

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



TESIS

Evaluación de flotación a nivel de planta con colectores secundarios para mejorar la recuperación de plata en la Unidad Minera Recuperada – Huachocolpa – Huancavelica - 2019

Para optar el título profesional de

Ingeniero Metalurgista

Autor: Bach. Leonardo Diego AVILA HUARINGA

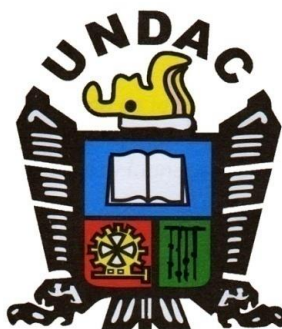
Asesor: Mg. Rubén Edgar PALOMINO ISIDRO

Cerro de Pasco – Perú 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



TESIS

Evaluación de flotación a nivel de planta con colectores secundarios para mejorar la recuperación de plata en la Unidad Minera Recuperada – Huachocolpa – Huancavelica - 2019

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Antonio Florencio BLAS ARAUCO
PRESIDENTE

Dr. Eduardo Jesús MAYORCA BALDOCEDA
MIEMBRO

Mg. Ramiro SIUCE BONIFACIO

MIEMBRO

DEDICATORIA

El presente trabajo de Investigación está dedicado a Dios porque es la máxima expresión de nuestra fe y la luz que ilumina nuestro camino, él supo guiarme, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a enfrentar las adversidades con amor y respeto.

A mis seres queridos, mis padres, mis hermanos, quienes me despiertan las ansias para lograr el grado del éxito.

RECONOCIMIENTO

Mi gratitud a mi alma mater, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión; a toda la plana docente de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Metalúrgica por sus sabias enseñanzas en mi formación profesional y a todos los docentes que me inculcaron para la culminación del presente trabajo de tesis. Gracias.

RESUMEN

La recuperación de plata satisface de gran manera el valor del concentrado de plomo, es ahí que la investigación para alcanzar mayores recuperaciones brinda herramientas de recolección, análisis e interpretación de datos. En un inicio se realizó balances metalúrgicos teniendo como prioridad la recuperación de plata y plomo; ya que están involucrados mineralógicamente. Tanto la plata como el plomo constituyen un solo producto en la comercialización, este indicativo nos lleva a estudiar no solo el comportamiento de la plata; sino también del plomo. El análisis de gráficas y tablas estadísticas, ayudó a predecir lo que ocurre en el proceso cuando evaluamos los colectores AEROFLOAT 242, AEROPHINE 3418 y ambas añadidas al proceso. Los resultados expuestos verificarán si existe una diferencia significativa en la recuperación al usar mínimas o máximas dosificaciones, indicando también el uso individual o colectivo en el proceso.

Palabras claves: Dosificación, colectores, hidrofóbicas, flotación.

ABSTRACT

The recovery of silver greatly satisfies the value of the lead concentrate, which is why research to achieve greater recoveries provides tools for data collection, analysis and interpretation. Initially, metallurgical balances were carried out with the priority of recovering silver and lead; since they are mineralogically involved. Both silver and lead constitute a single product in commercialization, this indicative leads us to study not only the behavior of silver; but also of lead. The analysis of graphs and statistical tables, helped to predict what happens in the process when we evaluate the AEROFLOAT 242, AEROPHINE 3418 collectors and both added to the process. The exposed results will verify if there is a significant difference in recovery when using minimum or maximum dosages, also indicating the individual or collective use in the process.

Keywords: Dosage, collectors, hydrophobic, flotation.

INTRODUCCIÓN

La investigación, con el respaldo de los métodos experimentales, permitió evaluar dificultades que se presentan en el campo Metalúrgico. Las estadísticas complementan estas evaluaciones con la data recolectada durante toda la investigación en campo; la estadística fue evaluada con el software MINITAB 18, y así verificar mediante graficas el comportamiento del proceso en la Planta Concentradora Recuperada.

Los resultados obtenidos son comparados, entre un antes y un después de haber realizado la experimentación a nivel Planta. Los KPI's y estándares no fueron ajenos a la evaluación, pues se tuvo que realizar la investigación sin perjudicar ambos parámetros de mejora continua.

INDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

LISTA DE TABLAS

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1. Delimitación teórica.....	2
1.2.2. Delimitación espacial.....	2
1.2.3. Delimitación temporal	2
1.3. Formulación del problema.....	3
1.3.1. Problema general.	3
1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4. Formulación de objetivos	3
1.4.1. Objetivo generale.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Justificación de la investigación	4
1.6. Limitaciones de la investigación	5

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	6
2.1.1. Antecedentes de la investigación a nivel internacional.....	6
2.1.2. Antecedentes de la investigación a nivel nacional.....	7
2.2. Base teórica – científicas	7
2.2.1. La plata.....	7
2.2.2. Minerales de plata.....	8
2.2.3. Definición de flotación.....	9
2.2.4. Fundamentos de flotación.....	9
2.2.5. Elementos de la flotación.....	10
2.2.6. Termodinamica de la flotación.....	10
2.2.7. Objetivos del equipo de flotación.....	11
2.2.8. Proceso de flotación.....	12
2.2.9. Colectores.....	13
2.2.10. Flotación de minerales de plata.....	15
2.3. Definición de términos básicos.....	17
2.4. Formulación de hipótesis	18
2.4.1. Hipótesis general	18
2.4.2. Hipótesis específicas.....	18
2.5. Identificación de variables	19
2.5.1. Variable independiente.....	19
2.5.2. Variable dependiente.....	19
2.5.3. Variable interviniente.....	19
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	20

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	21
3.2. Método de investigación.....	21
3.3. Diseño de la investigación	22
3.3.1. Diseño experimental.....	23
3.4. Población y muestra.....	24
3.4.1. Población.....	24
3.4.2. Muestra.....	25
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	26
3.6.1. Técnica de procesamiento de datos.....	26
3.6.2. Técnica de analisis de datos.....	27
3.7. Tratamiento estadístico	27
3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación...	27
3.9. Orientación ética.....	28

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	29
4.1.1. Prueba en circuito de molienda.....	29
4.1.2. Prueba en circuito de flotación.....	31
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	32
4.2.1. ANOVA de un factor:Rec. Ag vs. Reactivo.....	41
4.2.2. Limitantes del consumo de reactivo.....	45
4.2.3. Optimización del consumo de reactivo.....	46

4.2.4. Optimización de reactivos.....	47
4.3. Prueba de hipótesis	49
4.4. Discusión de resultados	50

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: CARACTERÍSTICAS DE LOS REACTIVOS QUE SE TIENEN EN PLANTA.....	15
TABLA 2: LEYES PROMEDIO DEPOSITADOS EN CANCHA DE MINERAL	25
TABLA 3: RESULTADO DE ANÁLISIS DE MALLA VALORADA	30
TABLA 4: DOSIFICACIÓN Y CONSUMO DE COLECTORES (AEROFLOAT 242 - AEROPHINE 3418).	33
TABLA 5: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS QUÍMICOS, DEL MUESTRO EN PLANTA.....	34
TABLA 6: DÍAS Y HORAS DE MUESTREO DE PULPA QUE INGRESA A FLOTACIÓN, RELAVE, CONCENTRADOS DE PLOMO Y ZINC	35
TABLA 7: INFORME ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO.....	37
TABLA 8: INFORME ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO.....	39
TABLA 9: INFORME ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO.....	40
TABLA 10: INFORME DEL FACTOR	41
TABLA 11: ANÁLISIS DE VARIANZA	41
TABLA 12: ANÁLISIS DE VARIANZA POR CONSUMO.....	43
TABLA 13: RESUMEN DEL MODELO.....	43
TABLA 14:COEFICIENTE DE CODIFICACIÓN	43
TABLA 15:PARÁMETROS.....	47
TABLA 16:RANGOS VARIABLES	47
TABLA 17:VARIABLES INICIALES	47
TABLA 18:SOLUCIÓN	47
TABLA 19:RESUMEN.....	47

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: RELACIÓN ENTRE POBLACIÓN Y MUESTRA	24
FIGURA 2: CORRELACIÓN DE VARIABLES QUE PODRÍAN AFECTAR A LA RECUPERACIÓN DE PLATA RELACIONADA AL PLOMO.....	36
FIGURA 3: RELACIÓN DE RECUPERACIÓN DE PLATA VS. PLATA EN EL CONCENTRADO DE PLOMO.	37
FIGURA 4: RELACIÓN DE RECUPERACIÓN DE PLATA VS. RECUPERACIÓN DE PLOMO...	38
FIGURA 5: RELACIÓN DE RECUPERACIÓN DE PLATA VS. RECUPERACIÓN DE PLOMO POR REACTIVO.....	40
FIGURA 6: INTERVALOS DE REC. AG VS REACTIVO.....	42
FIGURA 7: PARETO DE EFECTOS ESTANDARIZADOS	44
FIGURA 8: MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE LIMITANTE.....	45
FIGURA 9: EVALUACIÓN DE LIMITANTE %Zn EN Pb	46
FIGURA 10:EL ÓPTIMO PARA ALCANZAR 88,91% DE RECUPERACIÓN DE PLATA.....	48
FIGURA 11:CONTORNO DONDE HAY MAS POSIBILIDADES E RECUPERACIÓN DE PLATA	48
FIGURA 12:COMPORTAMIENTO DE LOS REACTIVOS DE ACUERDO A UN HISTOGRAMA.....	49
FIGURA 13:DISTRIBUCIÓN F PARA RATIFICAR LA TABLA 12.....	50

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Estudio realizado en la UNIDAD MINERA RECUPERADA, que procesa minerales polimetálicos con una capacidad limitada de 250 TMSD; alcanzando 600 TMSD, en su máxima capacidad, cuando el molino de barras este operativo. Las expectativas que se tuvo para mejorar la recuperación de plata como subproducto en el concentrado de plomo, evaluando colectores secundarios, indicaban que la plata en el concentrado de plomo no alcanzaba las recuperaciones pronosticadas de 2177 g/T a 2488 g/T; sino por el contrario estaban entre 1555 g/T a 2021 g/T.

La mena contenía óxidos en bajas cantidades, lo que descarta de inmediato la posibilidad de tener minerales poco flotables, es así que el punto de investigación nos lleva a evaluar colectores secundarios para mejorar las recuperaciones de plata en la unidad minera. Para ello se evaluará si el AEROFLOAT 242, el AEROPHINE 3418 o la adición de ambos sea la mejor alternativa para elevar la recuperación del metal precioso.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación teórica

Para el desarrollo de la presente tesis se tomó en cuenta los aspectos teóricos de flotación directa del Pb-Ag, para la evaluación con los reactivos de flotación, para lo cual era fundamentalmente la evaluación de la mezcla de colectores Aerofloat 242 + Aerophine 2418, desde el punto de vista de sus propiedades fisicoquímicas.

1.2.2. Delimitación espacial

La Unidad Minera Recuperada, se encuentra ubicada con una latitud, -13.1167 y longitud, -74.9667, en el:

Departamento : Huancavelica
Provincia : Huancavelica
Distrito : Huachocolpa



1.2.3. Delimitación temporal.

El desarrollo de la tesis se realizó durante el año 2019, usando el método teórico y experimental.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera influye la evaluación de la flotación con colectores secundarios para mejorar la recuperación de plata en la Unidad Minera “Recuperada” – Huachocolpa – Huancavelica - 2019?

1.3.2. Problemas específicos

1. ¿Cómo es la dosificación del AEROFLOAT 242 para mejorar la recuperación de plata?
2. ¿En qué medida el colector secundario AEROPHINE 3418 puede mejorar la recuperación de plata?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Comprobar la evaluación de la flotación con colectores secundarios para mejorar la recuperación de plata en la Unidad Minera “Recuperada” – Huachocolpa - Huancavelica-2019

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Establecer la dosificación del AEROFLOAT 242 para mejorar la recuperación de plata.
- b. Determinar la dosificación del colector secundario AEROPHINE 3418 para mejorar la recuperación de plata.

1.5. Justificación de la investigación

Justificar, significa explicar las razones o la utilidad, los beneficios y la importancia que tendrá el resultado de la investigación, para la sociedad y esferas intelectuales.

Para su redacción responder a las preguntas siguientes:

¿Por qué se investiga?

¿Para qué se investiga?

¿A quiénes pudiera beneficiar?

Al responder las preguntas, habrá muchas razones fundamentadas: Justificación práctica, socioeconómica, tecnológica y metodológica.

La presente investigación se realizará porque existe la necesidad de recuperar la plata mediante la flotación directa haciendo uso de colectores secundarios, porque se pierde una buena cantidad del mineral precioso en el relave, el resultado favorecerá mayor ingreso económico a la empresa y la comunidad.

En consecuencia, buscar alternativas de solución en el campo de la Metalurgia debe ser la mejor estrategia de afrontar los diversos problemas que se dan en la Planta Concentradora. La investigación nos dará como respuesta la mejora de la recuperación de la plata, usando colectores secundarios; en el momento de la prueba se monitoreará en forma adecuada los factores más importantes del proceso de flotación, en seguida se rellenarán los datos en una hoja de cálculo para la evaluación metalúrgica de los colectores en prueba.

El presente proyecto de **investigación científica** es importante, porque nos permitirá mejorar el tratamiento mineralúrgico de la plata controlando a los factores más importantes del proceso en estudio, relacionando a las variables

causa-efecto, cuyo resultado beneficiará a la empresa y a la comunidad en general.

Además, el presente estudio de investigación tiene como finalidad conocer la relación o la asociación del colector secundario con los demás factores del proceso de flotación.

En consecuencia, los resultados alcanzados aportarán a la empresa económicamente; la existencia del metal precioso (plata) en el concentrado de plomo, los precios del concentrado de plomo se incrementarán significativamente y el alcance de dichos datos se podría repercutir en diferentes unidades minerales de pequeña y mediana minería.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones, son:

- Recursos económicos, para realizar ensayos microscópicos e identificar los elementos relacionados a los minerales en tratamiento.
- Instrumentos de máxima precisión para la toma de muestra. (cortadores automáticos).
- Permisos de la organización para el tratamiento de datos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes de la investigación a nivel internacional

Eulate (2012); “Mejoramiento de la recuperación de plata de los minerales de mina Poopó”; afirma que el mineral de la mina Poopó es considerada la más compleja, por el alto contenido de zinc y plata. Esto se refleja en la muestra de recuperación de plata en el concentrado de plomo que es 25,59% con 5 884 g/t de plata, la recuperación de plata en el concentrado de zinc es 46,80% con 462 g/t.

El valor económico de plata en el concentrado de zinc no es favorable, en comparación de producir concentrado de plomo – plata con alto contenido de plata.

Ya que el análisis químico del mineral indicaba que el contenido de zinc y plata son superiores al de plomo; se afirma que tendríamos que flotar plata con contenido de plomo. En la investigación se realizó pruebas a nivel laboratorio y planta para evaluar la recuperación de plata, se usó

como colector AEROPHINE 3418. Luego de seis campañas se lograron resultados favorables alcanzando recuperaciones de 42,32%.

