

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
METALÚRGICA



T E S I S

**Optimización del Hidrociclón en el circuito de molienda para la
recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha - Empresa
Administradora Cerro S.A.C. - Pasco – 2023**

**Para optar el título profesional de
Ingeniero Metalurgista**

Autores:

Bach. Heidi Marjick CARHUAS DE LA CRUZ

Bach. Frank CERVANTES SOSA

Asesor:

Dr. Cayo PALACIOS ESPIRITU

Cerro de Pasco – Perú - 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
METALÚRGICA



TESIS

**Optimización del Hidrociclón en el circuito de molienda para la recuperación de
Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha - Empresa Administradora Cerro
S.A.C. - Pasco - 2023**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Eduardo Jesús MAYORCA BALDOCEDA

PRESIDENTE

Dr. Hildebrando Anival CÓNDOR GARCÍA

MIEMBRO

Dr. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO

MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios por guiarnos por el camino correcto. A nuestros padres por inculcarnos valores y perseverancia día a día de cumplir esta meta.

AGRADECIMIENTO

- **A mis Maestros:** Por compartirnos el conocimiento e inculcarnos valores para poder desarrollarnos académicamente asumiendo los retos que se nos presente hacia el profesionalismo y éxito.

- **A los trabajadores de la Planta Concentradora Paragsha Empresa Administradora Cerro S.A.C. Pasco:** Por brindarnos toda accesibilidad y apoyo dentro de las instalaciones de la empresa, para poder desarrollar con éxito la presente investigación.

RESUMEN

El circuito de molienda - clasificación es enfocado desde un punto de vista metalúrgico más que energético, con el concepto de moler y clasificar, este trabajo realizado de la evaluación y operación de los hidrociclones primarios con o sin cilindro central de los ciclones resulta ser innovadora e importante en el tratamiento de minerales.

En procesamiento de minerales polimetálicos de Pb-Ag y Zinc por flotación constantemente se ha tenido una gran intención de realizar una flotación rápida de valores de Pb-Ag y es liberado en el propio circuito de molienda y clasificación de manera que los circuitos de flotación posteriores quedan habilitados para flotar mejor y con menor consumo de colector.

Para el trabajo realizado fue necesario de mayor intercambio de ideas para formar la decisión de aplicar para la extracción de valores de Pb-Ag liberados de la ganga antes que salga por el underflow del ciclón y retorne al molino ocasionando una sobre molienda del Pb-Ag.

Ahora en la concentradora Paragsha se encontró que es posible recuperar el Pb-Ag antes que salga por la descarga del ciclón logrando la recuperación de Pb-Ag y una gran disminución del desplazamiento de Pb-Ag finos hacia el relave general mejorando la recuperación de Pb-Ag.

El presente trabajo es una exposición de los parámetros que se aplican en el circuito de molienda y clasificación de la concentradora para que se presenten los resultados metalúrgicos económicos logrados y aseguramos que servirá de referencia para otras plantas concentradoras.

El tipo de investigación aplicada porque permite responder a los problemas planteados de acuerdo a la caracterización sobre la evaluación metalúrgica de los

minerales sulfurados de Pb-Ag en la concentradora Paragsha mediante la operación del hidrociclón en la 1ra y 2da sección de molienda con o sin cilindro de la parte central describiendo y explicando los resultados obtenidos con la modificación del hidrociclón.

El nivel de investigación es descriptivo-explicativo, ya que se centra en describir detalladamente cada situación.

El método de investigación empleado en la presente investigación es hipotético-deductivo, donde se buscará conjugar y analizar las variables independientes y obtener resultados en las variables dependientes.

El diseño será cuasiexperimental, porque manipular una sola variable en específica, metodología que permite establecer la relación existente entre la aplicación de las variables independientes en el proceso del resultado obtenido, considerando como variables dependientes teniendo en cuenta para ello el problema principal planteado y que será desarrollado dentro del contexto de la investigación.

En la última parte se analizan los resultados de las pruebas a escala de planta, que consistió en hacer operar los hidrociclones primarios con o sin cilindro central luego se analizan los resultados metalúrgicos logrados de las pruebas que son bastante positivos como se puede observar en los balances metalúrgicos los mejores concentrados y recuperación de Pb-Ag representando en un aumento de los ingresos económicos en favor de la Empresa.

Palabras claves: Hidrociclón, Extracción, Clasificación.

ABSTRACT

The grinding - classification circuit is focused from a metallurgical point of view rather than energy, with the concept of grinding and classifying not more but better, this work carried out on the evaluation and operation of the primary hydrocyclones with or without central cylinder of the cyclones turns out to be innovative and important in the treatment of minerals.

In the processing of polymetallic minerals of Pb-Ag and Zinc by flotation, there has always been a great intention to carry out a rapid flotation of Pb-Ag values and it is released in the grinding and classification circuit itself so that the subsequent flotation circuits they are enabled to float better and with less collector consumption.

For the work carried out, a greater exchange of ideas was necessary to form the decision to apply for the extraction of released values of Pb-Ag before it leaves through the cyclone underflow and returns to the mill, causing an over-grinding of Pb-Ag.

Now, at the Paragsha concentrator, it was found that it is possible to recover the Pb-Ag before it leaves the cyclone discharge, achieving the recovery of Pb-Ag and a great decrease in the displacement of fine Pb-Ag towards the general tailings, improving the recovery of Pb. -Aug.

The present work is an exposition of the parameters that are applied in the grinding and classification circuit of the concentrator in order to present the economic metallurgical results achieved and I am sure that it will serve as a reference for other concentrator plants.

The type of applied research because it allows responding to the problems raised according to the characterization on the metallurgical evaluation of the Pb-Ag sulphide minerals in the Paragsha concentrator through the operation of the hydrocyclone in the

1st and 2nd grinding section with or without cylinder of the central part describing and explaining the results obtained with the modification of the hydrocyclone.

The research level is descriptive-explanatory, since it focuses on describing situations in detail without having to manipulate any variable.

The research method used in this research is hypothetical-deductive, where it will seek to combine and analyze the independent variables and obtain results in the dependent variables.

The design will be quasi-experimental, because manipulating a single variable in specific, a methodology that allows establishing the existing relationship between the application of the independent variables in the process of the result obtained, considering them as dependent variables taking into account the main problem posed and that will be developed within the context of the research.

In the last part, the results of the tests at plant scale are analyzed, which consisted of operating the primary hydrocyclones with or without a central cylinder, then the metallurgical results obtained from the tests are analyzed, which are quite positive as can be seen in the balances. metallurgical the best concentrates and recovery of Pb-Ag representing an increase in economic income in favor of the Company.

Keywords: Hydrocyclone, Extraction, Classification.

INTRODUCCIÓN

La Empresa Administradora Cerro S.A.C. tiene la unidad de producción polimetálica de Pb-Ag y Zn lo cual se lleva a cabo el proceso metalúrgico por el método convencional el mismo que ha venido suscitando algunas desventajas en el procesamiento de minerales explotados por la Empresa minera.

La presente investigación titulado “Optimización del hidrociclón en el circuito de molienda para la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha Empresa Administradora Cerro S.A.C-Pasco-2023.”

Se implementará una nueva herramienta eficiente para el proceso de mejoramiento y eficaz de la planta concentradora donde existe diferentes gravedades específicas en cada especie mineralógica donde el plomo presente en el underflow del ciclón por su alta gravedad específica generalmente sufre una remolienda, por su mayor resistencia recirculando por el cual se convierten posteriormente en pérdidas metálicas de valores.

Mediante la modificación de la clasificación en los hidrociclones de la 1ra y 2da sección de molienda con o sin cilindro central del ciclón que este proceso lo presenta y así obtener las ventajas y beneficios que brinda los hidrociclones operando sin cilindro central.

Los resultados logrados fueron positivos porque disminuyen la sobre molienda del plomo ya liberado que va por el underflow del ciclón desde entonces la operación del ciclón sin cilindro es eficaz.

El presente trabajo resume la implementación desde su fase de investigación modificación la etapa de escalamiento industrial y optimización del equipo que no requiere inversión logrando la flotación de Pb-Ag ya liberado observando una excelente flotabilidad.

