Peso de mineral:** 200g mineral de relave de flotación.

**Granulometría:** 70.83 %- malla 200

**Dilución:** 1.5:1

**pH de pulpa:** 11.0 **Fecha:** 30/04/18

**Solución de NaCN:** 0,10%

*Tabla 10- Prueba de Cianuración B3.*

Hora	ml AgNO <sub>3</sub> gastados	%NaCN	g NaCN agregado	pH	g de cal agregado	observaciones
0	inicio	0,10	0,3	11,5	6,0	
1	0,33	0,033	0,201	11,0		
3	0,45	0,045	0,165	11,0		
7	0,52	0,052	0,144	11,0		
15	0,59	0,059	0,123	11,0		
27	0,60	0,060	0,120	11,0	-	
43	0,63	0,063	0,111	11,0		
55	0,66	0,066	0,102	11,0		
67	0,68	0,068	0,096	11,0	--	
99	0,84	0,084		11,0		

*Fuente: Reporte de prueba de cianuración laboratorio de metalurgia de la*

*Universidad Nacional de Trujillo.*

<b>Consumo de cianuro de sodio:</b>	5,55 Kg. /TM de relave	
<b>Consumo de cal:</b>	30,00 Kg /TM de relave	
<b>Tiempo de cianuración:</b>	99 h	
<b>Ley de cabeza:</b>	1,95 g Au /TM	7,17 OZ Ag/TM
<b>Ley de relave:</b>	1,80 g Au /TM	6,53 OZ Ag/TM
<b>Recuperación metalúrgica:</b>	7,69 % para oro	8,67 % para plata.

### CUARTA PRUEBA DE CIANURACIÓN

**Peso de mineral:** 200g mineral de relave de flotación.

**Granulometría:** 70.83 % - malla 200

**Dilución:** 1.5:1

**pH de pulpa:** 11.0 **Fecha:** 30/04/18

**Solución de NaCN:** 0,12%

*Tabla 11- Prueba de Cianuración B4.*

Hora	ml AgNO <sub>3</sub> gastados	%NaCN	g NaCN agregado	pH	g de cal agregado	observaciones
0	inicio	0,12	0,36	11,5	6,0	
1	0,4	0,04	0,24	11,0		
3	0,5	0,05	0,21	11,0		
7	0,64	0,064	0,168	11,0		
15	0,66	0,066	0,162	11,0		
27	0,77	0,077	0,129	11,0		
43	0,78	0,078	0,126	11,0		
55	0,88	0,088	0,096	11,0		
67	0,82	0,082	0,114	11,0		
99	0,82	0,082		11,0		

*Fuente: Reporte de prueba de cianuración laboratorio de metalurgia de la*

*Universidad Nacional de Trujillo.*

<b>Consumo de cianuro de sodio:</b>	6,79 Kg. /TM de relave	
<b>Consumo de cal:</b>	30,00 Kg /TM de relave	
<b>Tiempo de cianuración:</b>	99 h	
<b>Ley de cabeza:</b>	1,95 s Au /TM	7,17 OZ Ag/TM
<b>Ley de relave:</b>	1,150 g Au /TM	6,715 OZ Ag/TM
<b>Recuperación metalúrgica:</b>	41,02 % para oro	6,29 % para plata.

### QUINTA PRUEBA DE CIANURACIÓN

**Peso de mineral:** 200g mineral de relave de flotación.

**Granulometría:** 70.83 %- malla 200

**Dilución:** 2:1

**pH de pulpa:** 11.0 **Fecha:** 30/04/18

**Solución de NaCN:** 0,10%

*Tabla 12- Prueba de Cianuración B5.*

Hora	ml AgNO <sub>3</sub> gastados	%NaCN	gNaCN agregado	pH	g de cal agregado	observaciones
0	inicio	0,10	0,4	11,5	6,0	
1	0,38	0,038	0,248	11,0		
3	0,46	0,046	0,216	11,0	--	
7	0,56	0,056	0,175	11,0		
15	0,64	0,064	0,144	11,0		
27	0,64	0,064	0,144	11,0		
43	0,67	0,067	0,132	11,0		
55	0,70	0,07	0,120	11,0		
67	0,71	0,071	0,116	11,0		
99	0,68	0,068		11,0		

*Fuente: Reporte de prueba de cianuración laboratorio de metalurgia de la*

*Universidad Nacional de Trujillo.*

<b>Consumo de cianuro de sodio:</b>	7,11 Kg. /TM de relave	
<b>Consumo de cal:</b>	30,00 Kg /TM de relave	
<b>Tiempo de cianuración:</b>	99 h	
<b>Ley de cabeza:</b>	1,95 g Au /TM	7,17 OZ Ag/TM
<b>Ley de relave:</b>	1,55 g Au /TM	7,00 OZ Ag/TM
<b>Recuperación metalúrgica:</b>	20,51 % para oro	2,09 % para plata.

### SEXTA PRUEBA DE CIANURACIÓN

**Peso de mineral:** 200g mineral de relave de flotación.

**Granulometría:** 70.83 %- malla 200

**Dilución:** 2:1

**pH de pulpa:** 11.0 **Fecha:** 30/04/18

**Solución de NaCN:** 0,12%

*Tabla 13- Prueba de Cianuración B6.*

Hora	m1 AgNO gastados	%NaCN	gNaCN agregado	pH	g de cal agregado	observaciones
0	inicio	0,12	0,48	11,5	6,0	
1	0,44	0,044	0,304	11,0		
3	0,60	0,060	0,240	11,0		
7	0,70	0,070	0,200	11,0		
15	0,78	0,078	0,168	11,0	--	
27	0,81	0,081	0,156	11,0		
43	0,84	0,084	0,144	11,0	--	
55	1,01	0,101	0,076	11,0		
67	0,93	0,093	0,108	11,0		
99	0,94	0,094		11,0		

*Fuente: Reporte de prueba de cianuración laboratorio de metalurgia de la Universidad Nacional de Trujillo.*

<b>Consumo de cianuro de sodio:</b>	7,50Kg. /TM de relave	
<b>Consumo de cal:</b>	30,00 Kg /TM de relave	
<b>Tiempo estimado de cianuración:</b>	99 h	
<b>Ley de cabeza:</b>	1,95 g Au /TM	7,17 OZ Ag/TM
<b>Ley de relave:</b>	1,65 g Au /TM	5,25 OZ Ag/TM
<b>Recuperación metalúrgica:</b>	15,38% para oro	26,57% para plata.