2.1.2. Antecedentes de la investigación a nivel nacional

Vila (2013); “Pruebas de flotación a nivel experimental con reactivos colectores para sustituir al AEROPHINE 3406 en la empresa minera DOE RUN PERÚ – COBRIZA”, Tesis de Grado Huancayo – Perú 2013; manifiesta que en su investigación acerca de la evaluación de distintos tipos de colectores para la recuperación de cobre y plata, desde los inicios de la Planta Concentradora “Pampa de Coris”; en el año 1982, se usó como colector el AEROPHINE 3418; después sustituido por el AEROPHINE 3406.

La propuesta de esta investigación fue buscar otro colector secundario que mejore o cumpla las mismas características en cuanto a la recuperación de plata y cobre; al mismo tiempo bajando el costo operativo. En la evaluación se encontró que 6 colectores cuyo valor económico era (1,50 \$ - kilo); menos que el AEROPHINE 3406, brindarían los mismos beneficios y a menor costo operativo.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. La Plata

La plata ha sido un activo multifacético a largo de la historia; es uno de los siete metales conocidos desde la antigüedad, se menciona en el libro del Génesis. Se constató como un metal libre y fácilmente trabajado en forma útil, ampliamente utilizado por el hombre desde sus principios; los montones de escoria hallados en Asia Menor e islas del mar Egeo, indican que el metal comenzó a separarse del plomo al menos cuatro

milenios antes de nuestra era. Su nombre proviene de una evolución del adjetivo "*plattus*", procedente del latín medieval, significando "ancho, aplanado" y posteriormente "lámina metálica", se utilizó para nombrar los lingotes del metal que los romanos habían llamado "*argentum*" (el origen del símbolo Ag). (Hernández & Silva,s.f.,p.30)

2.2.2. Minerales de plata.

Generalmente la plata está asociada con el oro, también lo encontramos con el cobre, plomo, y en menor medida a otros sulfuros metálicos. Otros minerales importantes de plata son la argentita, polibasita, proustita, pirargirita, estefanita y tetraedrita, la mayor reactividad de la plata frente a los procesos, afecta particularmente el comportamiento del oro en flotación, lixiviación y en procesos subsiguientes de recuperación. (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2015, p.45)

Aunque la plata es el metal noble más activo químicamente, no es muy activa comparada con la mayor parte de los otros metales. No se oxida fácilmente (como el hierro), pero reacciona con el azufre o el sulfuro de hidrógeno para formar la conocida plata deslustrada. La plata no reacciona con ácidos diluidos no oxidantes (ácidos clorhídrico o sulfúrico) ni con bases fuertes (hidróxido de sodio); sin embargo, los ácidos oxidantes (ácido nítrico o ácido sulfúrico concentrado) la disuelven. Aunque la plata no se oxida cuando se calienta, puede ser oxidada química o electrolíticamente para formar óxido o peróxido de plata, un agente oxidante poderoso

La plata es un elemento escaso en la naturaleza, de la que representa una parte en 10 millones en la corteza terrestre. Se puede encontrar en estado nativo, aunque generalmente se encuentra en minerales que contienen compuestos de plata, como con azufre (argentita, Ag_2S), arsénico (proustita, Ag_3AsS_3), antimonio (pirargirita, Ag_3SbS_3) o cloro (plata córnea, AgCl) siendo sulfuros y sulfosales su forma principal, la mayor parte de su producción aproximadamente las tres cuartas partes se obtiene como un subproducto, sobre todo del cobre y plomo. La plata pura es un metal moderadamente suave, un poco más duro que el oro; cuando se pule adquiere un lustre brillante y refleja el 95% de la luz que incide sobre ella. Su densidad es 10,5 veces la del agua. La calidad de la plata, así como su pureza, se expresa como partes de plata pura por cada 1 000 partes del metal total. La plata comercial tiene una pureza del 99,9 % (ley 0,999). Es más pesado que el cobre y menos que el plomo.

2.2.3. Definición de Flotación

La flotación es un proceso de separación de materiales de distinto origen que se efectúa de sus pulpas acuosas por medio de burbujas de gas y a base de sus propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas. Es la individualización de especies representadas antes por una mezcla. (Sutulov, 1963, p.13)

2.2.4. Fundamentos de flotación.

Los conceptos fundamentales para el procesamiento por flotación de la plata, se tomó en cuenta a los siguientes considerandos:

La flotación por espumas es un proceso físico - químico de la concentración de minerales finamente molidos. El proceso comprende el tratamiento químico de una pulpa de mineral a fin de crear condiciones favorables para la adhesión de ciertas partículas de minerales a las burbujas de aire. (Unidad Minera Yauliyacu – Planta Concentradora, 2004, p.4)

2.2.5. Elementos de la flotación

Según lo entendido, en la flotación existen tres fases: solida, liquida y gaseosa. La fase solida está representada por los minerales a separar. La fase liquida es el agua, que debido a sus propiedades específicas constituye un medio ideal para las separaciones, el requisito fundamental debe ser agua tratada. Antes de la aplicación en el proceso se preparan hasta en 40% de sólidos en la etapa anterior a la flotación.

El gas utilizado es el aire que es inyectado a la pulpa, con un sistema mecánico o neumático, para formar las burbujas estables mediante los espumantes; en estas se adhieren las partículas sólidas y se elevan a través de la pulpa hacia las espumas y rebozar por los labios de la celda de flotación

2.2.6. Termodinámica de la flotación.

En el proceso de flotación por espumas, para la adhesión entre una burbuja y el mineral pulverizado, deben cumplirse ciertas condiciones termodinámicas e hidrodinámicas.

“Durante la adhesión hay un efecto cinético importante. Hay un tiempo mínimo necesario para que ocurra una adhesión estable, llamado tiempo de inducción”. (Pavez, s.f., p.11)

2.2.7. Objetivos del equipo de flotación

La celda de flotación es un equipo para separar materiales heterogéneos, en un sistema multicomponente y multifase. El equipo de flotación debe considerar dos etapas:

a. Formación del agregado partícula – burbuja (colección)

Esta etapa corresponde a la captura selectiva de las partículas. Las partículas de diferentes especies se unen a las burbujas a diferente velocidad, mientras mayor es la diferencia entre la velocidad de colección del componente de interés y la ganga, más selectiva es la separación. Los mecanismos de captura incluyen la colisión entre partículas de mineral y burbujas, la precipitación (cavitación) de gas en las partículas o ambos.

b. Transporte de burbujas (separación)

Esta etapa corresponde a la separación del agregado burbuja – partícula desde la pulpa para formar un lecho de espuma, el cual rebalsa desde la celda para obtener un producto concentrado.

En la práctica, la separación no es perfecta por las siguientes razones:

- Las partículas sólidas también entran en las espumas por arrastre mecánico o hidráulico.

- Parte del líquido entre las burbujas en la espuma retorna a la pulpa acarreado parte del sólido originalmente arrastrado.
- Retorno de partículas flotables por coalescencia o colapso de burbujas en la espuma.

En general, las celdas comerciales no son ideales ni muy eficientes en cuanto a la formación y la remoción de la espuma. (Yianatos, 2015, p.31)

2.2.8. Proceso de Flotación

En el proceso de flotación se pueden distinguir dos características básicas:

- **Química del proceso**

Determina la máxima recuperación y selectividad posible en una aplicación, y depende de:

- a. Tipo y dosificación de reactivos.
- b. La química de superficies de las partículas cubiertas con colector.
- c. El grado de liberación de las partículas de mineral.

- **Cinética del proceso**

Determinará la recuperación y selectividad de la plata, que se alcanza su aplicación a nivel industrial (Yianatos, 2015,p.30). La cinética del proceso posee las siguientes características:

- a. Representa la velocidad de producción de concentrado.
- b. Permite el cálculo de equipos de flotación y el diseño de arreglos de circuitos.

En general, la cinética no se puede considerar en forma aislada de la química. La adición de reactivos altera también la velocidad para efectuar la separación. Sin embargo, es conveniente mirarlos como problemas separados.

En muchos casos bastará un enfoque macroscópico, pero no se podrá extrapolar fuera de las condiciones en que fue determinado.

2.2.9. Colectores

Compuestos orgánicos activos interfaz solido – liquido, hacen que los minerales seleccionados sean repelentes al agua. Considerados como surfactantes que son adicionados a la pulpa y se permite el tiempo para la adsorción durante la agitación (tiempo de acondicionamiento).

Existen colectores no ionizantes, representados por hidrocarburos, fracciones del petróleo, son insolubles en agua, significa que son fuertemente hidrofóbicos; también se tienen colectores heteropolares o ionizantes, son solubles en agua, por tener un grupo hidrocarburo (no polares) y un grupo polar que reacciona con la superficie de los minerales.

a. Colectores polares.

El grupo polar es el grupo funcional (o reactivo) y es a través de este grupo donde se produce la reacción química con la superficie mineral. Existe colectores ionizantes del tipo aniónico y catiónico. En el presente caso se usó a los promotores aniónicos, llamados AEROFLOAT 242 y AEROPHINE 3418

Usos y aplicaciones

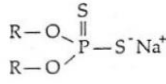
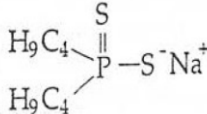
- Se usa en pequeñas cantidades.
- Aumento de la concentración incrementa los costos, además tiende a flotar otros minerales, reduciendo la selectividad.
- Si las dosificaciones son excesivas flota todo tipo de mineral, también provoca problemas de la estabilidad de espumas (inmovilidad hasta colapso).
- Puede inducir agrupación de burbujas en la pulpa, conjunto de burbujas unidas por partículas, atrapando gangas.

b. Colectores de minerales sulfurados

Para las pruebas experimentales se usarán a los colectores sulfhídricos: xantatos, ditiofosfatos, carbamatos y ditiofosfinatos (Adama, 2018, p.17-20), ver Tabla 1; cuyas características son:

- Xantatos; tiores más importantes, solubles en agua y estables en medio alcalino con bajo costo.
- Ditiofosfatos; también denominado aerofloats, son esteres secundarios del ácido ditiofosfórico, se pueden usar solos sin la necesidad de diluirlos.
- Carbamatos; más estables que los xantatos y ditiofosfatos en mayor rango de pH.
- Ditiofosfinatos; excelente colector para metales preciosos, metales del grupo platino galena y sulfuros de cobre.

Tabla 1
Características de los Reactivos que se Tienen en Planta

Nombre Comercial	Nombre Químico	Fabricante	Afinidad (certificada por Cytec)	Estructura Química
AEROFLOAT 242	DialquilDitiofosfato	Cytec	Usado para la flotación de Pb, Pb/Zn, Cu/Pb y Cu/Pb/Zn; mejora la recuperación de plata en estos minerales.	 <p><i>Dialquil Ditiofosfato</i></p>
AEROPHINE 3418	DialquilDitiofosfinato	Cytec	Usado para la flotación de Cu y minerales activos de Zn; excelente colector para metales preciosos.	

Nota. Se debe tomar en cuenta la afinidad de cada colector para los distintos metales. Fuente: Elaboración propia

2.2.10. Flotación de minerales de plata

“En la flotación plomo-plata, se ha establecido como reactivos principales al aerophine 3418 y el aerofloat 242, y como secundario el aeropromother 208. Se usa MIBC como espumante, el pH de la pulpa es 8,5”. (Jiménez, López, Yana & Velásquez, s.f., p.4)

Los minerales más comunes que contienen plata recuperada por flotación son la galena argentífera, plata nativa, argentita (Ag₂S) y tetraedrita (Cu,Fe,Ag)Sb₄S₃).

A menudo estos minerales flotan con el metal base tal como sulfuros de cobre y plomo o estos minerales son el objetivo principal (tetraedrita).

Arilo (base cresilica o base fenilo) y ditiofosfatos de base alquilo mejoran la recuperación de minerales de plata libre y la mineralización no asociada con minerales de sulfuro de un específico metal base. La

respuesta de flotación de los minerales de plata es normalmente mejor a un pH natural ya que la cal tiende a deprimir los minerales de plata en flotación.

Se sugiere el uso de cenizas de sosa para elevar el pH como un modificador alternativo del pH. El ditiofosfato de alquilo es usado cuando se requiere alta selectividad de mineral de plata.

Cuando la plata está asociada con minerales de sulfuros metálicos, prácticas normales de flotación usadas para flotación de sulfuros específicos también recuperarán valores de plata. (DANAFLOAT, 2019)

Por lo tanto, considerando a los ítems anteriores, en síntesis, mayormente la plata está asociada con los sulfuros de metales básicos, tales como: cobre, plomo, plomo-zinc y cobre-plomo-zinc. El contenido de este metal precioso varía desde un porcentaje menor hasta un constituyente mayoritario. La elección de los reactivos de flotación debe ser en forma cuidadosa tales como: colectores, espumantes, agentes reguladores y depresores, son de gran importancia en la flotación de estos minerales portadores del metal precioso.

Además, estos reactivos deben ser evaluados constantemente para poder mejorar u optimizar el procesamiento de los minerales metálicos que lo contienen a la plata.

Después de la investigación preliminar o diagnóstico se determinó a los colectores secundarios, que se controlarán durante el procesamiento del plomo que contiene plata, son:

- Aerofloat 242
- Aerophine 3418

2.3. Definición de términos básicos

Hidrofóbico: En el campo de la Metalurgia se le llama hidrofóbico a aquella partícula que es repelida por el agua, y que no se puede mezclar con ella; esta característica es dada por un reactivo en específico o es propia de la partícula.

Hidrofilico: A diferencia del término anterior, la partícula acepta al agua como un medio; no necesariamente esta deba ser soluble y adopta las características necesarias para aceptar el medio acuoso.

Tratamiento: es una de las modalidades o niveles que puede tomar un factor en estudio, por ejemplo, las variedades por ensayar en un experimento de campo.

Unidad Experimental: es la unidad básica más elemental que se emplea para experimentar; sobre las unidades se experimentales se aplican los tratamientos que son objeto de investigación.

Bloque: es un conjunto de unidades experimentales más o menos homogéneas, cuyo objetivo es eliminar la variabilidad del material experimental.

Repetición: es el número de veces que se repite el experimento básico.

Aleatorización: es el proceso de asignación de los tratamientos a las unidades experimentales, sin que intervenga para ello la voluntad del investigador, aleatoriamente.

Balanceo: es la asignación de igual número de unidades experimentales por tratamiento. Su uso aumenta la precisión del ensayo.

Control Local: es el conjunto de estrategias que permiten lograr la reducción de la varianza del error experimental.

Agrupamiento: es una estrategia para reducir el error experimental que consiste en colocar unidades experimentales homogéneas dentro de cada grupo.

Sensibilidad: es la capacidad que tiene el diseño experimental de detectar pequeñas diferencias entre los tratamientos, por pequeñas que estas sean.

Ortogonalidad: es la independencia entre tratamientos o efectos de tratamientos.