Para concluir debemos expresar los más sinceros y respetuosos reconocimientos a los ingenieros que brindaron su asesoramiento y consejos profesionales ya que la presente investigación constituye un esfuerzo académico orientado a mejorar la performance metalúrgica de la planta concentradora utilizando para ello herramientas y conocimientos adquiridos durante nuestra preparación académica.

Para una mayor comprensión la investigación se desarrolló de la siguiente manera.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, Se presenta la determinación del problema, formulación, objetivos, hipótesis, variables, justificación, así como también la importancia de la presente investigación.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO: Presentamos los antecedentes, bases teóricas del Hidrociclón y definición de términos básicos de la investigación., Formulación de la Hipótesis e identificación de variables.

CAPITULO III: METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN, Se presenta el tipo, método, diseño de la investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos, Tratamiento estadístico, Orientación ética.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN, Se presenta la descripción del trabajo de campo, presentación, análisis e interpretación de resultados, prueba de hipótesis, discusión de resultados.

Finalmente se proporciona las conclusiones, recomendaciones, una lista de referencias bibliográficas y anexos.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLA

ÍNDICE DE FIGURA

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema.	1
1.2.	Delimitación de la investigación.	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 general.	3
1.4.2.	Objetivos específicos.	3
1.5.	Justificación de la investigación.	4
1.5.1.	Técnica.	4
1.5.2.	Económica.	4
1.5.3.	Medio ambiente.	4
1.6.	Limitaciones de la investigación.	5

1.6.1. Limitación teórica	5
---------------------------------	---

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio.	6
2.1.1. Ubicación-Accesibilidad.....	9
2.2. Bases teóricas-científicas.....	10
2.2.1. Hidrociclones	10
2.2.2. Ventajas.....	11
2.2.3. Variables de los hidrociclones.	11
2.2.4. Curva tromp	12
2.2.5. Modelo de Gaudin Schumann.....	12
2.2.6. Modelo matemático de plitt	13
2.2.7. Reseña histórica del mineral de plomo	15
2.2.8. Propiedades físicas del plomo.....	15
2.2.9. Propiedades químicas del plomo.	16
2.2.10. Propiedades físicas de la plata.	17
2.2.11. Propiedades químicas de la plata.	17
2.2.12. Efectos del tamaño de partícula.	17
2.2.13. Problemática de los finos.	18
2.2.14. Determinación de la liberación.	19
2.2.15. Análisis de liberación.....	19
2.2.16. Descripción de la concentradora paragsha.....	20

2.3.	Definición de términos básicos.....	33
2.4.	Formulación de la hipótesis.....	34
2.4.1.	Hipótesis general.....	34
2.4.2.	Hipótesis específica.....	34
2.5.	Identificación de las variables.....	34
2.5.1.	Variable independiente.....	34
2.5.2.	Variable dependiente.....	34
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	35

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	36
3.2.	Nivel de investigación.....	36
3.3.	Métodos de investigación.....	37
3.4.	Diseño de investigación.....	38
3.5.	Población y muestra.....	38
3.6.	Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	38
3.7.	Técnicas de procesamientos y Análisis de datos.....	39
3.8.	Tratamiento estadístico.....	39
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	40

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	41
4.1.1.	Materiales y equipos empleados.....	42
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	42
4.2.1.	Rediseño del hidrociclón.....	42

4.2.2.	Análisis granulométrico y distribución de contenido metálico.....	47
4.2.3.	Eficiencia y construcción de la curva tromp.....	71
4.2.4.	Ensayes de los productos del hidrociclón.	83
4.2.5.	Eficiencia global del clasificador-Gaudin Shumann.....	83
4.2.6.	Eficiencia global del clasificador-modelo matemático Plitt.	86
4.3.	Prueba de hipótesis	90
4.4.	Discusión de resultados	92
4.4.1.	Balance metalúrgico.....	93
4.4.2.	Valorización del concentrado de Pb-Ag.	97

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Vías de Acceso.....	9
Tabla 2 Leyenda del Circuito de Chancado-Planta Concentradora Paragsha.	23
Tabla 3 Leyenda del Circuito de Molienda-Planta Concentradora Paragsha.	26
Tabla 4 Leyenda del Circuito de Flotación de Plomo-Planta Concentradora Paragsha.	31
Tabla 5 Leyenda del Circuito de Flotación de Zinc-Planta Concentradora Paragsha.	32
Tabla 6 Variable, Definición, Dimensiones e Indicadores.....	35
Tabla 7 Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico en las Fracciones de Tamaño de los Productos Alimentación del Hidrociclón N° 1 con Cilindro.	47
Tabla 8 Análisis Granulométrico y Distribución de Concentrados Metálicos en las Fracciones de Tamaño de los Productos Gruesos del Hidrociclón N° 1 con Cilindro.	49
Tabla 9 Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico de las Fracciones de Tamaño de los Productos Finos del Hidrociclón N° 1 con Cilindro.	51
Tabla 10 Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico en las Fracciones de Tamaño de los Productos Alimentación del Hidrociclón N° 5 con Cilindro.	53
Tabla 11 Análisis Granulométrico y Distribución de Contenido Metálico en las Fracciones de Tamaño de los Productos Gruesos del Hidrociclón N° 5 con cilindro.	55
Tabla 12 Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico de las Fracciones de Tamaño de los Productos Finos del Hidrociclón N° 5 con Cilindro.	57
Tabla 13 Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico en las Fracciones de Tamaño de los Productos Alimentación al Hidrociclón N° 2 Sin Cilindro.	59
Tabla 14 Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico de las Fracciones de Tamaño de los Productos Gruesos del Hidrociclón N° 2 sin cilindro.	61
Tabla 15 Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico en las Fracciones del Tamaño de los Productos Finos del Hidrociclón N° 2 sin cilindro.	63
Tabla 16 Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico en las Fracciones del Tamaño de los Productos Alimentación del Hidrociclón N° 6 sin Cilindro.	65

Tabla 17 <i>Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico de las Fracciones de Tamaño de los Productos Gruesos del Hidrociclón N° 6 sin cilindro.</i>	67
Tabla 18 <i>Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico en las Fracciones de Tamaño de los Productos Finos de Hidrociclón N° 6 sin cilindro.</i>	69
Tabla 19 <i>Cuadro de eficiencia del Hidrociclón N°1 con cilindro.</i>	71
Tabla 20 <i>Cuadro de eficiencia del Hidrociclón N°2 sin cilindro</i>	74
Tabla 21 <i>Cuadro de eficiencia del hidrociclón N°5 con Cilindro</i>	77
Tabla 22 <i>Cuadro de eficiencia del hidrociclón N°6 sin Cilindro</i>	80
Tabla 23 <i>Ensayes de los Productos del Hidrociclón N°1 Con Cilindro y N°2 Sin Cilindro...</i>	83
Tabla 24 <i>Ensayes de los Productos del Hidrociclón N°5 Con Cilindro y N°6 Sin Cilindro...</i>	83
Tabla 25 <i>Tabla análisis de varianza</i>	91
Tabla 26 <i>Balance Metalúrgico de la Planta Operando los Hidrociclones Primarios Con Cilindro Central</i>	93
Tabla 27 <i>Balance Metalúrgico de la Planta Operando los Hidrociclones Primarios Con Cilindro Central</i>	93
Tabla 28 <i>Balance Metalúrgico de la Planta Operando los Hidrociclones Primarios Con Cilindro Central</i>	94
Tabla 29 <i>Balance Metalúrgico de la Planta Operando los Hidrociclones Primarios Con Cilindro Central</i>	94
Tabla 30 <i>Balance Metalúrgico de la Planta Operando los Hidrociclones Primarios Sin Cilindro Central</i>	95
Tabla 31 <i>Balance Metalúrgico de la Planta Operando los Hidrociclones Primarios Sin Cilindro Central</i>	95
Tabla 32 <i>Balance Metalúrgico de la Planta Operando los Hidrociclones Primarios Sin Cilindro Central</i>	96
Tabla 33 <i>Balance Metalúrgico de la Planta Operando los Hidrociclones Primarios Sin Cilindro Central</i>	96
Tabla 34 <i>Instrumentos de Investigación Matriz de Consistencia</i>	108