### SÉPTIMA PRUEBA DE CIANURACIÓN

**Peso de mineral:** 200 g de relave de flotación

**Dilución:** 1.5:1 **Fecha:** 21/05/18

**Solución de NaCN:** 0.13%

**Granulometría:** 75.83% -m200

**pH:** 11

*Tabla 14- Prueba de Cianuración B7.*

<b>Hora</b>	<b>ml gastado AgNO3</b>	<b>% NaCN libre</b>	<b>Reporte. NaCN (g)</b>	<b>CaO (g)</b>	<b>pH</b>
0		0,13	0,39	5,7	11
1	0,46	0,046	0,252	-	11
3	0,48	0,048	0,246	-	11
7	0,58	0,058	0,216		11
14	0,64	0,064	0,198		11
27	0,76	0,076	0,162	-	11
39	0,76	0,076	0,162		11
73	0,76	0,076	0,162	-	11
97	0,76	0,076	-	-	11

*Fuente: Reporte de prueba de cianuración laboratorio de metalurgia de la*

*Universidad Nacional de Trujillo.*

<b>Consumo de cianuro de sodio:</b>	7,80	Kg/TM de relave		
<b>Consumo de cal:</b>	28,50	Kg/TM de relave		
<b>Tiempo de cianuración:</b>	97	h		
<b>Ley de cabeza:</b>	1,95	g Au/TM	7,17	oz Ag/TM
<b>Ley de relave:</b>	1,05	g Au/TM	1,252	oz Ag/TM
<b>Recuperación metalúrgica:</b>	46,15	% para oro	82,54	% para plata

### OCTAVA PRUEBA DE CIANURACIÓN

**Peso de mineral:** 200g mineral de relave de flotación.

**Granulometría:** 70.83 % - malla 200      **Fecha:** 21/05/18

**pH de pulpa:** 11

**Solución de NaCN:** 0.14%

*Tabla 15- Prueba de Cianuración B8.*

Hora	ml gastado AgNO3	% NaCN libre	Reposic. NaCN (g)	CaO (g)	p H
0		0,14	0,42	5,7	11
1	0,45	0,045	0,285	-	11
3	0,46	0,046	0,282	-	11
7	0,54	0,054	0,258	-	11
15	0,6	0,06	0,24		11
27	0,6	0,06	0,24		11
39	0,71	0,071	0,207	-	11
73	0,71	0,071	0,207	-	11
97	0,78	0,078	-	-	11

*Fuente: Reporte de prueba de cianuración laboratorio de metalurgia de la  
Universidad Nacional de Trujillo.*

<b>Consumo de cianuro de sodio:</b>	9.52 Kg. /TM de relave	
<b>Consumo de cal:</b>	28.50Kg /TM de relave	
<b>Tiempo de cianuración:</b>	97 h	
<b>Ley de cabeza:</b>	1,95 g Au /TM	7,17 OZ Ag/TM
<b>Ley de relave:</b>	1.10 g Au /TM	1.250 OZ Ag/TM
<b>Recuperación metalúrgica:</b>	43.5g % para oro	82.56% para plata.

### NOVENA PRUEBA DE CIANURACIÓN

**Peso de mineral:** 200g mineral de relave de flotación.

**Granulometría:** 70.83 % - malla 200      **Fecha:** 21/05/18

**Dilución:** 1.5:1

**pH de pulpa:** 11

**Solución de NaCN:** 0.15%

*Tabla 16- Prueba de Cianuración B9.*

<b>Hora</b>	<b>ml gastado AgNO3</b>	<b>% NaCN libre</b>	<b>Reposic. NaCN (g)</b>	<b>CaO (g)</b>	<b>pH</b>
0	-	0,15	0,45	5,7	11
1	0,43	0,043	0,321	-	11
3	0,57	0,057	0,279	-	11
7	0,59	0,059	0,273		11
15	0,67	0,067	0,249		11
27	0,68	0,068	0,246		11
39	0,8	0,08	0,21		11
73	0,81	0,081	0,207	-	11
97	0,88	0,088		-	11

*Fuente: Reporte de prueba de cianuración laboratorio de metalurgia de la*

*Universidad Nacional de Trujillo.*

<b>Consumo de cianuro de sodio:</b>	9.85 Kg. /TM de relave	
<b>Consumo de cal:</b>	28.50Kg /TM de relave	
<b>Tiempo de cianuración:</b>	97 h	
<b>Ley de cabeza:</b>	1,95 g Au /TM	7,17 OZ Ag/TM
<b>Ley de relave:</b>	1.10 g Au /TM	1.258 OZ Ag/TM
<b>Recuperación metalúrgica:</b>	43.58 % para oro	82.45% para plata

- **Resumen de pruebas de cianuración**

Tabla 17- Resumen de pruebas de cianuración.

Códigos	Solución de NaCN (%)	% de recuperación	Granulometría (- 200)
B1	0,10%	39,48%	70,83
B2	0,10%	25,64%	70,83
B3	0,10%	7,69%	70,83
B4	0,12%	41,02%	70,83
B5	0,10%	20,51%	70,83
B6	0,12%	15,38%	70,83
B7	0,13%	46,16%	70,83
B8	0,14%	43,50%	70,83
B9	0,15%	43,58%	70,83

Fuente: Elaboración propia.