Eficiencia: es la comparación entre las varianzas del error de dos o más diseños experimentales, para expresar mediante este criterio cuál de los dos es más eficiente.

Confundido: es una estrategia para reducir el error experimental y permitir el menor uso de unidades experimentales en algunos diseños. Consiste en confundir unos factores con otros para utilizar menor número de unidades experimentales.

Variable Respuesta: es la medición de la respuesta de los tratamientos conocida como variable dependiente.

Variable independiente: es el conjunto de factores cuyo efecto sobre la variable dependiente se desea medir.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La evaluación de la flotación con colectores secundarios influye directamente a la recuperación de plata en la Unidad Minera “Recuperada” – Huachocolpa - Huancavelica-2019

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. La dosificación controlada del aerofloat 242 es predominante para mejorar la recuperación de plata.
- b. El colector secundario aerophine 3418 es asistente culminante para mejorar la recuperación de plata.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Flotación con colectores secundarios

2.5.2. Variable dependiente

Mejorar la recuperación de plata

2.5.3. Variables intervinientes

Son conocidos como factores perturbadores, son las que influyen significativamente en la relación de la variable independiente con la variable dependiente, estos factores intervinientes no pueden ser controlados, además, son los factores que no son considerados como causa, tampoco como efecto

Estos indicadores dañinos serán controlados parcialmente mediante los diseños experimentales.

Los perturbadores más comunes en el campo de la metalurgia extractiva son:

- Ley de cabeza
- Flujo de alimentación
- Granulometría del mineral
- Mineralogía del mineral

- Composición del agua
- Modificación constante de las superficies del mineral

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Es el resultado de la técnica documental y de las investigaciones de diagnóstico o corridas experimentales preliminares o de diagnóstico, que sirven para las formulaciones de los problemas; objetivos e hipótesis específicos respectivamente, son:

- AEROFLOAT 242
- AEROPHINE 3418

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipos de investigación

El tipo de investigación de acuerdo al fin que se persigue en la presente tesis es la *Investigación Aplicativa*, que significa resolver problemas prácticos.

Este tipo de investigación también recibe el nombre de práctica, activa, dinámica o empírica que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, se encuentra estrechamente vinculada a la investigación básica con el marco teórico, para resolver problemas concretos con aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías. (Rivero, 2008, p.20)

3.2. Métodos de investigación.

El método de investigación es el conjunto de procedimientos, caminos o vías más adecuados para cumplir con los objetivos, por lo tanto, son aplicados de una manera ordenada en el desarrollo del problema de investigación, mediante la observación científica

En forma general se usan los siguientes métodos:

- Método inductivo.
- Método deductivo.
- Método analítico.
- Método sintético.
- Método hipotético-deductivo.
- Método histórico-comparativo.
- Método dialectico.

En ciencias naturales o ingeniería se usa fundamentalmente el método inductivo (paradigma cuantitativo o positivista) y el método deductivo (paradigma cualitativo o interpretativo).

3.3. Diseño de la investigación

“El término **diseño** se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema”.
(Hernández & Fernández, 2014, p.128)

Muchos autores consideran conveniente el uso de un diseño experimental fraccionado, según el número de factores experimental de la variable independiente, porque proporciona el menor número de corridas experimentales, la ventaja fundamental está en la reducción de los costos de las corridas experimentales.

Entonces, el diseño tipo Experimental, se aplicó para verificar o contrastar las afirmaciones formuladas en las hipótesis, y estos tengan la consistencia necesaria. Este diseño experimental permite buscar factores que influyen en la recuperación de plomo-plata e identificar factores más irrelevantes al proceso.

3.3.1. Diseño experimental

Usando el razonamiento del diseño experimental en las investigaciones, es posible aprovechar los resultados de las mismas con la finalidad de hacer una proyección para un trabajo a escala industrial. El diseño experimental, que usa muchas variables experimentales a la vez, puede detectar inclusive la influencia de las interacciones entre ellas. Esto no ocurre cuando se investiga variando solo una variable a un tiempo, además el sistema es más práctico en evitar la tendencia normal del operador durante la investigación.

Investigar con diseño experimental es determinar la distribución de experimentos que conviene usar para poder hacer un mejor estudio de las variables experimentales al mismo tiempo, determinando la influencia de cada una sobre el resultado o función objetivo, que en caso general de flotación de minerales podría ser; grados de concentrado, recuperaciones, desplazamiento, etc. (Manzaneda, 2012, p.4)

“Se llaman Experimentos Factoriales a aquellos experimentos en los que se estudia simultáneamente dos o más factores, y donde los tratamientos se forman por la combinación de los diferentes niveles de cada uno de los factores”. (Sandoval, 2011, p.59)

“Los experimentos factoriales se emplean en todos los campos de la investigación, son muy útiles en investigaciones exploratorias en las que poco se sabe acerca de muchos factores”. (Sandoval, 2011, p.59)

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Una población o universo es una colección total de posibles individuos, especímenes, objetos o medidas de interés sobre los que se hace un estudio. Las poblaciones pueden ser finitas o infinitas. (Pulido & de la Vara, 2012, p.15)

Si la población es *infinita* o grande es imposible e incosteable medir a todos los individuos, en este caso se tendrá que sacar una *muestra representativa* de dicha población, y con base en las características medidas en la muestra (*estadísticos*) se podrán hacer afirmaciones acerca de los parámetros de la población. (Pulido & de la Vara, 2008, p.20)

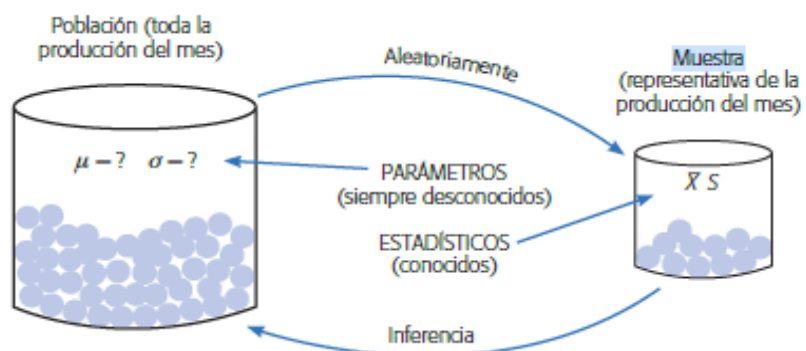


Figura 1. Relación entre Población y Muestra

Fuente: Gutiérrez, P. H., & de la Vara, S. R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma* (p. 64). México: Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad de Guadalajara.

La población lo conforma el mineral de San Antonio, Blenda Rubia y Palomo; los cuales son procesados en la Planta Concentradora Recuperada. Como la experimentación solo se realiza durante 10 horas al día y la Planta Concentradora procesa 250 TMSD, tenemos que:

250 TMS_____1 día

X TMS_____10 horas

Se tiene que 104,17 TMS, esta cantidad sería la población durante las horas de la recolección de muestras por día, siendo las leyes promedio por mina que ingresó a planta se verifican en la tabla 2, estos datos fueron colectados para realizar el blending según convenga y no tener gran variabilidad de leyes en la cabeza para el tratamiento.

Tabla 2
Leyes Promedio Depositados en Cancha de Mineral

MINA	PLOMO	PLATA	ZINC
Palomo	2,8	2,2	2,0
Blenda Rubia	2,2	1,5	3,1
San Antonio	1,5	1,0	1,5

Nota. Indicativo de promedio de leyes que se procesa solo referencial, no vinculado como datos para el estudio de investigación. Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Muestra

“En cada diseño de experimentos es importante definir de manera cuidadosa la unidad experimental, ya que ésta puede ser una pieza o muestra de una sustancia o un conjunto de piezas producidas, dependiendo del proceso que se estudia”. (Pulido & de la Vara, 2008, p.7)

La muestra está formada por compositos de la cabeza, relave y concentrados de plomo y zinc; los cuales son tomados cada 30 minutos,

durante 10 horas por día. El recipiente que se usa es de 200 ml, para las cuatro muestras.

El tamaño y la cantidad de las muestras se determinarán, para los diferentes ensayos mediante los diseños experimentales, no se necesita ninguna fórmula estadística.

3.5. Técnica e instrumentos de recolección de datos

Las Técnicas e instrumentos que fueron usados para el desarrollo del presente trabajo de investigación fueron los que se nominan a continuación:

Técnicas:

- Análisis documental.
- Los instrumentos de la planta

Instrumentos:

- Observación directa mediante los sentidos y otros instrumentos de la planta.
- Recipiente para la colección de muestra, este tiene un volumen de 200 ml

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Técnica de procesamiento de datos.

Usé softwares como MINITAB 18 y EXCEL 2019, son instrumentos fundamentales para la elaboración de tablas y figuras; los cuales me dieron una vista previa del comportamiento del proceso o resultados, en seguida analicé o interpreté los resultados obtenidos.

3.6.2. Técnica de análisis de datos.

Mediante el análisis de las figuras, tablas y diagramas; se verificó puntos que no correspondan al proceso. Se buscó en las figuras líneas de tendencia y correlaciones para descartar factores que no resuelvan las hipótesis.

El análisis de varianza (ANOVA) fue la técnica más importante para las interpretaciones de los datos experimentales.

3.7. Tratamiento estadístico

En el presente trabajo de tesis los datos son cuantitativos continuos, fueron sometidos a estadística descriptiva e inferencial, en paralelo se verificará la ocurrencia de outliers; además serán examinados detenidamente; que pueden dar importante información. El ANOVA y el diseño experimental brindaron soporte estadístico para evaluar el comportamiento del proceso y validar la hipótesis.

3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

Validez y confiabilidad experimental: Los instrumentos utilizados en el desarrollo experimental fueron válidos y confiables por haber comprobado en la realidad el objetivo de la presente tesis, por lo tanto, un experimento es válido y confiable (resultados congruentes) cuando:

Cuando los resultados que se obtienen se deben solamente a la variable independiente, se dice que tienen **validez interna**. Cuando se pueden generalizar los resultados con respecto a otras situaciones se llama: **validez externa**. Una de las dificultades que se nos presentan al realizar una investigación experimental,

es que es difícil (si no imposible) aumentar al máximo un tipo de validez, a la vez que el otro se aumenta al máximo. (López & Gonzáles, 2014, p.16)

3.9. Orientación ética

La ética o moral es el conjunto de principios morales específicos en la investigación interpretativa o positivista, significa evitar el plagio o "mala conducta científica" o "mala conducta en la investigación", en consecuencia, la publicación de una obra plagiada es señal de una mayor desvergüenza.

El plagio traté de evitar mediante el uso de las citas bibliográficas y el parafraseo, para cumplir con las normas establecidas por nuestra casa superior de estudios.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Pruebas en circuito de molienda

Para realizar las pruebas en planta se tuvo que realizar análisis metalúrgico; para saber el tamaño óptimo de liberación de la partícula valiosa, el análisis granulométrico con malla valorada, nos brinda gran información. Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente:

Procedimiento:

- Se tomó muestra para realizar el análisis de malla valorada y descartar el alto porcentaje de partículas ultrafinas en la flotación.
- El recipiente para la toma de muestra, contiene un aproximado de 200 ml de pulpa fresca.
- Posterior a ello se realizó el análisis químico con muestra de cada malla, para obtener la cantidad de plata promedio por cada malla, cuyos resultados se encuentran en la tabla 3.

Tabla 3
Resultado de Análisis de Malla Valorada

N° Malla	Abertura Micras	Peso g.	LEY g/T Ag	Finos de Ag g.	%Peso Finos Ag	Acum. Ret. Finos Ag	Pasante Finos % Ag
150	105						100,00
200	74	452,50	65,32	295,56	87,05	87,05	12,95
325	44	35,40	90,20	31,93	9,40	96,45	3,55
-325		12,10	99,53	12,04	3,55	100,00	
TOTAL		500.,00		339,54	100,00		

Nota. Muestra tomada en el overflow del nido de ciclones (entrada para circuito de flotación). Fuente: Elaboración Propia

Analizando la tabla 3 se tiene los siguientes resultados:

El porcentaje de peso de finos de plata; indica que, la gran parte del mineral esta liberada, para su tratamiento de recuperación; significa que el **87,05%** del mineral está apto para ser recuperado, habiendo realizado las evaluaciones del grado de liberación, indica que para minerales polimetálicos; que al 60% pasante de la malla 200 ya el metal valioso se encuentra liberado y a disposición para ser procesado mediante la flotación directa.

El pasante fino de plata es un dato muy importante que brindó una vista preliminar de lo que está sucediendo. El **12,95% de plata** se puede recuperar en un 80% con los colectores AEROFLOAT 242 y AEROPHINE 3418. Las mallas en la cual fueron analizadas estas muestras, captan el interés, pues no hablamos de partículas ultrafinas que son difíciles de recuperar.

4.1.2. Pruebas en circuitos de flotación.

Las pruebas en este punto fueron relevantes porque, es aquí en donde se realizó la experimentación.

Procedimiento:

- El inicio de la experimentación fue el 08 de junio a las 07:00 horas; como colector secundario se usó AEROFLOAT 242. La dosificación fue de 2 – 3 cc/min; ello representa de 13,50 – 20,25 g/t de consumo. Esta experimentación con el AEROFLOAT 242 se dio hasta el 13 de junio culminando a las 18:00 horas de ese día.
- La segunda experimentación en planta fue con el AEROPHINE 3418, que al igual que el AEROFLOAT 242, se tuvo que revisar las características y afinidad que posee por algunos metales en la flotación. Las pruebas se fueron desde las 07:00 horas del 18 de junio hasta 16:00 horas del 23 de junio. La dosificación para este reactivo fue de 4 – 5 cc/min.
- La siguiente prueba metalúrgica en planta se realizó desde las 08:00 horas del 26 de junio hasta las 18:00 horas del 01 de julio; teniendo como objeto la adición de ambos reactivos; AEROFLOAT 242 y AEROPHINE 3418 a las operaciones, con dosificación que van de 2 – 3 cc/min para el primero y 8 – 10 cc/min para el segundo.
- Los puntos de dosificación para ambos reactivos se indican en la diagrama N°2.
- La dosificación fue precisa, ya que se cuenta en la planta con bombas de diafragma; los cuales son regulables al flujo deseado.