ÍNDICE DE FIGURA

<i>Figura 1</i> Vía de Acceso-Cerro de Pasco.....	9
<i>Figura 2</i> Diagrama de Flujo de la Planta Concentradora Paragsha-Chancado.....	22
<i>Figura 3</i> Diagrama de Flujo de la Planta Concentradora Paragsha-Molienda.....	25
<i>Figura 4</i> Diagrama de Flujo de Planta Concentradora Paragsha-Flotación de Plomo.....	29
<i>Figura 5</i> Diagrama de Flujo de la Planta Concentradora Paragsha-Flotación de Zinc.....	30
<i>Figura 6</i> Hidrociclón con Cilindro	44
<i>Figura 7</i> Hidrociclón sin Cilindro	46
<i>Figura 8</i> Ensayo de los productos alimentación del Hidrociclón N° 1 con cilindro.....	48
<i>Figura 9</i> Distribución de los productos de alimentación al Hidrociclón N°1 con cilindro...	48
<i>Figura 10</i> Ensayes de los productos gruesos del Hidrociclón N° 1 con cilindro.....	50
<i>Figura 11</i> Distribución de los productos gruesos del Hidrociclón N° 1 con cilindro.....	50
<i>Figura 12</i> Ensayes de los Productos finos del Hidrociclón N° 1 con cilindro.....	52
<i>Figura 13</i> Distribución de los productos finos del Hidrociclón N° 1 con cilindro	52
<i>Figura 14</i> Ensayo de los productos alimentación del Hidrociclón N° 5 con cilindro:	54
<i>Figura 15</i> Distribución de los productos alimentación del Hidrociclón N° 5 con cilindro: ...	54
<i>Figura 16</i> Ensayes de los productos gruesos del Hidrociclón N° 5 con cilindro.....	56
<i>Figura 17</i> Distribución de los productos gruesos del Hidrociclón N° 5 con cilindro.....	56
<i>Figura 18</i> Ensayes de los productos finos del Hidrociclón N° 5 con cilindro.	58
<i>Figura 19</i> Distribución de los productos finos del Hidrociclón N° 5 con cilindro.	58
<i>Figura 20</i> Ensayes de los productos de alimentación al Hidrociclón N° 2 sin cilindro.	60
<i>Figura 21</i> Distribución de los productos de alimentación al Hidrociclón N° 2 sin cilindro. .	60
<i>Figura 22</i> Ensayes de los Productos gruesos del Hidrociclón N° 2 sin cilindro.	62
<i>Figura 23</i> Distribución de los productos gruesos del Hidrociclón N° 2 sin cilindro.....	62
<i>Figura 24</i> Ensayes de los productos finos del Hidrociclón N° 2 sin cilindro.	64
<i>Figura 25</i> Distribución de los productos finos del Hidrociclón N° 2 sin cilindro.	64
<i>Figura 26</i> Ensayes de los productos de alimentación del Hidrociclón N° 6 sin cilindro.....	66

Figura 27	<i>Distribución de los productos de alimentación del Hidrociclón N° 6 sin cilindro.</i>	66
Figura 28	<i>Ensayes de los productos gruesos del Hidrociclón N° 6 sin cilindro.</i>	68
Figura 29	<i>Distribución de los productos gruesos del Hidrociclón N° 6 sin cilindro.</i>	68
Figura 30	<i>Ensaye de los productos finos de Hidrociclón N° 6 sin cilindro.</i>	70
Figura 31	<i>Distribución de los productos finos de Hidrociclón N° 6 sin cilindro.</i>	70
Figura 32	<i>Curva tromp del hidrociclón N°1 con cilindro.</i>	72
Figura 33	<i>Curva Gaudin-Shumann del hidrociclón N°1 con cilindro.</i>	73
Figura 34	<i>Curva tromp del hidrociclón N°2 sin cilindro.</i>	75
Figura 35	<i>Curva Gaudin-Shumann del hidrociclón N°2 sin cilindro.</i>	76
Figura 36	<i>Curva tromp del hidrociclón N°5 con cilindro.</i>	78
Figura 37	<i>Curva Gaudin-Shumann del hidrociclón N°5 con cilindro.</i>	79
Figura 38	<i>Curva tromp del hidrociclón N°6 sin cilindro.</i>	81
Figura 39	<i>Curva Gaudin-Shumann del hidrociclón N°6 sin cilindro.</i>	82
Figura 40	<i>Hoja de trabajo.</i>	107
Figura 41	<i>Parámetro de constantes- Moly-cop tools.</i>	110
Figura 42	<i>Rod Mill-Planta Concentradora Paragsha.</i>	111
Figura 43	<i>Rod mill-Planta Concentradora Paragsha.</i>	112
Figura 44	<i>Hidrociclón con cilindro central.</i>	113
Figura 45	<i>Hidrociclón sin cilindro central.</i>	114

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.

La Empresa Administradora Cerro S.A.C., tiene una unidad de producción que es la Planta Concentradora Paragsha que cuenta con una capacidad de 8700 TMD, por lo que procesa minerales procedentes de la mina subterránea y de los stocks piles de Rumiallana, Miraflores y Hanancocha que son minerales acumulados años atrás procedentes del Tajo abierto debido a su formación geológica la naturaleza del mineral del Tajo es particularmente compleja la mineralización del Pb-Ag y Zinc ocurre generalmente en forma de diferentes asociaciones de galena argentífera, esfalerita, marmatita o caliza una diseminación de minerales argentíferos.

La influencia de la composición mineralógica específicamente de la densidad de las partículas mono minerales plomo y/o mixta tiene un efecto notable en la clasificación lo cual a su vez redundo en la mayor o menor molienda de determinada partícula en este caso los hidrociclones no clasifican por tamaño sino por una combinación de tamaño y densidad del mineral.

En el análisis de contenido metálico de los productos del hidrociclón se observa que las pérdidas se dan en los tamaños extremadamente finos de Pb-Ag. Esto debido a la complejidad y variedad de los minerales provenientes de las diferentes zonas que tienen un comportamiento metalúrgico muy variado que rara vez se logró alcanzar el 30% de recuperación de Pb-Ag y esto con baja calidad de los concentrados de plomo por lo que nos hemos propuesto investigar a nivel de planta cuál es la causa y cómo superar esta baja recuperación con tal propósito se plantea realizar pruebas en hidrociclones primarios de la 1ra y 2da sección de molienda operando con y sin cilindro central del hidrociclón que nos permite subir la recuperación de Pb-Ag en función de la clasificación de los hidrociclones.

1.2. Delimitación de la investigación.

- La planta concentradora Paragsha es parte de la Empresa Administradora Cerro S.A.C que se ubica en Paragsha distrito Simón Bolívar, departamento de Pasco.
- El estudio de la clasificación de los hidrociclones primarios de la 1ra y 2da sección de molienda se realizó a partir de Diciembre 2022 hasta el mes de Abril 2023.
- Todo el trabajo del estudio se realizó en el circuito de clasificación de la 1ra y 2da sección de molienda, las pruebas en el laboratorio experimental y los cálculos en la oficina de la planta.

1.3. Formulación del problema.

1.3.1. Problema general.

¿En qué medida favorece la optimización del hidrociclón en el circuito de molienda para la recuperación de Pb-Ag en la Planta Concentradora Paragsha - Empresa Administradora Cerro S.A.C.-Pasco-2023?

1.3.2. Problemas específicos.

- a) ¿En qué medida favorece el rediseño del hidrociclón para la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha - Empresa Administradora Cerro S.A.C.-Pasco-2023?
- b) ¿En qué medida favorece el estudio granulométrico para la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha - Empresa Administradora Cerro S.A.C.-Pasco-2023?

1.4. Formulación de objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Determinar la medida en que la optimización del hidrociclón en el circuito de molienda favorece la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha - Empresa Administradora Cerro S.A.C.-Pasco-2023.

1.4.2. Objetivos específicos.

- a) Determinar la medida en que el rediseño del hidrociclón favorece la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha - Empresa Administradora Cerro S.A.C.-Pasco-2023.
- b) Determinar la medida en que el estudio granulométrico favorece la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha - Empresa Administradora Cerro S.A.C.-Pasco-2023.