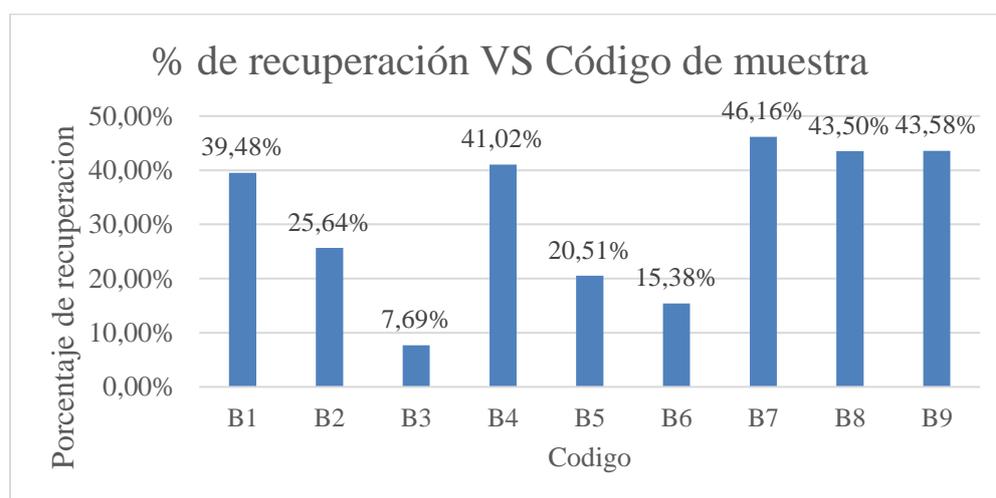
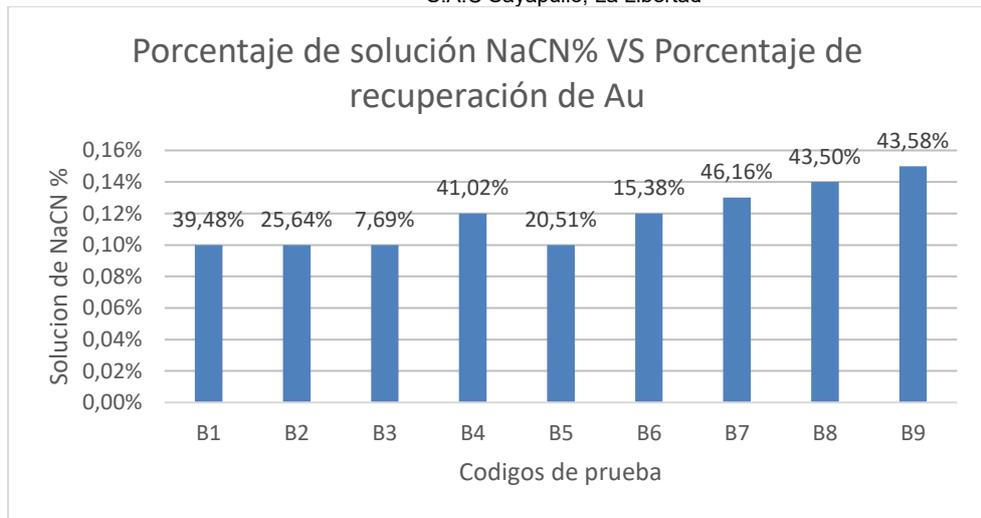


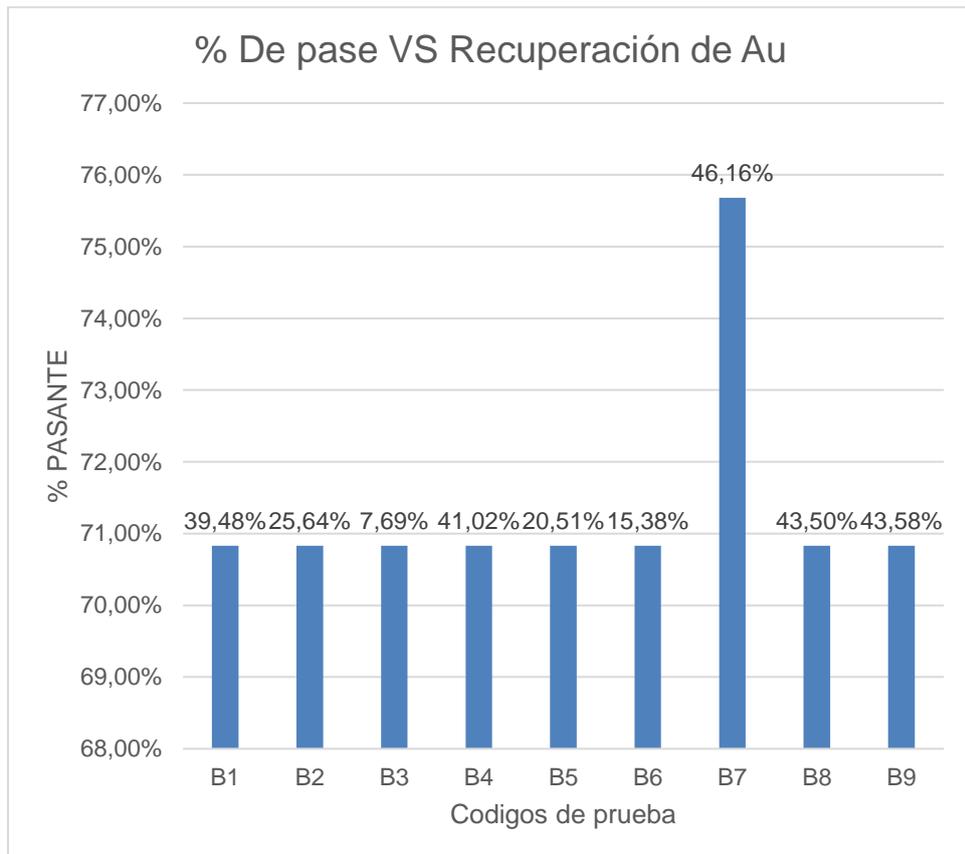
Ilustración 11- Porcentaje de recuperación de Au VS Código.