- Se tuvo toda precaución en cuanto a la dosificación, para lo cual se tomó medidas de volumen cada 2 horas, y así verificar que el flujo sea constante y sin interrupciones.
- Se tomaron muestra en cuatro puntos, que se indican en la diagrama N°3; los cuales son: cabeza, relave, concentrados de plomo y zinc.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

Como consecuencia de las experimentales realizadas a nivel industrial, tenemos las tablas del 4 al 19 y figuras del 2 al 11, que a continuación se detallan:

Tabla 4
Dosificación y Consumo de Colectores (AEROFLOAT 242 - AEROPHINE 3418)

REACTIVOS	DIAS	Dosificación		Consumo de Reactivos	
		cc/min	Planta Recuperada (g/t)	Propuesta por CYTEC (g/t)	
AEROFLOAT 242	8/6/19	3,00	20,25	10 -75	
	9/6/19	2,00	13,50	10 -75	
	10/6/19	2,00	13,50	10 -75	
	11/6/19	3,00	20,25	10 -75	
	12/6/19	2,00	13,50	10 -75	
	13/6/19	3,00	20,25	10 -75	
AEROPHINE 3418	18/6/19	5,00	34,70	5 - 50	
	19/6/19	5,00	34,70	5 - 50	
	20/6/19	4,00	27,76	5 - 50	
	21/6/19	4,00	27,76	5 - 50	
	22/6/19	4,00	27,76	5 - 50	
	23/6/19	4,00	27,76	5 - 50	
AEROFLOAT 242 / AEROPHINE 3418	26/6/19	3,00 / 10,00	20,25 / 69,40	10 -75 / 5 - 50	
AEROFLOAT 242 / AEROPHINE 3418	27/6/19	3,00 / 8,00	20,25 / 55,52	10 -75 / 5 - 50	
AEROFLOAT 242 / AEROPHINE 3418	28/6/19	2,00 / 8,00	13,50 / 55,52	10 -75 / 5 - 50	
AEROFLOAT 242 / AEROPHINE 3418	29/6/19	3,00 / 10,00	20,25 / 69,40	10 -75 / 5 - 50	
AEROFLOAT 242 / AEROPHINE 3418	30/6/19	2,00 / 10,00	13,50 / 69,40	10 -75 / 5 - 50	
AEROFLOAT 242 /	1/7/19	3,00 / 10,00	20,25 / 69,40	10 -75 / 5 - 50	

AEROPHINE
3418

Nota. Datos necesarios para optimizar el consumo de reactivos, y obtener buenas recuperaciones. Fuente:
Elaboración Propia

Tabla 5

Resultados de los Ensayos Químicos, del Muestro en Planta.

Reactivos	Días	%Pb			%Zn			Ag g/t			Recuperación				
		Cabeza	Conc. Pb	Conc. Zn	Relave	Cabeza	Conc. Pb	Conc. Zn	Relave	Cabeza	Conc. Pb	Conc. Zn	Relave	Pb	Ag
CON AEROFLOAT 242	08/06/19	2,33	55,00	2,43	0,25	2,50	2,50	45,00	0,15	82,42	1772,90	149,30	21,77	84,93	69,93
	09/06/19	2,20	55,00	2,29	0,22	2,51	2,20	48,00	0,17	76,20	1741,80	152,41	26,13	85,88	65,71
	10/06/19	2,28	54,00	2,20	0,18	2,85	2,25	44,00	0,15	77,76	1617,38	186,62	26,75	87,10	62,74
	11/06/19	2,37	53,00	2,30	0,25	2,35	2,28	45,00	0,13	82,42	1866,21	171,07	23,02	85,74	71,03
	12/06/19	2,20	55,00	2,24	0,32	2,67	2,30	48,00	0,14	71,54	1741,80	146,19	25,50	81,44	64,76
	13/06/19	2,45	52,00	2,19	0,20	2,95	2,45	50,00	0,20	80,87	1928,42	130,63	24,88	87,84	73,02
CON AEROPHINE 3418	18/06/19	2,44	55,00	2,55	0,28	3,05	2,84	50,00	0,21	85,53	2208,35	105,75	18,66	83,83	78,30
	19/06/19	2,43	52,00	2,58	0,29	2,65	2,56	50,00	0,17	87,09	2177,25	102,64	18,04	84,02	79,99
	20/06/19	2,51	53,00	2,60	0,24	2,84	2,68	49,00	0,16	91,76	2519,38	93,31	20,53	85,86	81,32
	21/06/19	2,20	58,00	3,20	0,28	2,74	2,58	48,00	0,14	80,87	2488,28	77,76	19,28	80,66	77,75
	22/06/19	2,46	57,00	3,15	0,30	2,39	2,50	49,00	0,18	87,09	2426,07	87,09	21,77	83,20	78,52
	23/06/19	2,45	55,00	2,89	0,31	2,72	2,30	52,00	0,20	90,20	2208,35	99,53	18,66	82,82	78,91
CON AMBOS COLECTORES	26/06/19	2,25	54,00	2,11	0,17	2,85	4,83	50,00	0,12	77,76	2332,76	71,54	14,31	88,13	83,58
	27/06/19	2,45	52,00	2,14	0,15	2,85	4,50	50,00	0,15	79,31	2394,97	93,31	16,17	89,88	83,85
	28/06/19	2,13	58,00	2,17	0,13	2,75	4,26	49,00	0,18	68,43	2550,49	80,87	12,44	89,24	84,35
	29/06/19	2,48	53,00	2,19	0,14	2,48	5,12	47,00	0,16	90,20	2581,59	87,09	13,69	90,67	86,84
	30/06/19	2,55	55,00	2,18	0,18	2,38	5,15	49,00	0,17	93,31	2332,76	83,98	15,55	89,86	84,49
	01/07/19	2,46	57,00	1,95	0,20	3,12	4,95	50,00	0,13	85,53	2363,87	87,09	13,06	88,05	84,19

Nota. Datos recopilados obtenidos de los reportes del laboratorio químico. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6

Días y Horas de Muestreo de Pulpa que Ingresa a Flotación, Relave, Concentrados de Plomo y Zinc

Horas	PRUEBAS CON AEROFLOAT 242						PRUEBAS CON AEROPHINE 3418						PRUEBAS CON AMBOS COLECTORES					
	08/06	09/06	10/06	11/06	12/06	13/06	18/06	19/06	20/06	21/06	22/06	23/06	26/06	27/06	28/06	29/06	30/06	01/07
08:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
08:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
09:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
09:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
11:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
11:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
13:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
13:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
14:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
14:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
16:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
16:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
17:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
17:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
18:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Nota. Indicativo para los horarios exactos de toma de muestra. Fuente: Elaboración Propia.

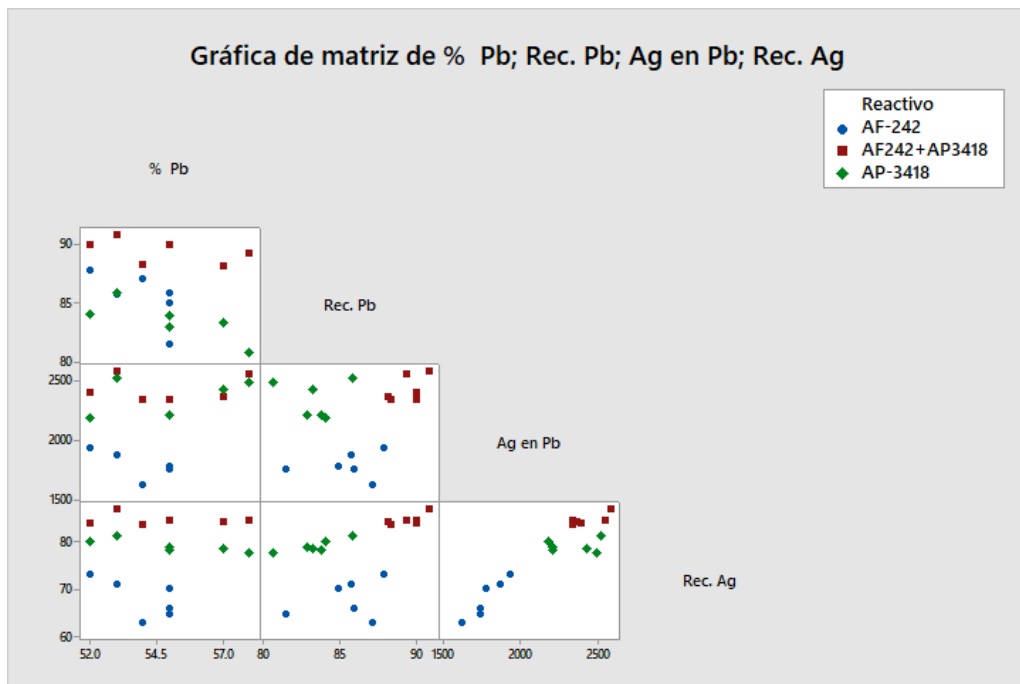


Figura 2. Correlación de Variables que Podrían Afectar a la Recuperación de Plata Relacionada al Plomo

Fuente: Elaboración Propia.

- Se observa que la recuperación de plata va relacionado directamente a las onzas de plata que hay en el concentrado.
- La relación recuperación de plomo y plata son significativamente relacionados cuando se añade al proceso solo AEROPHINE 3418 y AEROFLOAT 242 + AEROPHINE 3418, lo que no pasa con el AEROFLOAT 242; pues los puntos azules están muy dispersos.

Teniendo vistas preliminares de lo que está sucediendo con los resultados, se verificó cuadro a cuadro y realizar comparaciones para estar seguros de que la recuperación de plata esté en aumento, sin perjudicar otros resultados que afecten los productos.

Para ello se presentan los siguientes gráficos:

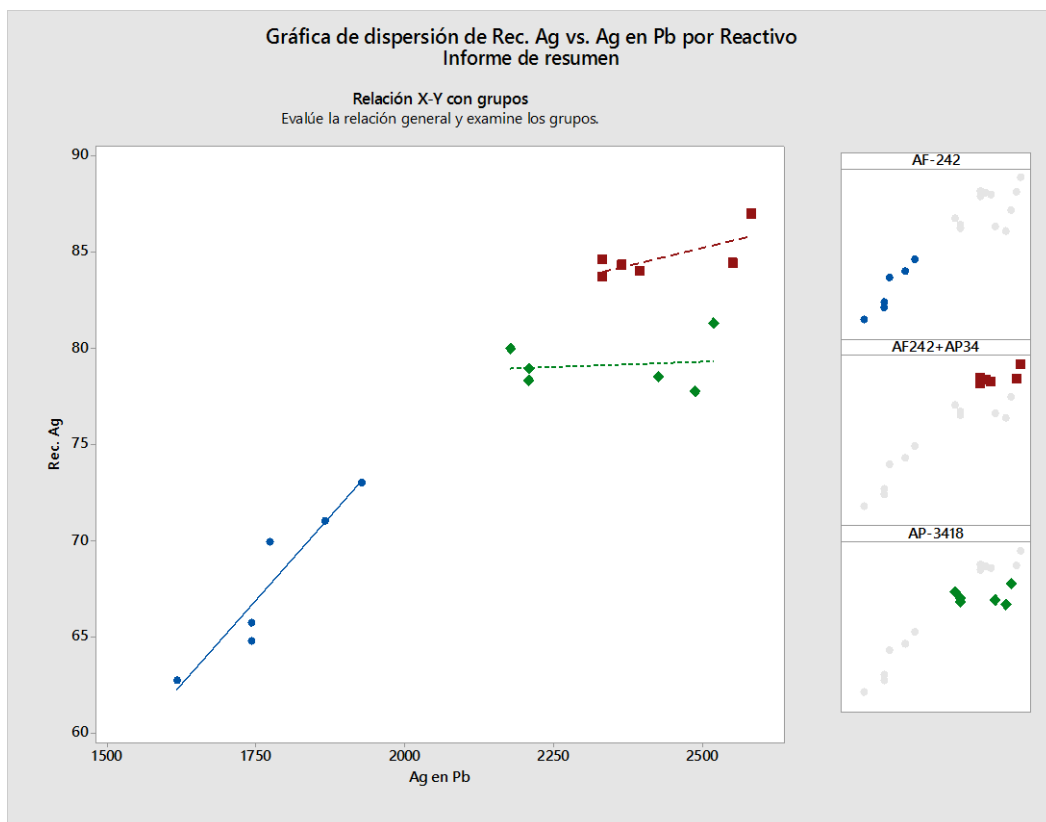


Figura 3. Relación de Recuperación de Plata vs. Plata en el Concentrado de Plomo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7:
Informe Estadístico Descriptivo

Reactivo	N	Rec. Ag				Ag en Pb			
		Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
AF-242	6	67,87	4,04	62.,74	73.02	1778,1	108,49	1617,4	1928,4
AF242+AP3418	6	84,67	1,19	83,7	87	2426,1	111,28	2332,8	2581,6
AP-3418	6	79,13	1,31	77.75	81.32	2337,9	156,65	2177,2	2519,4

Nota. El resultado máximo se da con la combinación de ambos reactivos. Fuente: Elaboración propia.

- La recuperación de la plata y los gramos de plata en el concentrado de plomo tiene una relación directa, con el AEROFLOAT 242 la linealidad es notoria, pero no la recuperación, pues; es superada con el AEROPHINE 3418 aún más con la suma de ambos.
- Podemos estar sacando la conclusión de que al añadir AEROFLOAT 242 y AEROPHINE 3418 a dosificaciones adecuadas se puede incrementar la recuperación, lo cual refleja el informe estadístico del gráfico.

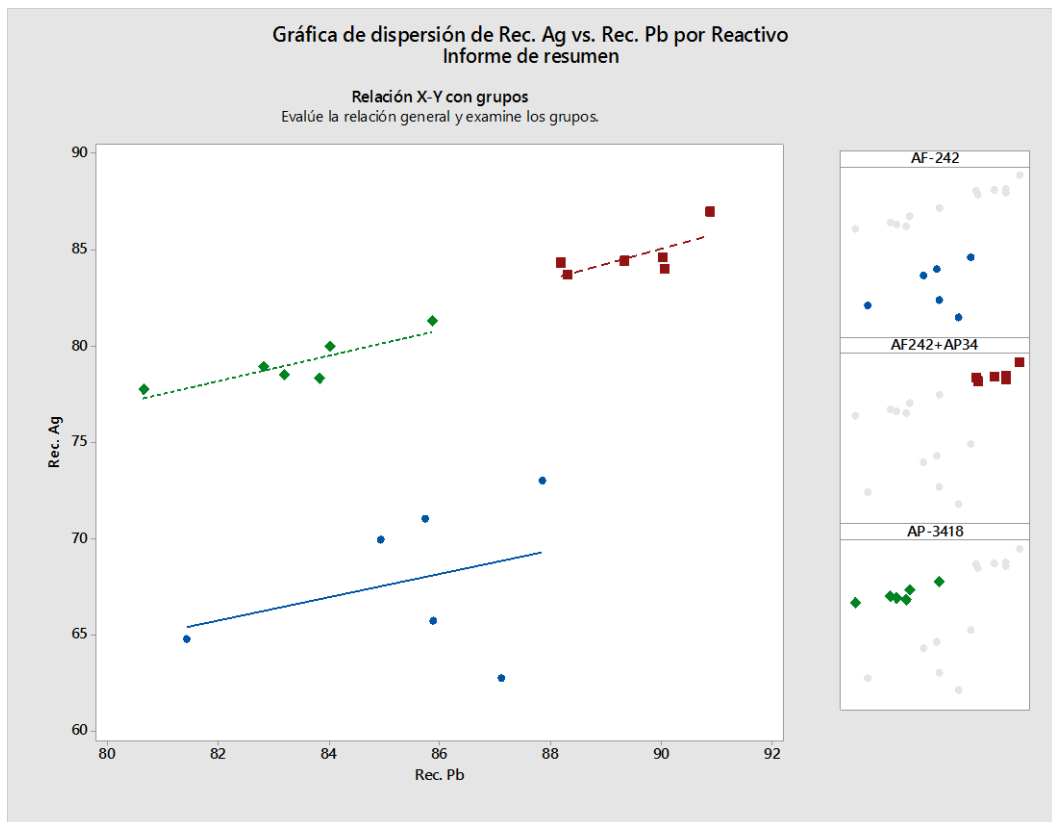


Figura 4: Relación de Recuperación de plata vs. Recuperación de Plomo.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 8:
Informe Estadístico Descriptivo

Reactivo	N	Rec. Ag				Rec. Pb			
		Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
AF-242	6	67.87	4.04	62.74	73.02	85.49	2.24	81.44	87.84
AF242+AP3418	6	84.67	1.19	83.70	87.00	89.46	1.06	88.18	90.87
AP-3418	6	79.13	1.31	77.75	81.32	83.40	1.70	80.66	85.86

Nota. La recuperación máxima se da con la combinación de ambos reactivos. Fuente: Elaboración propia.