1.5. Justificación de la investigación.

1.5.1. Técnica.

En el campo de procesamiento de minerales polimetálicos aplicando las nuevas modificaciones en la clasificación antes de la flotación de Pb-Ag como es el caso de aplicar la clasificación del hidro ciclón en el circuito de molienda con y sin el cuerpo cilíndrico antes de la flotación de Pb-Ag nos proporcionará un potencial muy importante en la reducción del desplazamiento del plomo fino hacia el circuito de Zinc y al relave general.

1.5.2. Económica.

Se considera que con el nuevo mecanismo del circuito de clasificación del circuito de molienda lográndose después en la flotación un concentrado de Pb-Ag de mejor calidad esto facilitara incrementar la recuperación de sus concentrados y una mejor comercialización con mayores ventajas económicas a favor de la empresa y trabajadores.

1.5.3. Medio ambiente.

Visto que la molienda es un proceso de quien depende la calidad y la recuperación de los minerales valiosos controlando, en este caso con la modificación en los hidrociclones primarios la mayor recuperación de Pb-Ag hacia el overflow evitando la sobre molienda y evitando el desplazamiento de lo mencionado hacia el relave general como lamas, entonces tendrá efectos positivos en el cuidado del medio ambiente, de la ecología, así como también estaría elevando el nivel de protección de la salud de la población aledaña.

1.6. Limitaciones de la investigación.

1.6.1. Limitación teórica

La empresa Administradora Cerro S.A.C. argumenta que no brinda información ya que es estrictamente privada, por el cual implicó mayor tiempo de espera para la obtención de datos. Así mismo la escasez de fuentes relevantes o actualizadas en el tema de investigación fue limitada.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio.

(Aldana & Rojas, 2019); “Optimización del proceso de clasificación, para mejorar el tratamiento del mineral polimetálico Cu, Pb y Zn de la compañía minera kolpa S.A”; tiene como objetivo Potenciar el proceso de clasificación para mejorar el tratamiento del mineral polimetálico. Se aplicaron técnicas de muestreo, con el fin de obtener un composito que será la muestra representativa en 24 horas, para evaluar las variables de mayor influencia en la etapa de clasificación. Se hace la evaluación en los puntos y se optimiza dando a conocer un antes un después de todas las pruebas dando como resultado en el dimensionamiento del hidrociclón D-12 B (6´x6´) la mejora de clasificación DE 23,19 % A 36,06% A MALLA -200, en el hidrociclón D-12C(5´x6´) la mejora de clasificación DE 30,11 % A 43,79 % A MALLA -200. Concluyendo que al mejorar la clasificación en un 5.6 % se mejoró la recuperación llegando a un 51.3 para el cobre, 84% para el plomo y 89% en el zinc.

(Cuba, 2018); “Parámetros de Operación de un Hidrociclón para la clasificación de Relaves Mineros en la UMCL-Compañía Minera Milpo S.A.A.”; tiene como objetivo evaluar los parámetros de operación de un hidrociclón e identificar los más importantes para la clasificación de relaves. Lo cual llevara a realizar un cálculo primordial para obtener el número de hidrociclones que sería necesario para el nido y posteriormente se desarrollara los ensayos con distintos diámetros de ápex y vortex para obtener de datos cuantitativos. Y de acuerdo a este estudio, los parámetros de operación más importantes de un hidrociclón son el diámetro del ápex (spigot) y el diámetro del vortex (tubo buscador de vórtice). Lo cual concluye que tomando en cuenta que 45% malla-400 es la granulometría optima al cual se pretende llegar (100%), incrementando la granulometría del relave de alimentación desde 26.83% malla-400 (59.62%) hasta 40.46% malla-400 (89.91%), se logra optimizar la granulometría del relave de alimentación a relleno en pasta en un 30.29%, con lo cual se optimiza también, la retención de agua y el endurecimiento del concreto de relleno.

Mc. Farlane y Mc. Cune (2015) manifestaron que iniciaron con la actualización y ampliación de las instalaciones de la planta concentradora Paragsha, que llegaría a lograr la mayor producción de cobre y plata a principios del siglo. La primera operación a gran escala fue que utilizó la Cerro de Pasco Copper Corporation para ampliar las operaciones. La minería de Pasco fue siempre una de las más importante de la Compañía hasta el tiempo de venta de las operaciones mineras de la empresa que recién formada en 1974 como Empresa Minera del Centro del Perú S.A., a la actualidad como Empresa

Administradora Cerro S.A.C. que es dueño de la mina y la Concentradora Paragsha.

Es necesario mencionar que los minerales de Cerro de Pasco han sido muy estudiados a nivel nacional como internacional y a la actualidad también se mantiene esta tendencia de parte de la Gerencia, en la época de Centro Min Perú S.A. una minera japonesa, dijo que es difícil concebir con minerales en buenas leyes de plomo- plata y zinc que no se pueden lograr buenos grados de concentrados, recuperaciones de estos minerales especialmente de la plata que es demasiado baja cuando existe tanto adelanto en el mundo en todos los aspectos, actualmente se sigue investigando habiéndose mejorado en las recuperaciones, pero la plata está lejos de lo óptimo debido a lo difícil que resulta obtener buenas recuperaciones de minerales tan complejos finamente diseminados, altamente piritoso y con contenido de óxidos como los minerales provenientes de diferentes zonas como Rumillana, Miraflores, Hanancocha y Yanamate, etc.

Para la realización del presente estudio, se verifica de las diferentes informaciones realizadas sobre el tema, con la finalidad de obtener una información histórica o presente, para nuestro caso recurrimos a la experiencia profesional, información bibliográfica, resúmenes de congresos, catálogos relacionados con el tema también se acudió a las páginas web de las Universidades Nacionales, extranjeras haciendo uso de la red internet, esto nos ayudará a determinar el parámetro óptimo que se desea para lograr el objetivo del estudio.

2.1.1. Ubicación-Accesibilidad.

La planta Concentradora Paragsha como parte de la U.E.A., Cerro de Pasco de la Empresa Administradora Cerro S.A.C., se ubica en el CC.PP de Paragsha distrito Simón Bolívar provincia del departamento de Pasco, su clima está definido por los siguientes parámetros:

- Estaciones época lluviosa enero febrero y marzo predominando las lluvias y a veces las nevadas época seca del resto del año.

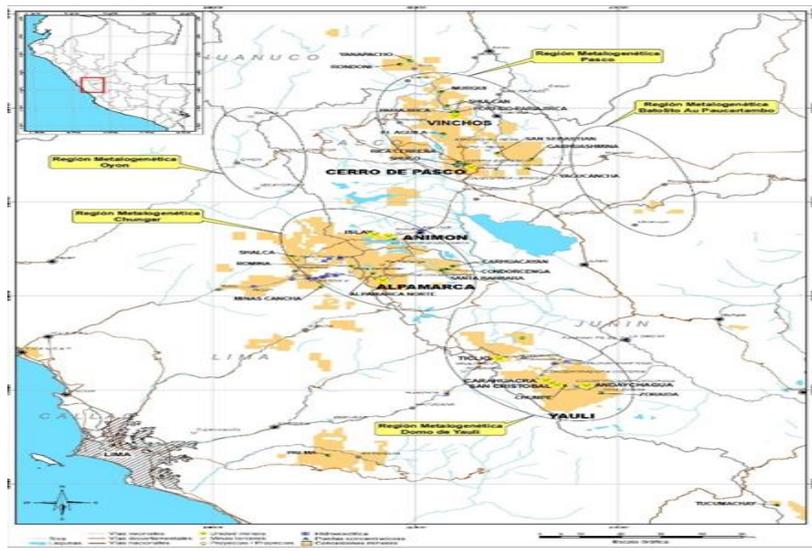
Tabla 1

Vías de Acceso

RUTA	CARRETERA
Lima – La Oroya – Cerro de Pasco	306 Km
Cerro de Pasco – La Oroya	127 Km
Lima – Canta – Cerro de Pasco	410 Km
Cerro de Pasco – Callao	324 Km
Cerro de Pasco - Cajamarquilla	300 Km