Fuente: Elaboración propia.



*Ilustración 12- Solución de NaCN VS Porcentaje de recuperación de Au.*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 13- Porcentaje de Pase VS Recuperación de Au.*

*Fuente: Elaboración propia.*

## Resultados de la Evaluación Económica

### ○ Onzas de Au y Ventas Brutas

Tabla 18- Precio del oro y tipo de cambio.

X	<b>Onz de oro</b>
<b>Precio dólar</b>	\$1.350,00
<b>Tipo de cambio</b>	S/3,30

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19- Precio del Au en soles.

<b>Precio de venta</b>	
<b>Onz</b>	<b>Oro</b>
	S/4.455,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20- Onzas totales producidas.

<b>Onz totales</b>	11.386,31
<b>Onz vendidas</b>	9109,048

<b>% de recuperación</b>	<b>80,00%</b>
--------------------------	---------------

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21- Valoración bruta.

<b>Producto</b>	<b>valoración total</b>
<b>oro</b>	S/40.580.808,84

Fuente: Elaboración propia.

- **Costos de Producción**

*Tabla 22- Activos fijos operativos.*

<b>Activos Fijos Operativos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Costo unitario</b>
<b>Zaranda Vibratoria</b>	1	S/30.000,00
<b>Sub total</b>	1	S/30.000,00

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 23- Depreciación de activos fijos de producción.

Activo fijo de producción	Unidades	Costo Unitario	Años de vida útil	Tasa de depreciación	Depreciación anual	Valor residual
Planta (Edificación y almacenes)	1	S/200.000,00	20	5,0%	S/20.000,00	S/9.000,00
Chancadora	1	S/74.800,00	10	10,0%	S/14.960,00	S/5.984,00
Grupo Electrónico	1	S/41.111,11	10	10,0%	S/8.222,22	S/3.288,89
Zaranda vibratoria	3	S/30.000,00	10	10,0%	S/6.000,00	S/2.400,00
Volquete de 40 TM	4	S/221.000,00	10	10,0%	S/44.200,00	S/17.680,00
Camioneta	1	S/91.800,00	10	10,0%	S/18.360,00	S/7.344,00
Cargador Frontal	2	S/309.400,00	10	10,0%	S/61.880,00	S/24.752,00
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>S/968.111,11</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>S/173.622,22</b>	<b>S/70.448,89</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24- Costo de materia prima directa.

<b>Días laborales</b>	30
<b>Producción diaria TM</b>	500
<b>Producción mensual TM</b>	15000
<b>Producción total</b>	180000

**Costo de materia prima directa**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad TM/mes</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total mensual</b>	<b>Total</b>
<b>Tratamiento de Cianuración</b>	15000	S/.120,00	S/.1.800.000,00	S/.21.600.000,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25- Insumo y maquinaria requerida.

Insumos	Unidad de medida	Cantidad	Costo por unidad	Costo diario	Total mensual	Total anual
Cal	kg	14250	S/.0,29	S/.4.132,50	S/.123.975,00	S/.1.487.700,00
Consumo eléctrico	Watt	2200	S/.0,68	S/.1.496,00	S/.44.880,00	S/.538.560,00
Consumo Agua	m3	290	S/.2,83	S/.820,70	S/.24.621,00	S/.295.452,00
Cianuro de Sodio	kg	3900	S/.2,55	S/.9.945,00	S/.298.350,00	S/.3.580.200,00
<b>Total</b>	-	-	<b>S/.6,35</b>	<b>S/.16.394,20</b>	<b>S/.491.826,00</b>	<b>S/.5.901.912,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26- Insumos y maquinaria requerida.

<b>Puesto - descripción</b>	<b>Número de trabajadores</b>	<b>Rem. Básica</b>	<b>Total sobre costos</b>	<b>Remuneración mensual por trabajo</b>	<b>Total mensual rem.</b>	<b>Total anual rem.</b>
Obrero tipo 1 (D)	5	S/.850,00	S/.429,25	S/.1.279,25	S/.2.996,25	S/.76.755,00
Supervisor de campo	1	S/.2.500,00	S/.1.262,50	S/.3.762,50	S/.3.762,50	S/.45.150,00
Supervisor de seguridad (I)	1	S/.2.500,00	S/.1.262,50	S/.3.762,50	S/.3.762,50	S/.45.150,00
<b>Total mano de obra directa e indirecta</b>	<b>7</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>S/.8.804,25</b>	<b>S/.10.521,25</b>	<b>S/.167.055,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27- Costo de alimentación del personal.

Descripción	Cantidad/mes	Precio Unitario	Total mensual	Total anual
Almuerzo y desayuno	12	S/.12,00	S/.4.320,00	S/.51.840,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28- Costo de equipos de protección personal y herramientas.

Herramientas y EPP's	Unidades	Veces al año (renovar)	Costo por Unidad	Total costo Anual
Palanas	5	3	S/.25,00	S/.375,00
Carretillas	2	3	S/.300,00	S/.1.800,00
Extractores de polvo	1	2	S/.130,00	S/.260,00
Cascos	14	3	S/.12,00	S/.504,00
Botas	14	2	S/.70,00	S/.1.960,00
Guantes neopreno	14	6	S/.12,00	S/.1.008,00
Zapatos	14	2	S/.70,00	S/.1.960,00
Respiradores	14	3	S/.55,00	S/.2.310,00
Lentes	14	6	S/.12,00	S/.1.008,00
Filtro de respirador	14	2	S/.15,00	S/.420,00
<b>Total</b>	<b>106</b>	<b>-</b>	<b>S/.701,00</b>	<b>S/.11.605,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29- Resumen de costos de producción.