- Podríamos afirmar por lo establecido en la gráfica que la plata no está sujeto al plomo mineralógicamente, ósea que hay plata libre en el mineral tratado; esto se afirma al comparar el AEROFLOAT 242 con el AEROPHINE 3418.
- Se observa que al adicionar AEROPHINE 3418 al proceso la recuperación de plata tiene un incremento significativo, pero la recuperación de plomo tiene una ligera disminución.
- Al adicionar AEROFLOAT 242 y AEROPHINE 3418, el incremento en las recuperaciones de plomo y plata tienen un incremento bastante notorio.

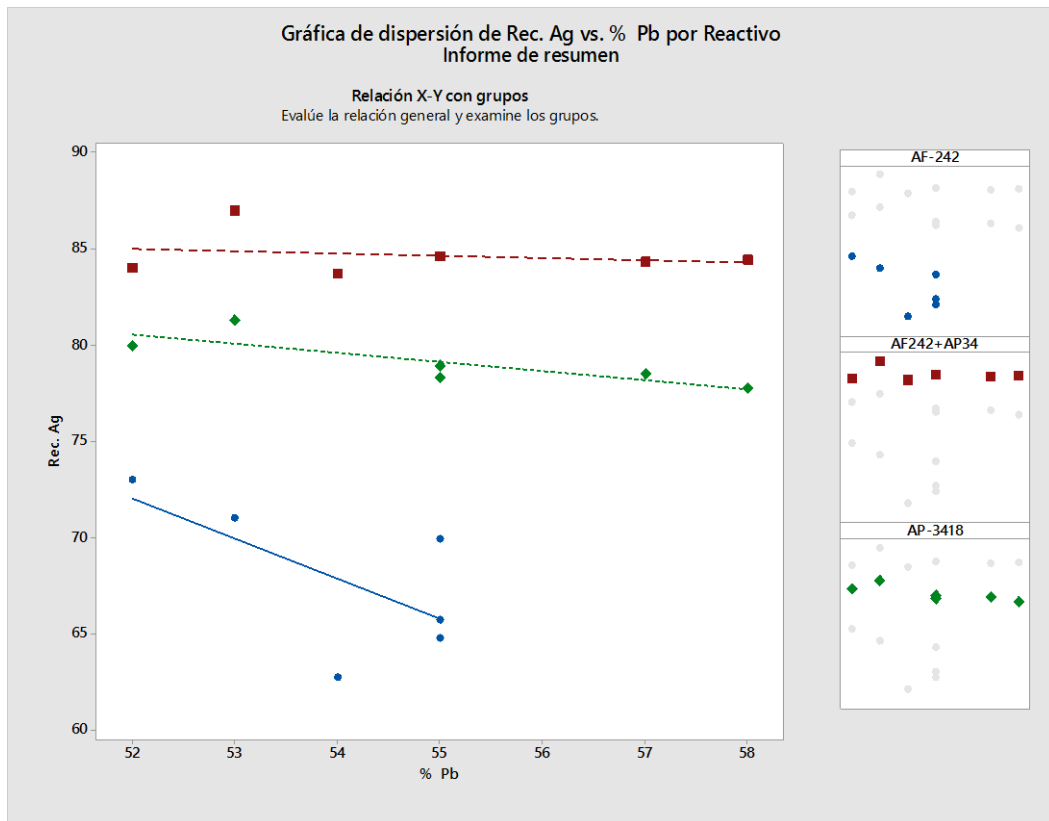


Figura 5: Relación de Recuperación de Plata vs. % de Plomo por Reactivo.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 9:
Informe Estadístico Descriptivo

Reactivo	N	Rec. Ag				% Pb			
		Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
AF-242	6	67.87	4.04	62.74	73.02	54.00	1.26	52	55
AF242+AP34	6	84.67	1.19	83.70	87.00	54.83	2.32	52	58
AP-3418	6	79.13	1.31	77.75	81.32	55.00	2.28	52	58

Nota. Hay buena perspectiva en la recuperación de plata y el grado de plomo. Fuente: Elaboración propia.

- Se debe tener en cuenta que, al querer aumentar la recuperación de plata, podríamos afectar el grado del concentrado de plomo, lo que sucede con el AEROFLOAT 242.
- Por lo visto la combinación de ambos colectores brinda buenos resultados en cuanto a recuperación de plata, sin afectar los grados de concentrado de

plomo. El informe estadístico del gráfico indica que podemos recuperaciones de hasta 87% con un grado de 58, teniendo en cuenta que a partir de 55% de plomo en concentrado, es bastante rentable.

Se realizó en ANOVA, para verificar si las gráficas están en relación a los acontecimientos que se dan en la experimentación.

4.2.1. ANOVA de un solo factor: Rec. Ag vs. Reactivo

Habiendo procesado los datos, se llegó a obtener las siguientes tablas del 10 al 19 y las figuras del 6 al 11, para posterior análisis e interpretaciones.

Método

Hipótesis nula H_0	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna H_a	No todas las medias son iguales
No todas las medias son iguales	$\alpha = 0.05$

Tabla 10:
Informe del factor

Factor	Niveles	Valores
Reactivo	3	AF-242; AF242+AP3418; AP-3418

Nota. Evaluación de los tres factores. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11:
Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Reactivo	2	880,04	440,019	68,05	0,000
Error	15	97,00	6,466		
Total	17	977,03			

Nota. El valor $p=0,000$. Fuente: Elaboración propia.

- Como $p < 0.05$; se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna; que indica que por lo menos una media es diferente.

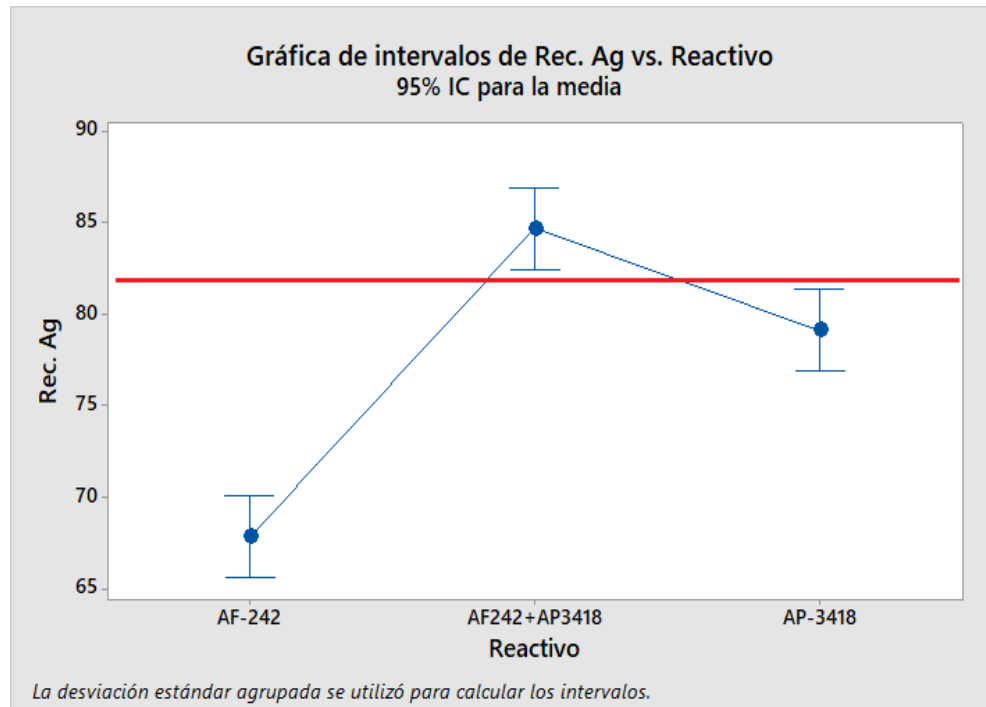


Figura 6. Intervalos de Recuperación Ag. Vs. Reactivos.

Fuente: Elaboración propia

- El adicionar AEROFLOAT 242 + AEROPHINE 3418, brindó mejores resultados como muestra el gráfico.
- La línea roja no intercepta a dos o más intervalos al mismo tiempo, esto indica que la adición de AEROFLOAT 242 + AEROPHINE 3418, al proceso mejora significativamente la recuperación de plata en el concentrado de plomo.

- Regresión lineal Rec. Ag vs. AF – 242, AP – 3418

Tabla 12:
Análisis de Varianza por Consumo

Fuente	G L	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	925.017	185.003	53.94	0.000
Lineal	2	261.570	130.785	38.13	0.000
AF-242 g/t	1	0.496	0.496	0.14	0.710
AP-3418 g/t	1	207.343	207.343	60.45	0.000
Cuadrado	2	66.474	33.237	9.69	0.003
AF-242 g/t*AF-242 g/t	1	24.410	24.410	7.12	0.020
AP-3418 g/t*AP-3418 g/t	1	10.626	10.626	3.10	0.104
Interacción de 2 factores	1	19.804	19.804	5.77	0.033
AF-242 g/t*AP-3418 g/t	1	19.804	19.804	5.77	0.033
Error	12	41.157	3.430		
Falta de ajuste	3	20.019	6.673	2.84	0.098
Error puro	9	21.138	2.349		
Total	17	966.175			

Nota. El valor más significativo es el AP – 3418, en la falta de ajuste al ser 0.098 > 0,05; indica que alcanzó su máximo ajuste. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13:
Resumen del Modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1.85196	95.74%	93.97%	90.67%

Nota. Los residual cuadrático ajustado es muy prometedor. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14:
Coeficiente de Codificación

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	78.30	1.99	39.35	0.000	
AF-242 g/t	0.48	1.25	0.38	0.710	6.01
AP-3418 g/t	11.01	1.42	7.78	0.000	6.28
AF-242 g/t*AF-242 g/t	3.43	1.29	2.67	0.020	1.38
AP-3418 g/t*AP-3418 g/t	-4.27	2.43	-1.76	0.104	6.34
AF-242 g/t*AP-3418 g/t	-4.06	1.69	-2.40	0.033	5.78

Nota. El valor más significativo es el AP – 3418. Fuente: Elaboración propia.

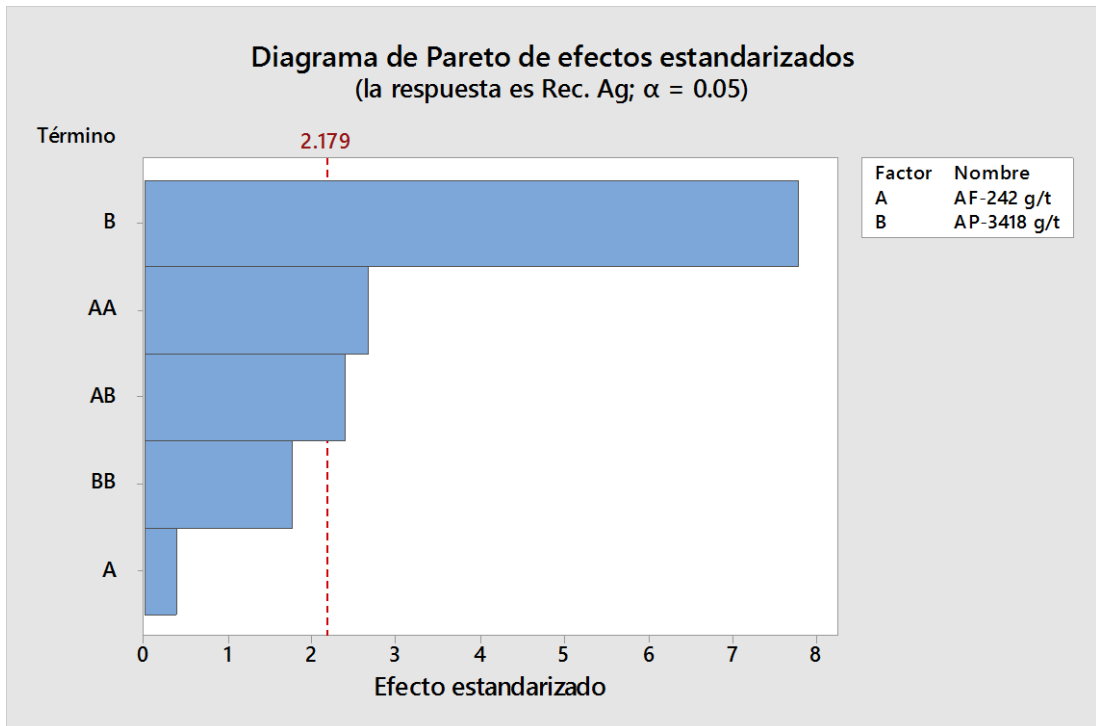


Figura 7. Pareto de Efectos Estandarizados.

Fuente: Elaboración propia

- Ecuación de regresión de primer orden

$$\begin{aligned} \text{Rec. Ag} = & 61.91 - 0.230 \text{ AF-242 g/t} + 0.680 \text{ AP-3418 g/t} + 0.0335 \text{ AF-} \\ & 242 \text{ g/t} * \text{AF-242 g/t} - 0.00355 \text{ AP-3418 g/t} * \text{AP-3418 g/t} \\ & - 0.01155 \text{ AF-242 g/t} * \text{AP-3418 g/t} \end{aligned}$$

Cuando se realizó la regresión con los valores no codificados, se obtiene un modelo matemático de primer orden, resultando que la constante del modelo matemático es positivo (61,91) viene a ser el promedio del vector respuesta, el valor positivo indica que se encuentra en el mínimo, se debe maximizar hasta el óptimo tomando en cuenta el factor con mayor significancia, en el presente caso según Tabla 8 es el factor AF-242 + AP-3418, por tener mayores recuperaciones de Ag y Pb; 87% y 90,87% respectivamente, ratificada por la Figura 4.