Figura 1

Vía de Acceso-Cerro de Pasco



2.2. Bases teóricas-científicas.

2.2.1. Hidrociclones

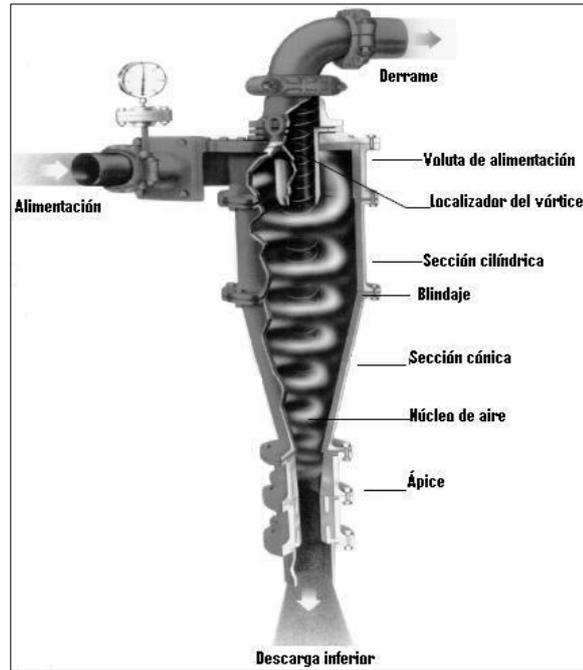
El hidrociclón es un equipo de clasificación y operación continua que utiliza la fuerza centrífuga para agilizar la rapidez de sedimentar la partícula.

Su principal uso en el procesamiento de minerales es como un clasificador que ha demostrado ser capaz de separar las partículas de tamaños finos y gruesos. Actualmente se usa más en las operaciones de molienda en circuito cerrado, pero también tiene otros muchos usos tales como deslamado, espesamiento y recientemente se usa mucho para el lavado de carbón fino.

Debido al poco espacio que ocupa en la planta de beneficios y a su no consumo energético con respecto a otros equipos que cumplen la misma función, los hidrociclones son preferidos en la industria.

Un ciclón consta de una sección cilíndrica recta con un tope abierto montado sobre una sección cónica abierta en el fondo, un segundo cilindro abierto llamado Vortex Finder que se halla localizado centralmente dentro de la porción cilíndrica cuando la pulpa se fuerza tangencialmente dentro del ciclón, la corriente de pulpa viaja a una velocidad alta y en una trayectoria circular.

Los productos se descargan verticalmente a través del orificio del rebalse (Vortex Finder) en el tope y el orificio de descarga (Apex) en el fondo.



Nota: Figura esquemática del Hidrociclón (Krebs, 2009)

2.2.2. Ventajas

- Estructura simple y de fácil uso.
- Alta eficiencia de clasificación.
- Buena capacidad de trabajo.
- Se colocan en forma paralelo para mejorar su capacidad de filtración.

2.2.3. Variables de los hidrociclones.

a) Variables de operaciones:

- Velocidad de flujo de alimentación.
- Presión de alimentación o caída de presión.
- Concentración de sólidos en la alimentación y Arenas.
- Tamaño y forma de las partículas sólidas.
- Densidad de sólidos y densidad del medio líquido.
- Viscosidad del medio líquido.

b) Variable de diseño:

- Diámetro del ciclón.
- Diámetro del Feed, Vortex y Apex.
- Longitud del Vortex Finder.
- Dimensiones del cuerpo (sección, cilindro y cónica)

c) Variables del mineral

- Gravedad específica
- Composición mineralógica
- Distribución granulométrica
- Capacidad de bombeo

2.2.4. Curva Tromp

El método más común de representar la eficiencia de un ciclón será mediante la curva de Partición o Curva de Tromp, donde el objetivo es lograr una buena eficiencia que se entiende a la probabilidad para partículas finas y elevada probabilidad para partículas gruesas. Para la construcción de la curva emplearemos el porcentaje en peso de sólidos en una malla, si logramos obtener una línea vertical se entiende que tendremos una eficiencia al 100% y el By-Pass será la medida que nos indica la cantidad de finos y super finos, que está ignorando el separador y está volviendo al molino.

2.2.5. Modelo de Gaudin Schumann

Se define a la resolución de un análisis granulométrico, que llegan a ser generalizados por expresiones matemáticas llamadas funciones de distribución de tamaños, que relacionan el tamaño de partícula (abertura del tamiz que retiene o deja pasar a la partícula), con un porcentaje en peso, usualmente el acumulado retenido o pasante. La función de distribución de GATES-GUDIN-

SCHUHMANN, se conoce como distribución de SCHUHMANN, es la función matemática más utilizada para representar sistemas de partículas. Indica la distribución de tamaños de partículas que existen en una muestra.

2.2.6. Modelo matemático de Plitt

El modelo de Plitt se utiliza para predecir el rendimiento de los hidrociclones en función de las características del hidrociclón y de la alimentación. El cual se implementa y se hace uso en la herramienta de cálculo Molycop Tools para calcular la eficiencia de separación y el tamaño de corte del hidrociclón.

A) Correlación para la presión de alimentación a ciclones(H)

$$H = a_1 = \frac{Q^{1.46} \exp(-7,36x\varphi + 10,79x\varphi^2)}{(DC)^{0,20} h^{0,15} DI^{0,51} DO^{1,65} DU^{0,53}}$$

H= Presión de alimentación del hidrociclón [lb/pug2]

Q=Tasa de alimentación volumétrica del hidrociclón [m³/hr]

φ=Fracción de solidos en alimentación al ciclón [% volumen]

DC=Diámetro del ciclón [Pulg]

h= Altura libre del Hidrociclón, distancia del fondo del vortex hasta el extremo del ápex.

DI= Diámetro de la entrada de alimentación al interior

DU=Diámetro de ápex ciclón

DO=Diámetro de vortex

a₁= Constante de aplicación determinada por un conjunto de datos de planta.

B) Tamaño de corte corregido (d_{50})

Se define como el tamaño de partícula que consiste en un cociente de peso 50/50 entre el underflow y el overflow.

$$d_{50c} = a_2 * \frac{(DC)^{0,44} x (DI)^{0,58} x (DO)^{1,91} x \exp(11,12 x \phi)}{(DU)^{0,80} h^{0,37} Q x 0,34 x (\rho_s - 1)^{0,50}}$$

d_{50c} = Tamaño de corte corregido

ϕ = % de solidos

ρ_s = Densidad relativa o gravedad especifica del mineral

a_2 = Constante de aplicación dependiente de forma similar a a_1

C) Razón de flujo (S)

Carga circulante liquida, relación de flujo volumétrico del V/F y el flujo volumétrico del O/F

$$S = \frac{Q_u}{Q_o} = a_3 * \frac{h^{0,19} x \frac{DU^{2,64}}{DO} x e^{(-4,33x\phi+8,77x\phi^2)}}{H^{0,54} DC^{0,38}}$$

Q_u = Tasa de flujo volumétrico del V/F, m^3/hr

Q_o = Tasa de flujo volumétrico del O/F, m^3/hr

a_3 = Determinada como a_1, a_2 .

D) Eficiencia de clasificación corregida.

$$E_{ic} = 1 - \exp(-0,693x(\frac{d_i}{d_{50}})^m)$$

E_{ic} = Eficiencia de clasificación corregida

d_i = Diámetro de las partículas de tamaño

m = Parámetro llamado Plitt y su correlación forma de la siguiente manera.

$$m = \exp\left[a_4 - 1,58 \times \frac{S}{S + 1}\right] \times \left[\frac{(DC)^2 h}{Q}\right]^{0,15}$$

a4=Determinada como a₁, a₂ y a₃.

m= La pendiente m del modelo de Plitt se desarrolla en un estándar de 1 a 4, ya que la ecuación trabaja en ese rango; por tanto, si pasa del límite establecido, el resultado ya no es de confianza

2.2.7. Reseña histórica del mineral de plomo

El plomo y la plata aparecieron juntos ya que ambos se encuentran por lo general como galena argentífera que se conocieron por 1ra vez en asia menor en el año 3000 a.c., tenían un monopolio casi total sobre la producción de plomo y plata, y obtenían el metal del mineral mediante un proceso de tostado, al que se añadía carbón vegetal como combustible, pero que también actuaba como agente reductor la lejía obtenida se somete a copelación para la recuperación de plata y del sobrante se recuperaba en forma secundaria el plomo o con reducción de carbón.