Concepto	Costo mensual	Costo anual
Materia prima directa (*)	S/1.800.000,00	S/21.600.000,00
Mano de obra directa e indirecta	S/8.804,25	S/105.651,00
Insumos y maquinaria	S/491.826,00	S/5.901.912,00
Alimentación personal	S/4.320,00	S/51.840,00
EPP's y herramientas	S/701,00	S/8.412,00
Mantenimiento	S/0,00	S/0,00
Depreciación	S/14.468,52	S/173.622,22
<b>Total</b>	<b>S/520.119,77</b>	<b>S/6.241.437,22</b>
<b>Total real</b>	<b>S/511.315,52</b>	<b>S/6.135.786,22</b>

Fuente: Elaboración propia.

- Costo de carguío y acarreo

Tabla 30- Costos de carguío y acarreo.

Resumen de Producción - Simulación completa			
		<i>Ciclo de Acarreo:</i>	
		<i>[PRJ] CICLO DE</i>	
		<i>TRANSPORTE</i>	
<i>Sistema de Transporte: PRUEBA 01 RCS</i>		<i>DE RELAVE</i>	
		<i>Roster: [PRJ]</i>	
<i>Material: [PRJ] Mineral</i>		<i>ROSTER 10 X 5</i>	
		<i>[PRJ] CATERPILLAR 930</i>	
<i>Cargador</i>		<i>M</i>	
Disponibilidad	%	85,00	
Factor de llenado del cubo		0,95	
Volumen promedio de carga del			
cucharon	cu.metres	14,45	
Carga útil promedio	bcm	11,56	
			Horas de
			funcionamiento
			factorizadas
			por
Horas operacionales por año	OpHr/Year	6.934,50	disponibilidad
Promedio de turnos operativos por			Turnos
año	shifts/Year	603,00	factorizados

				por disponibilidad
Tiempo promedio de ciclo de cubeta	min	0,50		
Producción por hora de operación	bcm	21,08		
				Promedio máximo basado en el 100 %
Producción por turno de operación del cargador	bcm	242		disponible. Fábricas de producción media en vano.
Producción por año	bcm	180.562		
Tiempo de espera por hora de funcionamiento	min	25,14		
				<i>[PRJ] MERCEDEZ BENZ</i>
<i>Camión</i>		<i>4144</i>		
Disponibilidad	%	100,00		
Carga útil en planilla	bcm	14,31		
Horas de funcionamiento por año	OpHr/Year	6.934,50		
Carga útil promedio	bcm	12,80		
Producción por hora de operación	bcm	1,41		
Producción por turno de operación del cargador	bcm	16		

Producción por año	bcm	9.745	
Tiempo de espera en el cargador	min/ Cycle	3,17	
Punto de tiempo en el cargador	min/ Cycle	0,40	
Tiempo medio de carga	min/ Cycle	0,05	
Tiempo de viaje	min/ Cycle	340,70	
Tiempo en el vertedero	min/ Cycle	0,30	
Tiempo promedio de descarga	min/ Cycle	0,20	
Tiempo promedio de ciclo	min/ Cycle	344,83	
Tamaño de la flota		5	
Promedio de pases de balde		1,11	
<i>Sistema de Transporte</i>			
Producción por año	bcm/Year	180.562	
			<i>Metodología</i>
Costo de capital descontando	\$/bcm	3,64	<i>de carga</i>
Costo de operación descontado	\$/bcm	0,00	Doble cara
Costo promedio descontado	\$/bcm	3,64	Camión lleno
			Promedio de
Objetivo de excavación	bcm	181.000,00	145 turnos
Tiempo para mover objetivo de excavación	<b>Years</b>	<b>1,02</b>	
Cargador de horas para mover objetivo	Op. Hours.	8.571	
Horas totales de camiones para mover el objetivo	Op. Hours.	128.569	

**Costo total para mover objetivo \$ 658.924**

Las estimaciones de productividad permiten un tiempo insuficiente al final del turno para completar otro ciclo.

El tiempo para el primer paso del cucharón, coincide con los tiempos de espera y maniobra del camión

Esta simulación se basa en los datos proporcionados por el fabricante del equipo.

*Fuente: Reporte de costos de carguío y acarreo TALPAC.*

- El costo total para mover el objetivo es de **658.924 US\$**, al cambio en soles, el costo de carguío y acarreo es de **S/2.174.447,56**

- **Resumen de Costos**

*Tabla 31- Resumen de costos totales.*

Concepto	Costo mensual	Costo anual
Costos de producción	S/511.315,52	S/6.135.786,22
Costos de carguío y acarreo	S/181.203,96	S/2.174.447,56
<b>Total</b>	<b>S/692.519,48</b>	<b>S/8.310.233,79</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

- **Costos fijos y variables**

*Tabla 32- Costos fijos y variables.*

Detalle	Costos fijos	Costos variables
Mano de obra directa	-	S/76.755,00
Mano de obra indirecta	S/90.300,00	-
Materia prima directa	-	S/21.600.000,00
Insumos y maquinaria	-	S/5.901.912,00
Alimentación personal	-	S/51.840,00
EPP's y herramientas	-	S/11.605,00
Mantenimiento	-	-
Depreciación	S/173.622,22	-
Gastos de carguío y acarreo	S/2.174.447,56	-
<b>Total</b>	<b>S/2.438.369,79</b>	<b>S/6.042.112,00</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

- **Punto de equilibrio**

Tabla 33- Punto de equilibrio.

<b>Ventas Totales</b>	S/40.580.808,84
<b>N° de unidades producidas (TN)</b>	9109

<b>Punto de equilibrio</b>	<b>S/2.864.932,01</b>
<b>% Punto de equilibrio</b>	7,06%
<b>Punto de equilibrio unidades</b>	S/643,08

Fuente: Elaboración propia.

- **Capital de Trabajo**

Tabla 34- Capital de trabajo del proyecto.