4.2.2. Limitantes del consumo de reactivos

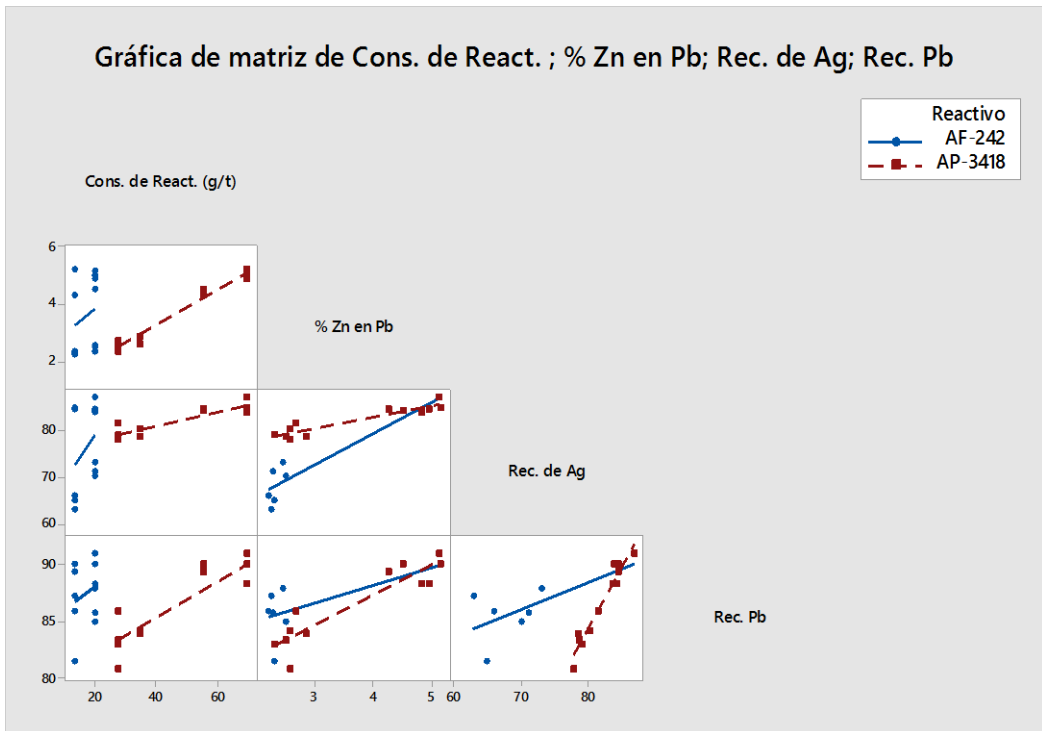


Figura 8. Matriz para Evaluación de Limitante.

Fuente: Elaboración propia

El cuadro que presenta el consumo de reactivos vs. % Zn en el concentrado de plomo, es el más resaltante, porque nos indica la limitante que tenemos.

- Al incrementar el consumo de reactivo, el porcentaje de zinc en el concentrado de plomo; también se incrementa. Como el AEROFLOAT 242 es un colector usado en la flotación de minerales de polimetálicos como indica la Tabla 4; a dosificaciones mayores es poco selectivo.
- Los KPI's establecidos en la comercialización del concentrado producido indican que el porcentaje de zinc no debe ser mayor a 6%. Se verifica que estamos cerca a los límites establecidos.

4.2.3. Optimización del consumo de reactivo

El consumo de reactivo optimo se dio con la limitante de desplazamiento de zinc en el concentrado de plomo, para ello se realizó el diseño factorial de tres variables, los cuales son Consumo de AEROFLOAT 242, AEROPHINE 2418 y Porcentaje de zinc en el concentrado de plomo.

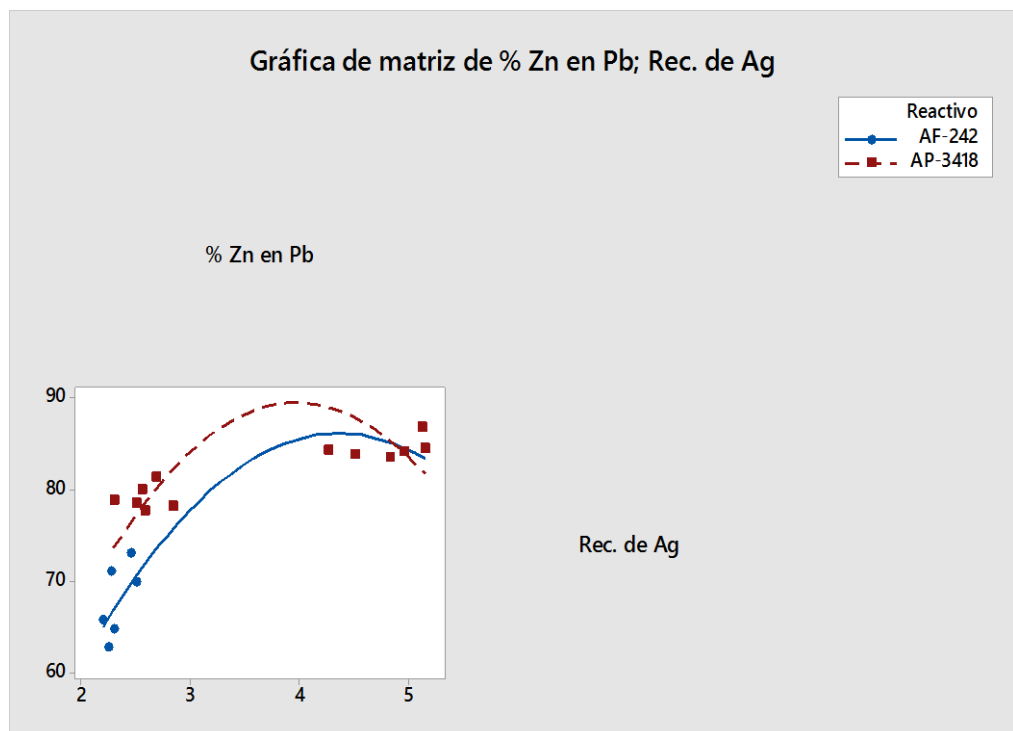


Figura 9. Evaluación del Limitante %Zn en Pb.

Fuente: Elaboración propia

Evidentemente al aumentar el porcentaje de zinc en el plomo, las recuperaciones de plata recaen, lo que nos indica que debemos evitar el desplazamiento de zinc hacia el plomo, controlado la dosificación de los colectores.

4.2.4. Optimización de reactivos

Tabla 15:

Parámetros

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
Rec. Ag	Objetivo	62.74	90	99	1	1

Nota. El objetivo a alcanzar es 90% de recuperación. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16:

Rangos de Variables

Variable	Valores
AF-242 g/t	(13.5; 20.25)
AP-3418 g/t	(27.76; 69.4)

Nota. Los rangos son los mismos que se tiene como dato. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17:

Variables Iniciales

Variable	Valor de configuración
AF-242 g/t	13.5
AP-3418 g/t	27.76

Nota. Se inició con los mínimos consumos. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18:

Solución

Solución	AF-242 g/t	AP-3418 g/t	Rec. Ag Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	13.5	69.4	88.9144	0.960177

Nota. En la optimización se alcanzó hasta un máximo de 88.91%. Fuente: Elaboración propia

Tabla 19:

Resumen

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Rec. Ag	88.91	1.67	(85.33; 92.50)	(81.97; 95.86)

Nota. El error ajustado es 1.67%. Fuente: Elaboración propia

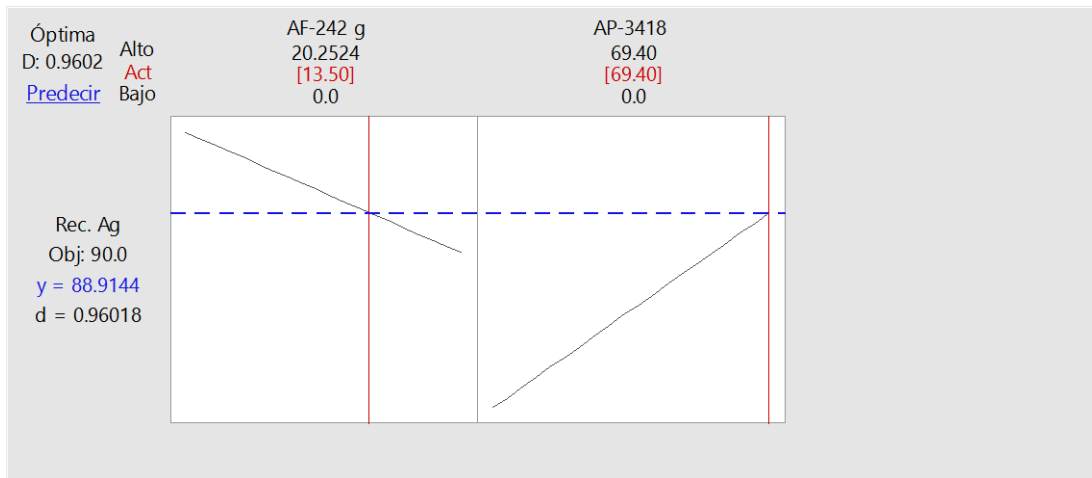


Figura 10. El Óptimo para Alcanzar 88,91% de Recuperación de Plata.
Fuente: Elaboración propia

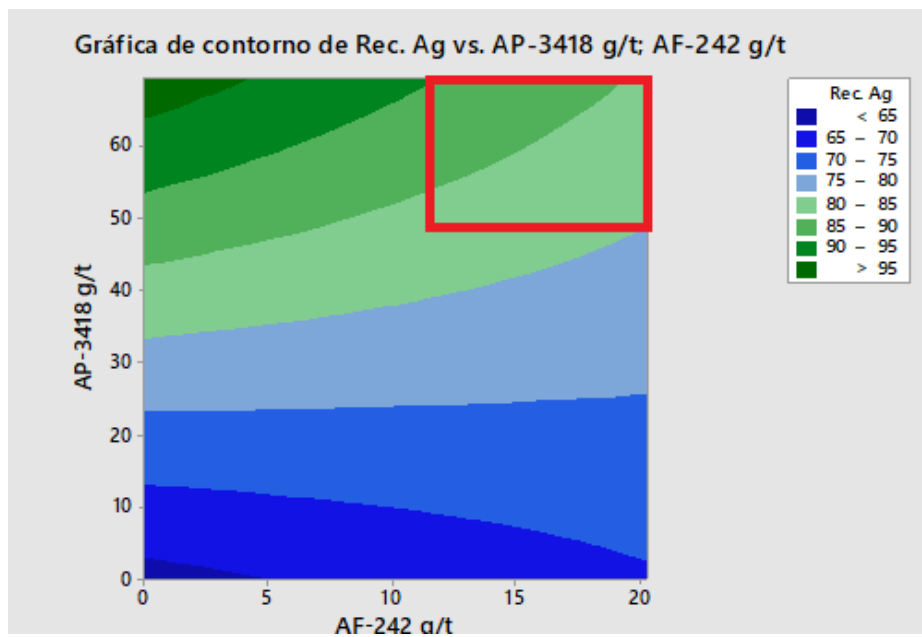


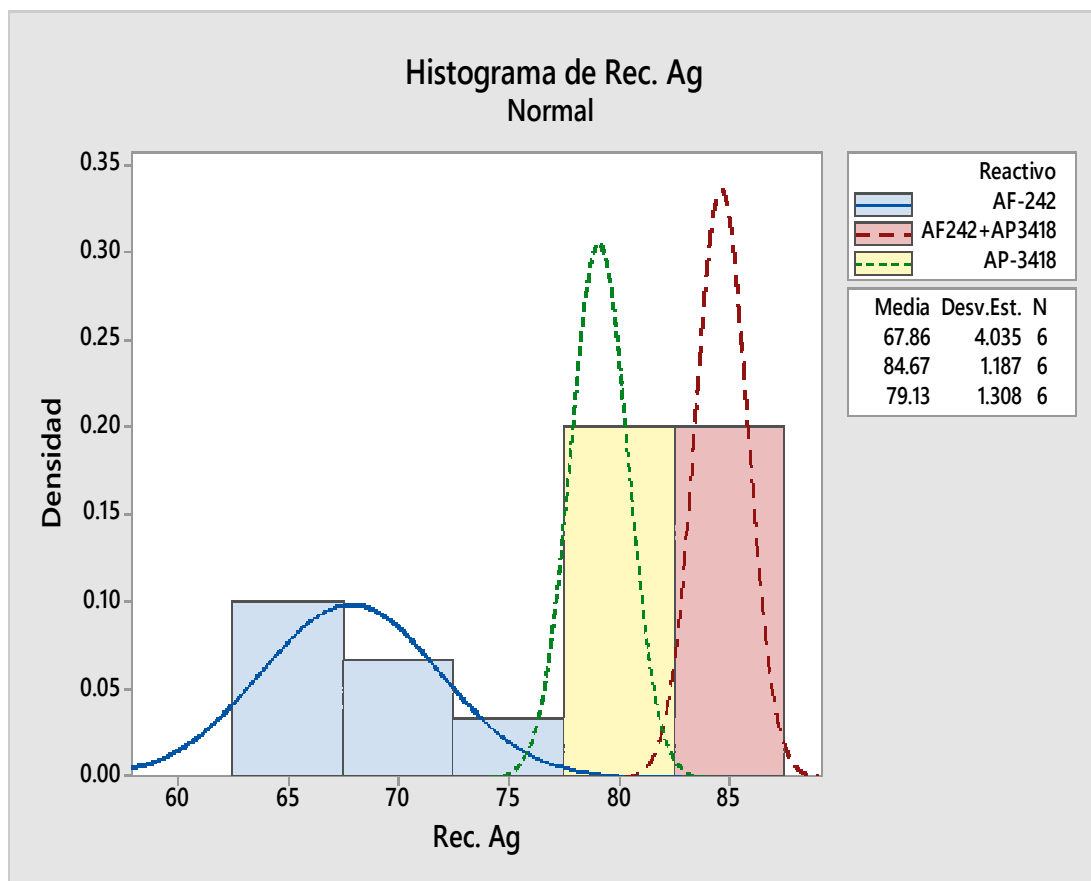
Figura 11. Contorno donde hay más Posibilidades de Recuperación de Plata.
Fuente: Elaboración propia

4.3. Prueba de hipótesis.

Cuando se realiza el análisis estadístico de los datos resultantes en la toma de muestra, los balances metalúrgicos necesarios y la influencia de los colectores evaluados para la recuperación de plata tal como se indica en la **Tabla 12**, se afirma que el valor P (0,00 ; 0,033) para AP-3418 y AP-3418 + AF-242 respectivamente, al ser menor al 5% prefijado, se rechaza la hipótesis nula H_0 , donde se indica que todas medias nos iguales; y se acepta la hipótesis alterna indicando que por lo menos una media es diferente.

Figura 12. Comportamiento de los Reactivos de Acuerdo a un Histograma.