En nuestro país desde la época de la Colonia hasta el siglo XIX la explotación minera se orienta en los metales preciosos los procesos metalúrgicos tenían como prioridad la obtención de la plata metálica y al plomo no se daba importancia en especial en la zona Central Pasco, Junín y Huancavelica son departamentos con yacimientos que son procesados en los diferentes concentradoras de la zona.

2.2.8. Propiedades físicas del plomo.

El plomo es un metal que tiene por caracterización un color gris azulado brillante en la superficie recientes muy blandos y que se raya con la uña muy maleable y es el menos tenaz de todos los metales, posee gran densidad y puntos

de fusión baja con una cristalización en octaedros y el cual deja una mancha gris en el papel.

Sus principales parámetros son:

- Símbolo : Pb
- Numero atómico : 82
- Peso atómico : 207.21
- Solubilidad : Poco soluble en agua
- Estado físico : Solido grisáceo
- Punto de fusión : 326.9°C
- Estado de oxidación : +2 y +1
- Punto de ebullición : 1750 °C

2.2.9. Propiedades químicas del plomo.

- El plomo al estar en contacto con el aire se oxida superficialmente recubriéndose de una capa de color gris (Pb_2O) que se quita el brillo metálico.
- Cuando está recién fundido el plomo se oxida rápidamente formando el producto PbO que es conocido como Masicot.
- El plomo en presencia del agua de lluvia y del CO_2 del aire tiende a alterarse cubriéndose de una capa de carbonato hidratado.
- El ácido sulfúrico diluido no lo ataca en cambio el concentrado en caliente genera sulfato de plomo II.
- El ácido nítrico en frío la disuelve dando nitrato de plomo II y desarrollando vapores nitrosos muy tóxicos.
- El plomo cuando se calienta en presencia del aire y se convierte en litargirio.

2.2.10. Propiedades físicas de la plata.

Sus principales parámetros son:

- Color : Blanco metálico
- Símbolo : Ag
- Numero atómico : 47
- Peso atómico : 107.86
- Punto de fusión : 962 °C
- Estado de oxidación : +1

2.2.11. Propiedades químicas de la plata.

- La plata no se oxida por el aire seco o húmedo, a diferencia que el oxígeno y el agua muy ligeramente cuando sube la temperatura.
- El hidrogeno sulfurado (H_2S) ennegrece la plata. La plata metálica es atacada en poca cantidad por el ácido clorhídrico y el sulfúrico diluido.
- La plata es concentrada a medida que se disuelve el ácido sulfúrico. El cianuro de sodio lixivia la plata.

2.2.12. Efectos del tamaño de partícula.

El tamaño de partícula es relevante en un proceso de flotación de minerales. De acuerdo a la experiencia observamos que una sobremolienda y una submolienda de la clase mineralógica deteriora seriamente la flotabilidad debida que la partícula requiere un tamaño idóneo para ser flotado.

Cuando se sucede una remolienda llegando a lamear tanto en las especies mineralógicas valiosas como a los no valiosos se puede tener problemas tales como bajas recuperaciones y concentrados sucios. No solamente en la etapa de molienda se genera lamas estas pueden provenir

directamente de la mina en cuyo caso se determinan lamas primarias y su presencia en la flotación tienen los mismos efectos dañinos.

2.2.13. Problemática de los finos.

Para poder explicar en parte la acción negativa de los finos en la flotación de minerales es necesario analizar las características principales de las partículas finas. En general una partícula a medida que se reduce sus tamaños presenta dos tipos de características lo cual aumenta la superficie específica y la masa de la partícula disminuye. Estas características definen una serie de propiedades físicas y químicas de la partícula finas y su comportamiento en la flotación afectando el grado de concentrado y su recuperación.

Seguidamente se hace una ligera mención de cada una de las características:

a) Masa pequeña: Al disminuir el tamaño de una partícula a niveles de fineza menores o iguales a 10 micrones esta va a sufrir un cambio en algunos de sus propiedades y comportamiento en la flotación como se menciona a continuación:

- Baja probabilidad de colisión y velocidad de flotación lenta.
- Atrapamiento de partículas pequeñas.
- Dispersión o floculación.
- Recubrimiento por lamas.

b) Mayor superficie específica: En el proceso de reducción del tamaño de una partícula se llega a afectar la estructura cristalina de las especies mineralógicas al destruir en algunos enlaces existentes creándose nuevas caras o superficies con puntos muy activos que

van a definir nuevas características físico químicas de la partícula como se menciona algunas a continuación:

- Alta capacidad de adsorción.
- Alta energía superficial.
- Espumas muy estables.

2.2.14. Determinación de la liberación.

El tamaño de la liberación de un mineral molido se determina equivalentemente por microscopía mediante el conteo de partículas libres y asociadas la medición de tamaños de partículas y de granos la estimación de la proporción de especies valiosas y ganga en las partículas mixtas etc. Aunque es posible alcanzar alta actitud en estas determinaciones su aplicación práctica tiene severas desventajas. La técnica microscópica es difícil la aplicación requiere de tiempos prolongados y principalmente no proporciona información sobre el comportamiento de las partículas tanto mixtas como liberadas en el subsiguiente proceso de separación. El grado de liberación determinado por microscopía podría considerarse para nuestros fines como de liberación teórica únicamente un procedimiento más directo que posee definidas ventajas de aplicación práctica en el desarrollo por el metalurgista inglés C.C. Dell técnica que se denomina análisis de liberación.

2.2.15. Análisis de liberación.

Básicamente el análisis de liberación consiste en efectuar una separación perfecta de un mineral molido en diversas fracciones de tal manera de que cada fracción posea características definidas de liberación y de ley de los elementos valiosos el estudio conjunto de esas fracciones nos mostrará el estado de liberación del mineral.

La separación se obtiene mediante flotación lo cual produce la ventaja adicional de involucrar otras características del mineral que pueden influenciar su comportamiento en la separación a escala industrial

2.2.16. Descripción de la concentradora paragsha.

La Planta concentradora Paragsha opera actualmente 8700TMD de mineral de Pb-Ag, y Zinc.

En el transcurso de los años la planta concentradora sufrió una serie de ampliaciones y cambios llegando de esta manera a constituir una planta donde se relaciona las edificaciones y algunos equipos antiguos con equipos de avanzada como las celdas de gran volumen celdas columna, el control automático en la sección de reactivos y analizadores x-stream para el alimento y los productos principales.

La concentradora procesa mineral complejo de sulfuro de Pb-Ag y Zn con pirita como ganga principal, la formación mineralógica es muy variable y compleja, el mineral influyente es la galena con plata y el zinc como marmatita; el nivel de oxidación y el contenido de sales solubles es también muy variable.