<b>Rubro</b>	<b>Total, mensual</b>	<b>Total anual</b>
Materia prima directa	S/1.800.000,00	S/21.600.000,00
Mano de obra directa	S/6.396,25	S/76.755,00
Mano de obra indirecta	S/7.525,00	S/90.300,00
Insumos y maquinaria	S/491.826,00	S/5.901.912,00
Alimentación personal	S/4.320,00	S/51.840,00
EPP's y herramientas	S/967,08	S/11.605,00
Depreciación	S/14.468,52	S/173.622,22
<b>Costo de producción</b>	<b>S/525.502,85</b>	<b>S/6.306.034,22</b>
<b>Gastos de carguío y acarreo</b>	<b>S/181.203,96</b>	<b>S/2.174.447,56</b>
<b>Total capital de trabajo</b>	<b>S/706.706,82</b>	<b>S/8.480.481,79</b>
<b>CTD:</b>	<b>S/23.556,89</b>	

Fuente: Elaboración propia.

- **Flujo de caja**

Tabla 35- Flujo de caja financiero.

Rubro	AÑOS
	2019
Ingresos por ventas	S/40.580.808,84
(+) Valor residual	-
(-) Costos de producción	S/6.306.034,22
(-) Gastos de	S/2.174.447,56
carguío y acarreo	
<b>Costo de operación</b>	<b>S/8.480.481,79</b>
(-) Depreciación	S/173.622,22
(-) I.G.V. (18%)	S/7.273.293,59
<b>Utilidad Bruta</b>	<b>S/24.653.411,24</b>
(-) Participación	S/1.972.272,90
Trabajadores (8%)	
(-) Impuesto a la Renta	S/7.396.023,37
-30%	
<b>Flujo neto de efectivo</b>	<b>S/15.285.114,97</b>

Fuente: Elaboración propia.

- **Calculo de VAN**

<b>Tasa</b>	10,00%
-------------	--------

Tabla 36- VAN

Periodos	inversión Inicial	Flujo de caja	VAN 10%
0	S/8.480.481,79	-	-
1	-	S/15.285.114,97	S/13.756.603,47
<b>Total VA</b>			S/13.756.603,47
<b>VAN</b>			<b>S/5.415.077,28</b>

Fuente: Elaboración propia.

- **Calculo TIR**

Tabla 37- TIR.

Periodos	inversión	Flujo de caja	VA 10%	TIR %
0	S/8.480.481,79	-S/8.480.481,79	-	-
1	-	S/15.285.114,97	S/13.756.603,47	S/11.038.127,64
<b>Total VA</b>			S/13.756.603,47	-S/8.480.481,79
<b>VAN</b>			<b>S/5.415.077,28</b>	S/2.557.645,86
<b>TIR</b>			<b>80,24%</b>	-

Fuente: Elaboración propia.

- **Resultados del estudio financiero**

*Tabla 38- Resultados del estudio financiero.*

<b>Inversión fija</b>	
Activos fijos operativos	S/30.000,00
<b>Total inversión fija</b>	<b>S/30.000,00</b>
<b>Costo de operación</b>	
Costos de producción	S/6.306.034,22
<b>Total costo operación</b>	<b>S/6.306.034,22</b>
<b>Ingresos al primer año</b>	
Venta de oro	S/40.580.808,84
<b>Punto de equilibrio</b>	
Punto de equilibrio S/.	S/2.864.932,01
% punto de equilibrio	S/0,07
Punto de equilibrio unidades	S/643,08
<b>Inversión total del proyecto</b>	
Inversión fija	S/30.000,00
Capital de trabajo	S/8.480.481,79
<b>Total</b>	<b>S/8.510.481,79</b>
<b>Flujo de caja</b>	
Flujo neto de efectivo primer año	S/15.285.114,97

*Fuente: Elaboración propia.*

- **Evaluación Financiera**

*Tabla 39- Evaluación financiera.*

<b>Indicadores Financieros</b>	
<b>Rentabilidad</b>	179,60%
<b>Periodo de recuperación de capital</b>	06 meses
<b>Valor actual neto</b>	S/5.415.077,28
<b>Tasa interna de retorno</b>	80,2%
<b>Relación beneficio/costo</b>	2,42

*Fuente: Elaboración propia.*

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

La realización de un proyecto se basa en la evaluación técnica y económica del mismo, las cuales recopilan información necesaria para poder perfilar las necesidades técnicas y los costos estimados, y brindar así una visión final del proyecto.

En relación con los resultados obtenidos en las tablas 10 y 20, se muestra que la recuperación de oro llegará a un 84 %, utilizando procesos mixtos (gravimetría más cianuración). Estos resultados son satisfactorios debido a que con métodos clásicos se obtuvo dicha recuperación. Parga J., Carrillo (1995) obtuvo una recuperación de oro del 86% aplicando autoclaves con costos de tratamiento superiores al obtenido en las pruebas de laboratorio.

Con los resultados obtenidos de la prueba de recuperación por gravimetría, se resalta que el mejor equipo para recuperación es la mesa gravimetría WILFLEY (ver ilustración 15), llegando a los 37,97% de recuperación de Au. De los resultados obtenidos de las pruebas de cianuración, se corrobora que la concentración de cianuro al 0,13% da el más alto porcentaje de recuperación, siendo este de 46,15% de recuperación de Au, se relaciona también con su porcentaje de pase en malla -200 siendo el más elevado de todas las pruebas. Los resultados obtenidos son favorables, debido a que, con la unión de estos 2 métodos realizados en el laboratorio sería el más factible para la recuperación del oro desde el punto de vista metalúrgico. Chahuayo E., Alejandro A., (2012) concluyeron que el efecto del pretratamiento sulfuro alcalino, bajo condiciones diferentes en la extracción con cianuro de oro mejoro en un 49 % a 55 %, incrementando la concentración de Na<sub>2</sub>S en

concentraciones fijas de NaOH, y esto, llevo a un incremento en los costos para la recuperación.