Fuente: Elaboración propia



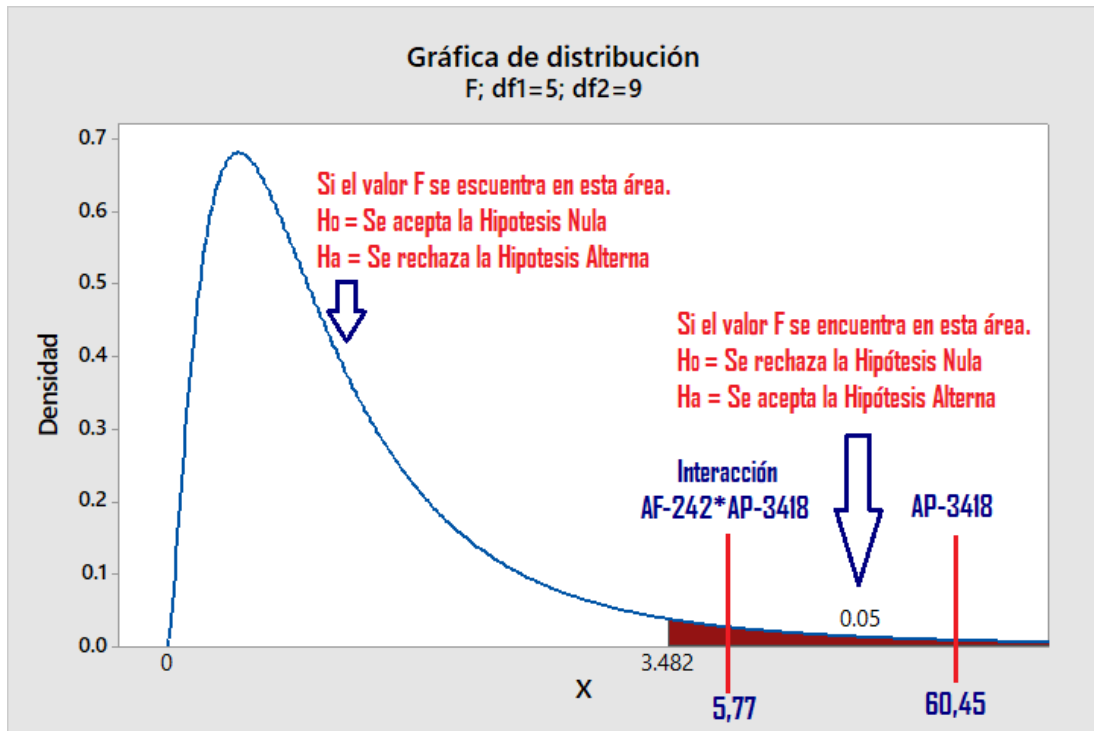


Figura 13. Distribución F para Ratificar la Tabla 12.

Fuente: Elaboración propia

4.4. Discusión de resultados

Al evaluar los colectores AEROFLOAT 242 y AEROPHINE 3418, por separados y en conjunto se generaron gráficas, que predijeron el comportamiento. Pero al evaluar con el desplazamiento de zinc en el concentrado de plomo, se observó que este era el limitante; pues por encima del 6% ya era perjudicial en la comercialización de concentrado de plomo.

La optimización no llegó a su máxima expresión con el diseño experimental presentado, con posteriores estudios se podría optimizar más el consumo de reactivos. La evaluación de la dosificación tanto de AEROFLOAT 242 y AEROPHINE 3418 respecto al desplazamiento de zinc en el concentrado de plomo, brindaron recuperaciones estimadas al principio de la experimentación.

CONCLUSIONES

1. La evaluación de la dosificación de los colectores AF242 junto al AP3418, permite mayores recuperaciones de Ag y Pb; 87% y 90,87% respectivamente, ver la **Tabla 8**.
2. Estadísticamente se afirma que el valor **P (0,00 ; 0,033)** para AP-3418 y AP-3418 + AF-242 respectivamente, al ser menor al 5% prefijado, se rechaza la hipótesis nula H_0 , donde se indica que todas medias son iguales; y se acepta la hipótesis alterna indicando que por lo menos una media es diferente. Verificando una vez más que el AP-3418 es significativo para la recuperación de plata, aún más la combinación de AP-3418 + AF-242.
3. La dosificación del AEROFLOAT 242, es **13,5 g/t**; para llegar hasta un 88,9% de recuperación de plata.
4. La dosificación del AEROPHINE 3418, es **69,4 g/t**; para llegar hasta un 88,9% de recuperación de plata.
5. El valor **P (0.098)** en el Factor de Ajuste indica, que se encuentra en el máximo ajuste pues al ser $0,098 > 0,05$; se ratifica el modelo matemático lineal de primer orden como verosímil.

RECOMENDACIONES

1. El software MINITAB 18, es una herramienta que permite el análisis prevista; mediante la generación de gráficas y tablas; las cuales apoyan en la directriz de la investigación. Por lo cual recomiendo dicho gestor de datos para el uso en investigación.
2. Debemos tener en cuenta que los datos como son: leyes de cabeza, concentrados y relave; son obtenidos en un ámbito operacional, que tienen apoyo científico con los reportes emitidos por el laboratorio químico; el cual garantiza los ensayos.

BIBLIOGRÁFICA

- Eulate, N. (2012). *Mejoramiento de la Recuperación de Plata de los minerales de Mina Poopó*. Revista Metalúrgica 31.
- Vila, Y. (2013). *Pruebas de Flotación a Nivel Experimental con Reactivos Colectores para Sustituir al Aerophine 3406 en la Empresa Minera DOE RUN Perú - Cobriza*. Huancayo - Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales.
- Bacilio, J., Ayala, J., Quijahuamán, J., & Ruiz, M. (s.f.). Optimización del proceso de flotación de plomo, plata y zinc en la planta concentradora Mallyay. *PERUMIN* (pág. 4). Cerro de Pasco: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Obtenido de <https://www.google.com/search?q=flotacion+de+plata+por+espumas&oq=flotaci%C3%B3n+de+plata+por+espumas&aqs=chrome.1.69i57j33.12837j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Behar, D. (2008). *Metodología de la Investigación*. Colombia: Editorial Shalom 2008.
- Castijón, U. (2011). *Diseño y Análisis de Experimentos con Statistx*. Venezuela: Universidad Rafael Urdaneta.
- DANAFLOAT. (11 de Setiembre de 2019). *Minig*. Obtenido de Minerales de Plata : http://www.danafloat.com/ES/MINING_ORES/SILVER
- Gutiérrez, H., & de la Vara, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.
- Gutiérrez, H., & de la Vara, R. (2012). *Análisis y Diseño de Experimentos*. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.

- López, E., & Gonzáles, H. (2014). *Diseño y Análisis de Experimentos*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Manzaneda, J. (2012). *Progresos en la Aplicación del Diseño Experimental*. Lima: UNI.
- Medina, P., & Mejía, M. (s.f.). *Monografía de la Plata*. México: Servicio Geológico Mexicano.
- Pavez, O. (s.f.). *Concentración de Minerales I*. Chile: Universidad de Atacama - Facultad de Ingeniería.
- Rojas, P. (2018). *Innovación en Tecnologías de Flotación*. Lima: Autoprocesos.
- Sampiere, R., & Collado, C. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A.
- Sutulov, A. (1963). *Flotación de Minerales*. Concepción-Chile: Instituto de Investigaciones Tecnológicas.
- Unidad Minera Yauliyacu-Planta concentradora. (2004). *Manual de flotación*. Oroya-Casapalca: Empresa Minera los Quenuales S.A.
- Universidad Nacional Mayor de San Marcos. (2015). *Flotación y Concentración de Minerales*. Lima: Editorial Colecciones Jóvic.
- Yianatos B., J. (2015). *Flotación de Minerales*. Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.

ANEXOS

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB			
CONC. Pb			
CONC Zn			
RVE			

Fuente: Elaboración propia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
TITULO				
Evaluación de la flotación con colectores secundarios para mejorar la recuperación de plata en la Unidad Minera "Recuperada" – Huachocolpa-Huancavelica-2019				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MÉTODOLÓGIA
GENERAL	GENERAL	GENERAL	INDEPENDIENTE	MÉTODO
¿De qué manera influye la evaluación de la flotación con colectores secundarios para mejorar la recuperación de plata en la Unidad Minera "Recuperada" – Huachocolpa - Huancavelica-2019?	Comprobar la evaluación de la flotación con colectores secundarios para mejorar la recuperación de plata en la Unidad Minera "Recuperada" – Huachocolpa - Huancavelica-2019	La evaluación de la flotación con colectores secundarios influye directamente la recuperación de plata en la Unidad Minera "Recuperada" – Huachocolpa - Huancavelica-2019	Evaluación de la flotación con colectores secundarios	<ul style="list-style-type: none"> • Método Científico
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	DEPENDIENTE	DISEÑO
a. ¿Cómo es la dosificación del aerofloat 242 para mejorar la recuperación de plata? b. ¿En qué medida el colector secundario aerophine 3418 puede mejorar la recuperación? c. ¿Cómo debe ser el valor del pH de la pulpa para mejorar la recuperación de plata?	a. Establecer la dosificación del aerofloat 242 para mejorar la recuperación de plata. b. Determinar la dosificación del colector secundario aerophine 3418 para mejorar la recuperación de plata. c. Determinar el valor del pH de la pulpa para mejorar la recuperación.	a. La dosificación controlada del aerofloat 242 es predominante para mejorar la recuperación de plata. b. El colector secundario aerophine 3418 es asistente culminante para mejorar la recuperación de plata. c. El valor del pH de la pulpa óptimo mejora la recuperación de plata d.	Mejorar la recuperación de plata en la Unidad Minera "Recuperada" – Huachocolpa - Huancavelica-2019	Diseño experimental, porque relacionan factores influyentes. Diseño longitudinal, porque implica la recolección de datos en determinados tiempos.
				TIPO
				Investigación Aplicativa.

Fuente: Elaboración propia



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS

RUC 20604990115

CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo

P07-0619

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 08 de Junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 08 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACIÓN VOLUMÉTRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	82,42	2,33	2,50
CONC. Pb	1772,9	55,00	2,50
CONC Zn	149,30	2,43	45,00
RVE	21,77	0,25	0,15

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 08/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo **P08-0619**

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 09 de Junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 09 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	76,20	2,20	2,51
CONC. Pb	1741,80	55,00	2,20
CONC Zn	152,41	2,29	48,00
RVE	26,13	0,22	0,17

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 09/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo **P09-0619**

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 10 de junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 10 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	77,76	2,28	2,85
CONC. Pb	1617,38	54,00	2,25
CONC Zn	186,62	2,20	44,00
RVE	26,75	0,18	0,15

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 10/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo P10-0619

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 11 de Junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 11 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	82,42	2,37	2,35
CONC. Pb	1866,21	53,00	2,28
CONC Zn	171,07	2,30	45,00
RVE	23,02	0,25	0,13

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 11/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo P11-0619

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 12 de Junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 12 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	71,54	2,20	2,65
CONC. Pb	1741.80	55,00	2,30
CONC Zn	146,19	2,24	48,00
RVE	25,50	0,32	0,14

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 12/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo P12-0619

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 13 de Junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 13 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	80,87	2,45	2,95
CONC. Pb	1928,42	52,00	2,45
CONC Zn	130,63	2,19	50,00
RVE	24,88	0,20	0,20

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 13/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo P17-0619

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 18 de Junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 18 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	85,53	2,44	3,05
CONC. Pb	2208,35	55,00	2,84
CONC Zn	105,75	2,55	55,00
RVE	18,66	0,28	0,21

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 18/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo P18-0619

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 19 de Junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 19 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	87,09	2,43	2,65
CONC. Pb	2177,25	52,00	2,56
CONC Zn	102,64	2,58	50,00
RVE	18,04	0,29	0,17

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 19/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo P19-0619

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 20 de Junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 20 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	91,76	2,51	2,84
CONC. Pb	2519,38	53,00	2,68
CONC Zn	93,31	2,60	49,00
RVE	20,53	0,24	0,16

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 20/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo P20-0619

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 21 de Junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 21 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	80,87	2,20	2,74
CONC. Pb	2488,28	58,00	2,58
CONC Zn	77,76	3,20	48,00
RVE	19,28	0,28	0,14

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 21/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo P21-0619

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 22 de Junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 22 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	87,09	2,46	2,39
CONC. Pb	2426,07	57,00	2,50
CONC Zn	87,09	3,15	49,00
RVE	21,77	0,30	0,18

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 22/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo P22-0619

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 23 de Junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 23 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	90,20	2,45	2,72
CONC. Pb	2208,35	55,00	2,30
CONC Zn	99,53	2,89	52,00
RVE	18,66	0,31	0,20

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 23/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo P25-0619

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 26 de Junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 26 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	77,76	2,25	2,85
CONC. Pb	2332,76	54,00	4,83
CONC Zn	71,54	2,11	50,00
RVE	14,31	0,17	0,12

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 26/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo P26-0619

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 27 de Junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 27 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	79,31	2,45	2,85
CONC. Pb	2394,97	52,00	4,50
CONC Zn	93,31	2,14	50,00
RVE	16,17	0,15	0,15

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 27/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo P27-0619

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 28 de Junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 28 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	68,43	2,13	2,75
CONC. Pb	2550,49	58,00	4,26
CONC Zn	80,87	2,17	49,00
RVE	12,44	0,13	0,18

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 28/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo P28-0619

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 29 de Junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 29 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	90,20	2,48	2,48
CONC. Pb	2581,59	53,00	5,12
CONC Zn	87,09	2,19	47,00
RVE	13,69	0,14	0,16

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 29/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo P29-0619

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 30 de Junio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 30 de Junio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	93,31	2,55	2,38
CONC. Pb	2332,76	55,00	5,15
CONC Zn	83,98	2,18	49,00
RVE	15,55	0,18	0,17

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 30/06/2019



AAJ CHEMICAL S.A.C.