Las etapas que comprende el procesamiento de los minerales son los siguientes:

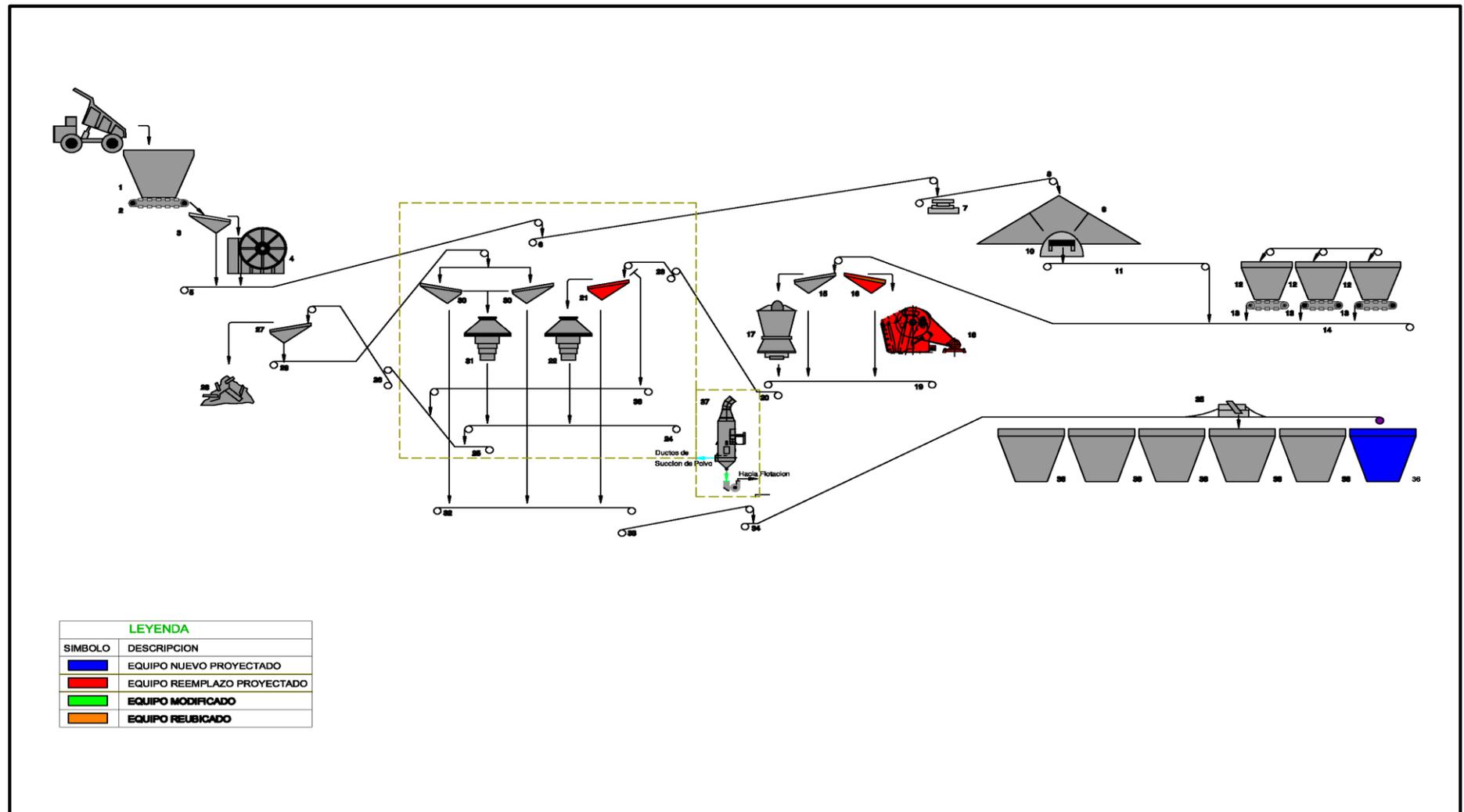
- Chancado
- Molienda – clasificación
- Flotación Pb-Ag y Zn.
- Eliminación de agua.
- Disposición de relaves

a) Circuito de chancado:

El circuito de chancado tiene una capacidad actual de 750TPH para un tiempo de operación de 17 horas el mineral de la mina subsuelo más el mineral proveniente del stock pile es reducido desde 7" a 3/4" en tres etapas la primera en circuito abierto mediante una chancadora de quijada de 32"x42" clasificado en una zaranda vibratoria de 6'x16' cuyos gruesos van a las chancadora secundaria Symons de 7' la descarga de esta chancadora es clasificada en una zaranda vibratoria tipo banana que funciona en un circuito cerrado con una chancadora terciaria Symons de cabeza corta de 7' con HP 500 los finos es enviado mediante una faja a la tolva de finos de capacidad de 1000 toneladas cada uno.

Figura 2

Diagrama de Flujo de la Planta Concentradora Paragsha-Chancado.



Nota: Elaborado por la Empresa Administradora Cerro S.A.C.

Tabla 2***Leyenda del Circuito de Chancado-Planta Concentradora Paragsha.***

CIRCUITO DE CHANCADO		
N°	CANT.	DESCRIPCIÓN
1	1	Tolva de gruesos (Capacidad 500 ton/h)
2	1	Alimentador de oruga de 64"x22 ¹
3	1	Cedazo Vibratorio Hewttt Robins deSVIO ¹
4	1	Chancadora de Quijadas Birdsbord Buchanan 48"x60" Type "C"
5	1	Faja Transportadora de 36"x750' (N° T1)
6	1	Faja Transportadora de 36"x750' (N° T2)
7	1	Tornamesa Giratoria
8	1	Faja Transportadora de 36"x170' (N° T3)
9	4	Canchas de Almacenamiento (Capacidad de 4 500 ton c/u)
10	4	Alimentadores Vibratorios HewrttRobins de 48VIO"
11	1	FaJa Transportadora de 36"x45* (N° C1)
12	3	Tolvas para mineral grueso de mina (Capacidad 500 ton c/u)
13	3	Alimentadores de oruga de 48" x 10'
14	1	Faja Transportadora de 48"x650' (N° 2)
15	1	Cedazos Estacionarlos de 5*1? (6" de Luz)
16	1	Cedazo Grizzly vibratorio SANDVIK Mod.SXG-3015HD
17	1	Chancadora Giratoria Traytor Bulldog de 20" N°2 (set de 4")
18	1	Chancadora de Quijada SvedalaJaw Master 32"x42"
19	1	Faja Transportadora de 36"x45' (N° 4)
20	1	Faja Transportadora de 42"x420' (N°5)
21	1	Cedazo de 6'x16' TYCAN- W.S. Tyler Canadá
22	1	Chancadora Symons Standart de 7' N°3
23	1	Faja Transportadora de 42"x180' (N°6)
24	1	Faja Transportadora de 42"x330' (N°7)
25	1	Faja Transportadora de 42"x150' (N°8)
26	1	Faja Transportadora de 42"x285' (N°9)
27	1	Cedazo Vibratorio Symons de 4'x8' (para leña)
28	1	Cancha de Desperdicio de Leña
29	1	Faja Transportadora de 42"x120' (N° 10)
30	2	Cedazos Vibratorios de 6'x16'
31	1	Chancadora Symons de Cabeza Corta de 7' N°4
32	1	Faja Transportadora de 42"x265' (N° 1 1)
33	1	Faja Transportadora de 42"x630' (N° 15)
34	1	Faja Transportadora de 42"x830' (N° 16)
35	1	Tripper (Distribuidor de Carga)
36	6	Tolvas para mineral fino (Capacidad 1 000 ton c/u)
37	1	Sistema de extracion de polvo tipo Scrubber de 25000 CFM
38	1	Faja Transportadora de 42"x155' (N°1 1A)

Nota: *Elaborado por la Empresa Administradora Cerro S.A.C.*

b) Circuito de molienda

El circuito de molienda que tiene una capacidad de 10500TMSPD consiste de 5 secciones la 1ra y 2da y tercera sección con capacidad de 6000TMSPD la cuarta y la quinta sección con capacidad de 2500TMSPD en la 1ra, 2da y 3ra sección la molienda primaria en un circuito abierto con molinos de barras de 9'x12' con hidrociclones Krebs D-20" y bomba Wiffley 5CB, la secundaria con molino de bolas de 7.5'x7' e hidrociclones de D-15", bombas Wiffley 5CB la remolienda en 3 molinos de bolas de 8½'x9' y 9'x10' con hidrociclones de D-15".