Finalmente, con los resultados obtenidos en la evaluación económica, se procedió a establecer nuestros costos de proyecto, los cuales rondan los 1 300 000 dólares americanos, los que contiene la inversión inicial de aproximadamente de 10 000 dólares americanos, con los datos obtenidos se calculó el VAN y el TIR, logrando obtener resultados positivos en ambos, esto hace que el proyecto sea económicamente factible. León Oscanoa, G. (2006) menciona que, si el VANF es menor que el VANE, el nivel de rentabilidad del proyecto ha bajado por el financiamiento, si el TIRF es menor que la TIRE, indica que el financiamiento ha disminuido con la existencia de apalancamiento negativo, y esto llevaría a una no rentabilidad del proyecto.

## 4.2 Conclusiones

- 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.
- Las caracterizaciones de las especies mineralógicas reportan al oro con leyes que varían desde 1.00 g/TM hasta los 3.10 g/TM, con respecto a la plata, reportan leyes que van desde los 6.85 g/TM hasta 23.64 g/TM, los cuales están asociados con Arsénico a un 0.16%, con Antimonio a un 9 % y con Zinc a un 0.62 %.
- Se evaluó que el método más factible y adecuado para este tipo de mineral, en base a la evaluación realizada, es una prueba mixta, realizando la primera etapa, con la mesa gravimétrica Wilfley, logrando una recuperación de un 37.97 %, seguido con la cianuración a un 0.13 % en la cola, obteniendo una recuperación de un 46.15 %, así logramos obtener resultados metalúrgicos satisfactorios en cuanto a su recuperación con un 84 % de oro.
- En esta tesis se propuso un flujograma de un plan piloto, con todas las secuencias para el tratamiento del relave.
- 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, la información se presenta en la siguiente tabla.39

*Tabla 39- Evaluación financiera.*

<b>Indicadores Financieros</b>	
<b>Rentabilidad</b>	179,60%
<b>Periodo de recuperación de capital</b>	06 meses
<b>Valor actual neto</b>	S/5.415.077,28
<b>Tasa interna de retorno</b>	80,2%
<b>Relación beneficio/costo</b>	2,42

*Fuente: Elaboración propia.*

## REFERENCIAS

- Palomino y Ramos. (2008). Evaluación en la recuperación del oro y plata a partir de minerales sulfurados,  
<http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/2118>.
- Poveda, Córdova y otros. (2015). “La economía del oro”, Pág. 6-13.
- Coila. (2012). “Lixiviación de relaves oxidados de cobre y oro de la minera manuela Ate –Tacna”, <http://200.37.105.196:8080/handle/unjbg/136>.
- Van Horne, James y Wachowicz, John., 1992. “Fundamentos de Administración Financiera”. Pág. 400-401.
- Nafinsa. (1992). “Diplomado en el ciclo de vida de los proyectos de Inversión”. Pág. 219.
- Velásquez. (2018). “Estudio de factibilidad económica del sistema de extracción de mineral en el proyecto de profundización de la compañía Minera Río Chicama – unidad bumerang, La libertad 2018”.
- Brisbane. (2007). “Manual Talpac”. Pág. 3-5.
- C. Canepa. La Mineralogía del Oro y su Significación en Metalurgia. Tecsup Lima-Perú.1992.
- Rumbo Minero. (s.f.). Relaves Mineros: Optimizando la Gestión para una industria eco-amigable. Recuperado 13 julio, 2018, de Relaves Mineros: Optimizando la Gestión para una Industria eco-amigable.
- Servicio Nacional de Geología y Minería. (s.f.). Preguntas Frecuentes sobre Relaves. Recuperado 13 julio, 2018, de  
<http://www.sernageomin.cl/preguntas-frecuentes-sobre-relaves/>

- León Oscanoa, G. (2006). Análisis de inversión y rentabilidad de un proyecto aurífero a nivel de estudio de factibilidad. Maestría. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Soto Vilca, C. y Tarazona Yabar, N. (2016). Diseño, validación e implementación de una aplicación de acarreo en minería superficial. Título. Pontificia Universidad Católica Del Perú.
- Relave. (s.f.). Recuperado 15 junio, 2018, de <http://www.minmineria.gob.cl/glosario-minero-r/relave/>
- Urbina, M. (2016, 8 noviembre). Concentración Gravimétrica. Recuperado 7 mayo, 2018, de <https://es.scribd.com/doc/113645563/Concentracion-Gravimetrica>
- GOLD, I. C. O. N. (s.f.). iCON Gold Recovery: Recuperación de Oro, Concentradores Gravedad, Concentradores Centrífugos, Vibrante Pantallas, Sin Mercurio, Sin Cianuro, Plantas de Procesamiento de Minerales - Concentrador iCON i150. Recuperado 18 mayo, 2018, de <http://www.iconcentrator.com/espanol/concentrador-por-gravedad-icon-i150>
- Metallurgist (s.f.). Mesa Concentradora Wilfley. Recuperado 5 junio, 2018, de <https://www.911metallurgist.com/metallurgia/mesa-wilfley-concentradora-gravimetrica/>
- Khan Academy. (s.f.). Repaso de variables independientes y dependientes. Recuperado 17 mayo, 2018, de <https://es.khanacademy.org/math/pre-algebra/pre-algebra-equations-expressions/pre-algebra-dependent-independent/a/dependent-and-independent-variables-review>.