ANALISIS – ENSAYOS QUIMICOS Y OTROS
RUC 20604990115
CEL. 969 923 853

Informe de Ensayo P30-0619

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA DEL CLIENTE : 1° TURNO – 01 de Julio
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 01 de Julio
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION VOLUMETRICA
FIRE ASSAY

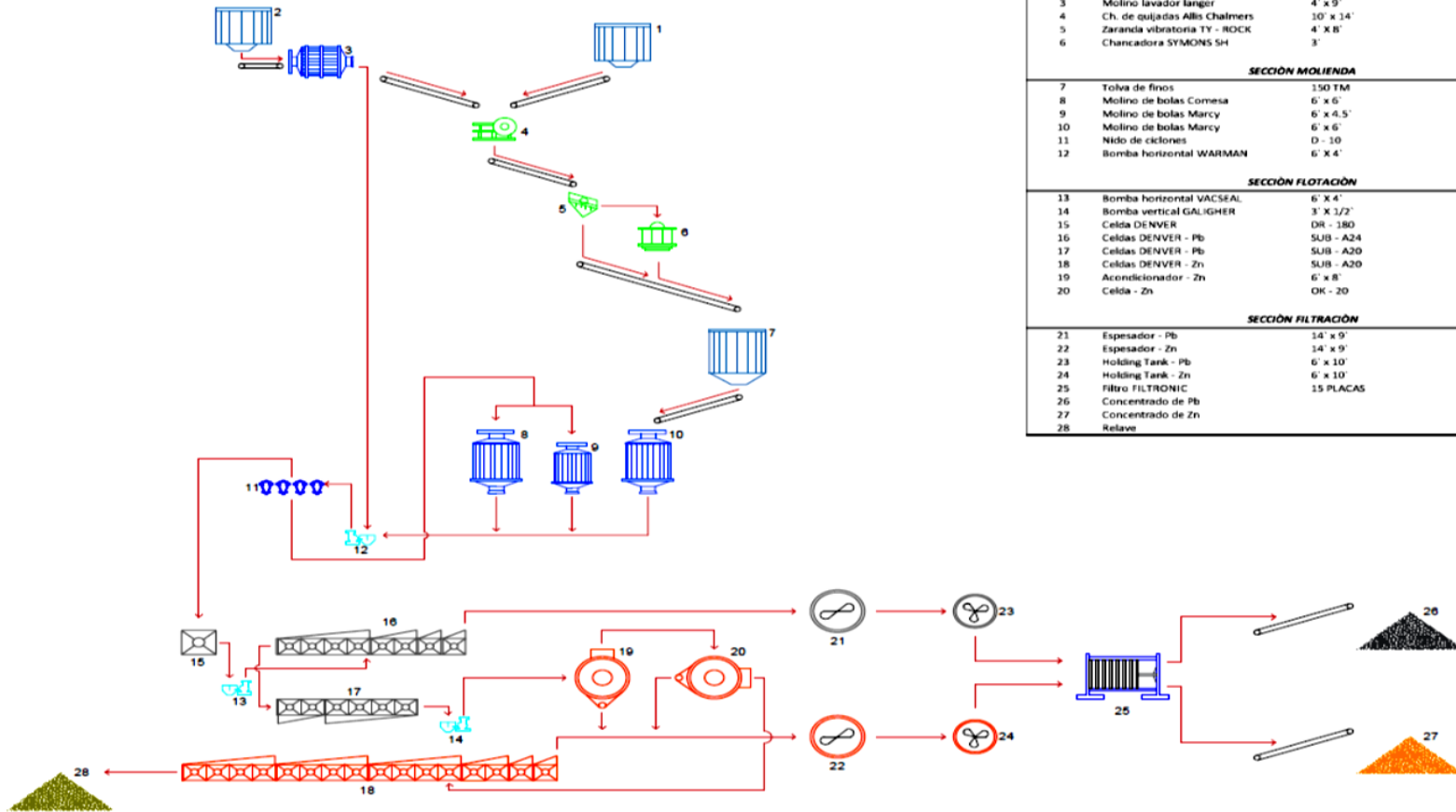
DESCRIPCION	Ag g/t	Pb %	Zn%
CAB	85,53	2,46	3,12
CONC. Pb	2363,87	57,00	4,95
CONC Zn	87,09	1,95	50,00
RVE	13,06	0,20	0,13

LABORATORIO QUÍMICO

EMITIDO EL 01/07/2019



UNIDAD MINERA RECUPERADA



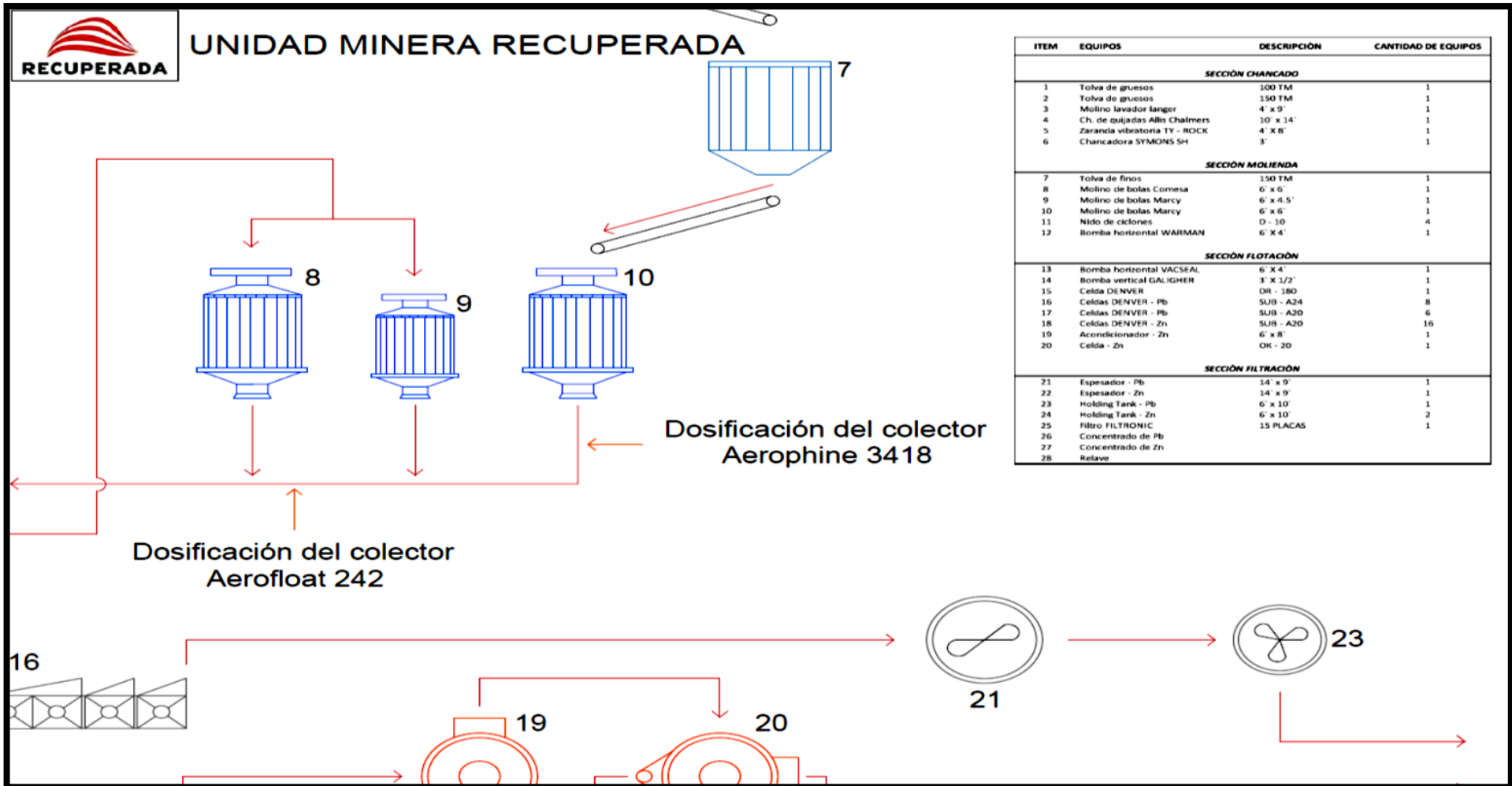
ITEM	EQUIPOS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE EQUIPOS
SECCIÓN CHANCADADO			
1	Tolva de gruesos	100 TM	1
2	Tolva de gruesos	150 TM	1
3	Molino lavador langer	4' x 9'	1
4	Ch. de guijadas Allis Chalmers	10' x 14'	1
5	Zaranda vibratoria TY - ROCK	4' x 8'	1
6	Chancadora SYMONS SH	3'	1
SECCIÓN MOLIENDA			
7	Tolva de finos	150 TM	1
8	Molino de bolas Comesa	6' x 6'	1
9	Molino de bolas Marcy	6' x 4.5'	1
10	Molino de bolas Marcy	6' x 6'	1
11	Nido de ciclones	D - 10	4
12	Bomba horizontal WARMAN	6' x 4'	1
SECCIÓN FLOTACIÓN			
13	Bomba horizontal VACSEAL	6' x 4'	1
14	Bomba vertical GALIGHER	3' x 1/2'	1
15	Celda DENVER	DR - 180	1
16	Celdas DENVER - Pb	SUB - A24	8
17	Celdas DENVER - Pb	SUB - A20	6
18	Celdas DENVER - Zn	SUB - A20	16
19	Acondicionador - Zn	6' x 8'	1
20	Celda - Zn	OK - 20	1
SECCIÓN FILTRACIÓN			
21	Espesador - Pb	14' x 9'	1
22	Espesador - Zn	14' x 9'	1
23	Holdng Tank - Pb	6' x 10'	1
24	Holdng Tank - Zn	6' x 10'	2
25	Filtro FILTRONIC	15 PLACAS	1
26	Concentrado de Pb		
27	Concentrado de Zn		
28	Relave		

Diagrama 1: Unidad Minera Recuperada

Fuente: Elaboración propia



UNIDAD MINERA RECUPERADA



ITEM	EQUIPOS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE EQUIPOS
SECCIÓN CHANCADO			
1	Tolva de gruesos	100 TM	1
2	Tolva de gruesos	150 TM	1
3	Molino lavador Janger	4' x 9'	1
4	Ch. de equisadas Allis Chalmers	10' x 14'	1
5	Zaranda vibratoria TY - ROCK	4' X 8'	1
6	Chancadora SYMONS SH	3'	1
SECCIÓN MOLIENDA			
7	Tolva de finos	150 TM	1
8	Molino de bolas Comesa	6' x 6'	1
9	Molino de bolas Marcy	6' x 4.5'	1
10	Molino de bolas Marcy	6' x 6'	1
11	Nido de ciclones	D - 10	4
12	Bomba horizontal WARMAN	6' X 4'	1
SECCIÓN FLOTACIÓN			
13	Bomba horizontal VACSAL	6' X 4'	1
14	Bomba vertical GALIGHIER	3' X 1/2'	1
15	Celda DENVER	DIR - 180	1
16	Celdas DENVER - Pb	SUB - A24	8
17	Celdas DENVER - Pb	SUB - A20	6
18	Celdas DENVER - Zn	SUB - A20	16
19	Acondicionador - Zn	6' x 8'	1
20	Celda - Zn	OK - 20	1
SECCIÓN FILTRACIÓN			
21	Espesador - Pb	14' x 9'	1
22	Espesador - Zn	14' x 9'	1
23	Holding Tank - Pb	6' x 10'	1
24	Holding Tank - Zn	6' x 10'	2
25	Filtro FILTRONIC	15 PLACAS	1
26	Concentrado de Pb		
27	Concentrado de Zn		
28	Relave		

Diagrama 2: Dosificación de colectores a evaluar

Fuente: Elaboración propia

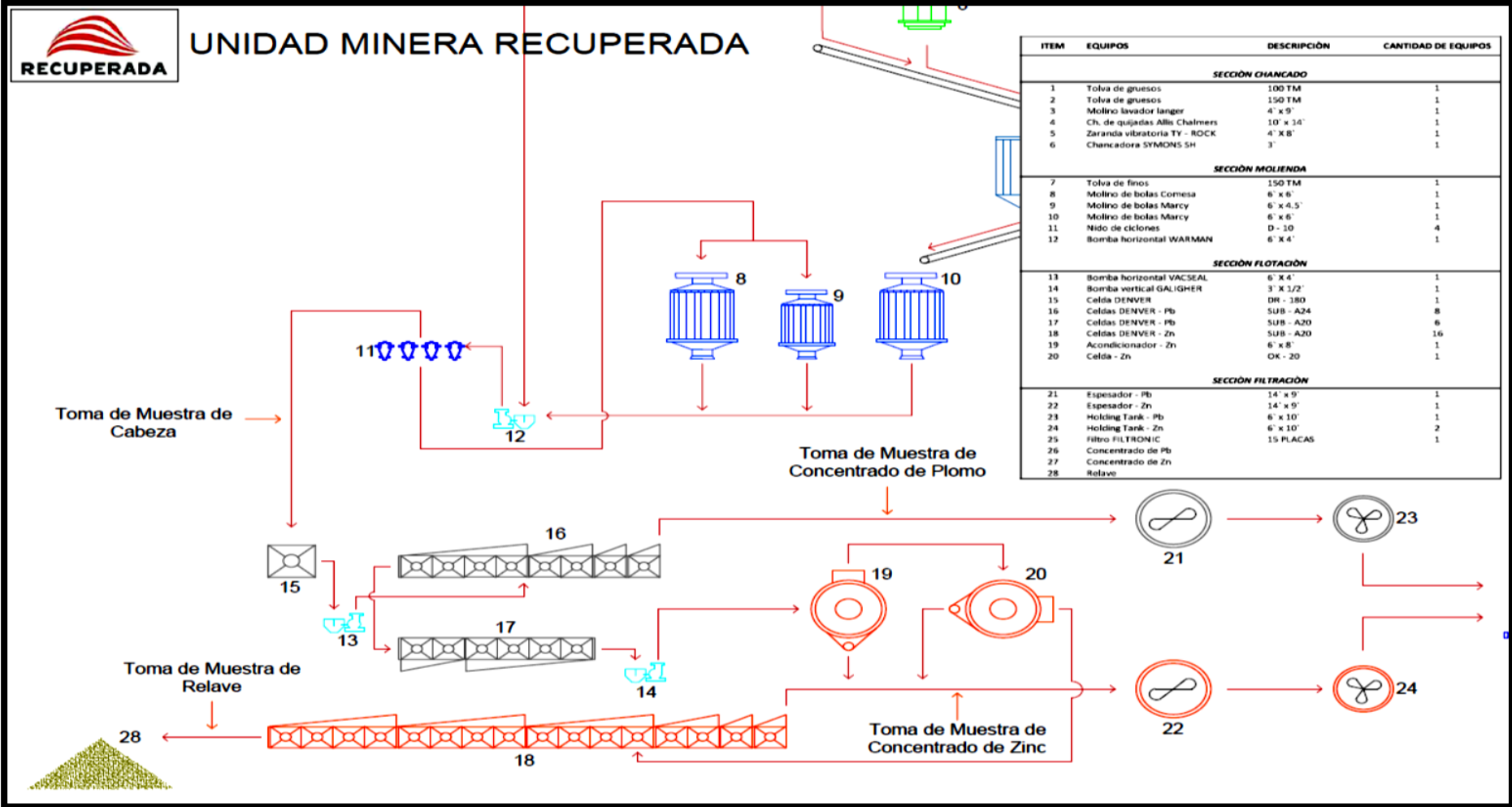


Diagrama 3: Puntos de toma de muestra
Fuente: Elaboración propia



Imagen 1: Vista noreste de la Planta Concentrado Recuperada

Fuente: Elaboración propia



Imagen 2: Vista noroeste de la Planta Concentrado Recuperada.

Fuente: Elaboración propia



Imagen 3: Vista sureste de la Planta Concentrado Recuperada

Fuente: Elaboración propia



Imagen 4: Vista sureste del área de flotación de la Planta Concentradora

Fuente: Elaboración propia



Imagen 5: Vista del distrito de Huachocolpa - Huancavelica.
Fuente: Elaboración propia