## ANEXOS

### Anexo 1. Reporte metalúrgico de pruebas de gravimetría

Muestra	Au (gr/TM)	Ag (Oz/TM)

*Fuente: Laboratorio de Metalurgia Universidad Nacional de Trujillo.2018.*

## Anexo 2. Reportes de análisis químico de la muestra

Identificación de la muestra	Elementos							
Relave								

*Fuente: Laboratorio Metalúrgico Gold Min*

### Anexo 3. Reporte de análisis Granulométrico.

N° de malla	Abertura (um)	Peso retenido (gr)	Peso retenido (%)	Peso retenido acumulado (%)	Peso pasante acumulado (%)
Bandeja					

**Anexo 4. Reporte de balance metalúrgico de recuperación de oro ICON i150.**

Especie mineral	Peso (kg)	Ley Au (gr/TM)	Contenido metálico Au (mg)	Distribución Au (%)
Cabeza mineral				
Concentrado de ICON i150				
Relave de ICON i150				
Cabeza calculada				

Ratio de concentración en ICON i150	
Recuperación total de Au (%)	

*Fuente: Reporte de prueba Gravimetrica del laboratorio metalurgico de la Universidad Nacional de Trujillo.*

**Anexos 5. Reporte de balance metalúrgico de recuperación de oro en mesa WILFLEY.**

Especie mineral	Peso (kg)	Ley Au (gr/TM)	Contenido metálico Au (mg)	Distribución Au
Cabeza mineral				
Concentrado mesa				
Medios mesa				
Relave de mesa				
Cabeza calculada				
Ratio de mesa				

Recuperación de Au en conc.	
Recuperación de Au medios	
Recuperación total de Au (%)	

*Fuente: Reporte de prueba Gravimetrica del laboratorio metalurgico de la Universidad Nacional de Trujillo.*

### Anexo 6. Pruebas de Cianuración.

Hora	ml AgNO <sub>3</sub> gastados	% NaCN	g NaCN agregados	PH	g d cal agregados	observaciones

*Fuente: Reporte de prueba de cianuración laboratorio de metalurgia de la  
Universidad Nacional de Trujillo.*

### Anexo 7. Reporte de pruebas de cianuración.

Mineral	Peso (kg)	Ley		Contenido		% de recuperación	
		Au (g/TM)	Ag (oz/TM)	Au (g)	Ag (g)	Au	Ag
Cabeza							
Relave							

*Fuente: Reporte de prueba de cianuración laboratorio de metalurgia de la Universidad Nacional de Trujillo.*

### Anexo 8. Depreciación de activos.

<b>activo fino de producci ón</b>	<b>Unidad es</b>	<b>Costo Unitari o</b>	<b>Año s de vida útil</b>	<b>Tasa de depreciaci ón</b>	<b>Depreciaci ón anual</b>	<b>Valor residu al</b>
<b>Total</b>						

*Fuente: Elaboración propia.*

### Anexo 9. Flujo de caja.

Rubro	AÑOS		
Ingresos por ventas			
(+) Valor residual			
(-) Costos de producción			
(-) Gastos de administración			
(-) Gastos de comercialización			
Costo de operación			
(-) Depreciación			
(-) I.G.V. (18%)			
<b>Utilidad Bruta</b>			
(-) Interés deuda			
(-) Inversión fija			
(-) Activos diferidos			
(+) Préstamo bancario			
(-) Amortización deuda			
<b>Utilidad antes de impuestos</b>			
(-) Participación Trabajadores (8%)			
(-) Impuesto a la Renta -30%			
<b>Flujo neto de efectivo</b>			

*Fuente: Elaboración propia.*

**Anexo 10. VAN.**

<b>Periodos</b>	<b>inversión Inicial</b>	<b>Flujo de caja</b>	<b>VA</b>
Total VA			
<b>VAN</b>			

*Fuente: Elaboración propia.*

**Anexo 11. TIR.**

Periodos	inversión	Flujo de caja	VA	TIR
Total VA				
VAN				
TIR				

*Fuente: Elaboración propia.*

## **Anexo 12. Plano de muestreo cancha de relave 1**

### **Anexo 13. Plano de muestreo cancha de relave 2.**

#### **Anexos 14. Calculo de área y volumen mediante AutoCAD v. 2019- Español.**

----- CANCHA DE RELAVE 1 -----

ÁREA: 3458.00 m<sup>2</sup>

PERÍMETRO: 237.16 ml

MASA: 47759.7790

VOLUMEN: 47759.7790 m<sup>3</sup>

----- CANCHA DE RELAVE 1 -----

ÁREA: 1523.50 m<sup>2</sup>

PERÍMETRO: 166.98 ml

MASA: 17103.4120

VOLUMEN: 17103.4120 m<sup>3</sup>

*Fuente: Elaboración propia.*

## **Anexo 15. Reporte metalúrgico para las pruebas de lixiviación.**

### Fotografía N°1. Cancha de relaves 1- Empozada.



En la fotografía N° 1, se observa la cancha de relaves 1, la cual se encuentra empozada por agua debido a la temporada de lluvias.

*Fuente: Elaboración propia.*

### Fotografía N°2. Cancha de relave 1- Seca.



En la fotografía N° 2, se observa la cancha de relaves 1, la cual se encuentra seca, debido a la temporada de bajas lluvias en la zona.

*Fuente: Elaboración propia.*

### Fotografía N°3- Cancha de relave 2.



En la fotografía N° 3, se observa la cancha de relaves 1, la cual se encuentra seca, debido a la temporada de bajas lluvias en la zona.

*Fuente: Elaboración propia.*

#### Fotografía N°4- Medición de malla de muestreo.



En la fotografía N° 4, se observa el procedimiento de medición para la malla de muestreo y la posterior realización de calicatas.

*Fuente: Elaboración propia.*

### Fotografía N°5- Realización de calicatas



En la fotografía N° 5, se observa al personal de la empresa realizando las calicatas correspondientes a la malla de muestreo.

*Fuente: Elaboración propia.*

### Fotografía N°6- Calicatas.



En la fotografía N° 6, se observa a la calicata terminada, lista para la extracción de la muestra.

*Fuente: Elaboración propia.*

**Fotografía N°7- Cuarteo de muestra.**



En la fotografía N° 7, se observa la realización del coneo o cuarteo, para la selección de muestra la cual será enviada a laboratorio.

*Fuente: Elaboración propia.*