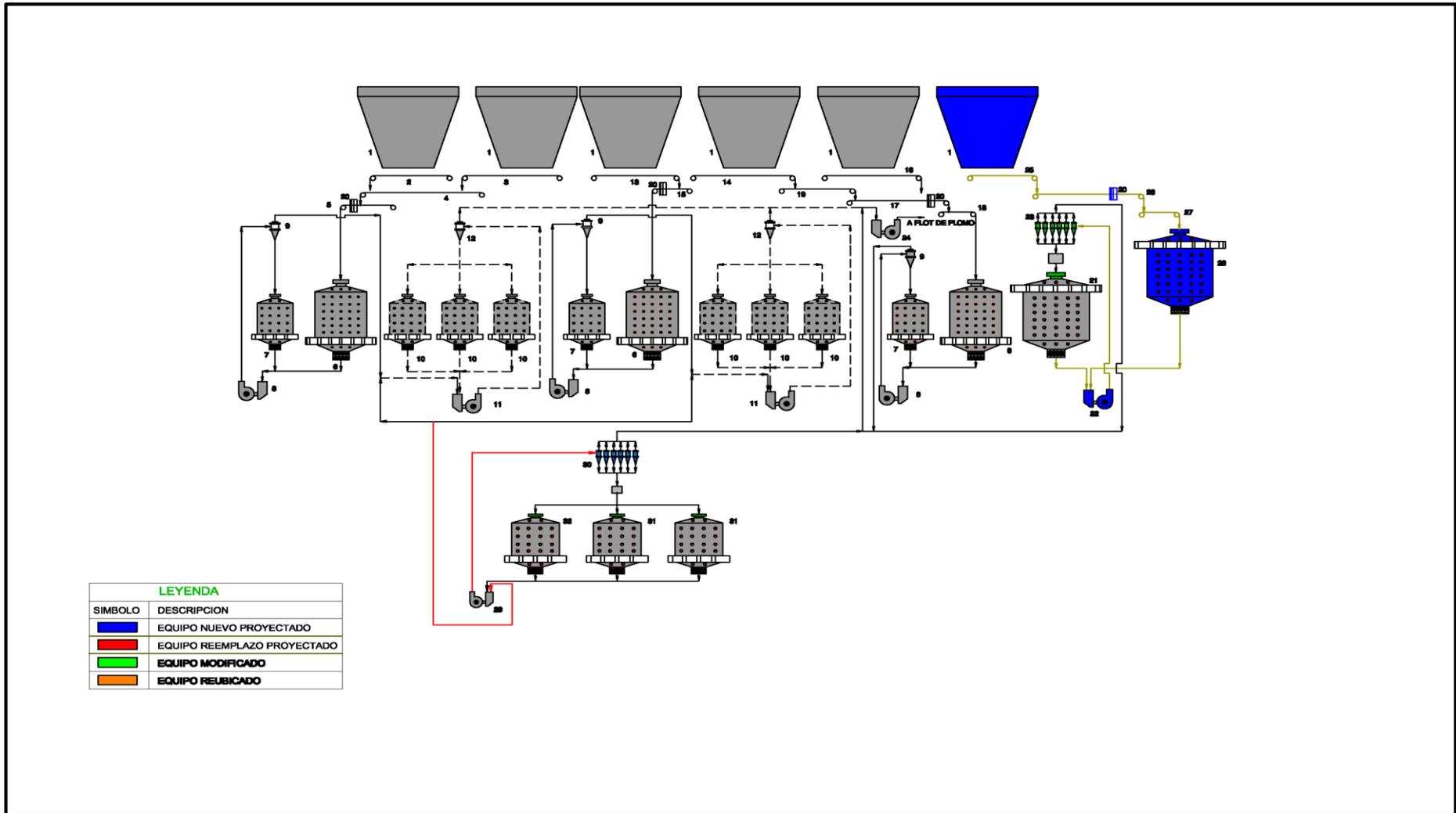
En la cuarta sección de molienda primaria es con un molino de barras de 10.5'x14' la secundaria con un molino de bolas de 12'x13' con hidrociclón con nido de 6 ciclones D-15" Krebs, bomba Denver SRL-C.

En la quinta sección la molienda primaria con un molino de bolas de 9'x8½'.

El mineral molido y reducido a 60% – 200 mallas en la molienda y a 62% – 200 mallas en la remolienda.

Figura 3

Diagrama de Flujo de la Planta Concentradora Paragsha-Molienda.



Fuente: Elaborado por la Empresa Administradora Cerro S.A.C.

Tabla 3***Leyenda del Circuito de Molienda-Planta Concentradora Paragsha.***

CIRCUITO DE MOLIENDA		
N°	CANT	DESCRIPCIÓN
1	6	Tolvas para mineral fino Cap. 1000 Tn. (N° 1 , 2, 3, 4, 5 y 6)
2	1	Alimentador de faja de 42"x39' ("A")
3	1	Alimentador de faja de 42"x29' ("B")
4	1	Faja Transportadora de 28"x141' ("C")
5	1	Faja Transportadora de 36"x45'8" ("D")
6	3	Molino de Barras Primarios Marcy de 9'x12' (N° 1 , 2 y 3)
7	3	Molinos de Bolas Secundario AllisChalmers de 7.5'x7' (N° 1 , 5 y 9)
8	6	Bombas Wiffley 5CB (N° 1 , 2, 5, 6, 86 y 87)
9	4	Ciclones Primarios Krebs de 20"
10	6	Molinos de Bolas Terciarios AllisChalmers de 7.5'x7' (N° 2, 3, 4, 6, 7 y 8)
11	4	Bombas Wilfley 5CB (N° 3, 4, 7 y 8)
12	2	Ciclones Secundarios Krebs de 15"
13	1	Alimentador de faja de 42"x62' ("E")
14	1	Alimentador de faja de 42"x39' ("F")
15	1	Faja Transportadora de 36"x45' ("G")
16	1	Alimentador de faja de 36"x32' ("H")
17	1	Faja Transportadora 30"x1 12' ("I")
18	1	Faja Transportadora de 36"x42' ("J")
19	1	Faja Transportadora de 36"x 59' ("K")
20	4	Balanzas Electrónicas Roñan X96N
21	1	Molino de Bolas Secundaría Marcy de 1 2'x1 3'
22	2	Bombas ASH 14" x 12" (N° 18 y 19)
23	1	Nido de 6 ciclones Krebs de 15" N° 2
24	2	Bombas ASH de 10"x10" (N° 15 y 16)
25	2	Alimentador de faja de 42"x32' ("L")
26	1	Faja transportadora de 36" x 121' ("M")
27	1	Alimentador de faja de 36" x 128' ("N")
28	1	Molino de Barras Primario AllisChalmers de 10,5'x14'
29	2	Bombas Denver SRL - C de 14"x12" (N° 94 y 95)
30	1	Nido de 6 ciclones Krebs de 15" (N° 1)
31	2	Molinos de Bolas Marcy de 8 1/2'x9' (R2 y R3)
32	1	Molinos de Bolas Marcy de 9'x10 1/2' (R2 y R3)

Nota: *Elaborado por la Empresa Administradora Cerro S.A.C.*

c) Circuito de flotación de plomo.

En la alimentación del mineral a los molinos primarios se adiciona agua y los reactivos con el fin de flotar el Pb-Ag y deprimir el Zinc, la ganga se adiciona cal para regular el pH, ZnSO₄ para deprimir el Zinc, NaCN y bisulfito de sodio para deprimir el Fierro el espumante MIBC y el colector Z-11 se adiciona al circuito de Rougher de Pb.

El mineral molido se alimenta a los bancos Rougher celdas DR-500, el relave Rougher va al circuito Scavenger celdas DR-500 el relave de Scavenger va al circuito de zinc el concentrado Rougher va a 4 celdas DR-500 primera limpieza de ahí a 3 celdas OK-8 segunda limpieza, luego a 2 celdas DR-500 tercera limpieza, el concentrado final de plomo es enviado al espesador super flo high rate 50'x10' y al espesador super flo high rate OK 50'x10'.

El concentrado de Pb espesado se envía con la bomba ASH 5"x4" al filtro prensa Hoesh de 22m² de área filtrante el concentrado de plomo filtrado se envía al stock pile de allí con un cargador frontal se carga a los volquetes de 30 toneladas de capacidad que va al Callao y rebose de los espectadores se va a la cocha de concreto 82'x53'.

d) Circuito de flotación que zinc:

El relave del scavenger de plomo se envía a 3 acondicionadores Metso de 16'x16' aquí se adicionan reactivos como el sulfato de cobre para activar el Zinc, cal para regular el pH a la salida del acondicionador se adiciona colector Z-11 y espumante MIBC la pulpa acondicionadas alimenta a un banco OK-18 Rougher a un banco de 3 celdas tanque svedala y RCS 15 a un banco de 2 celdas OK-18 Rougher el concentrado

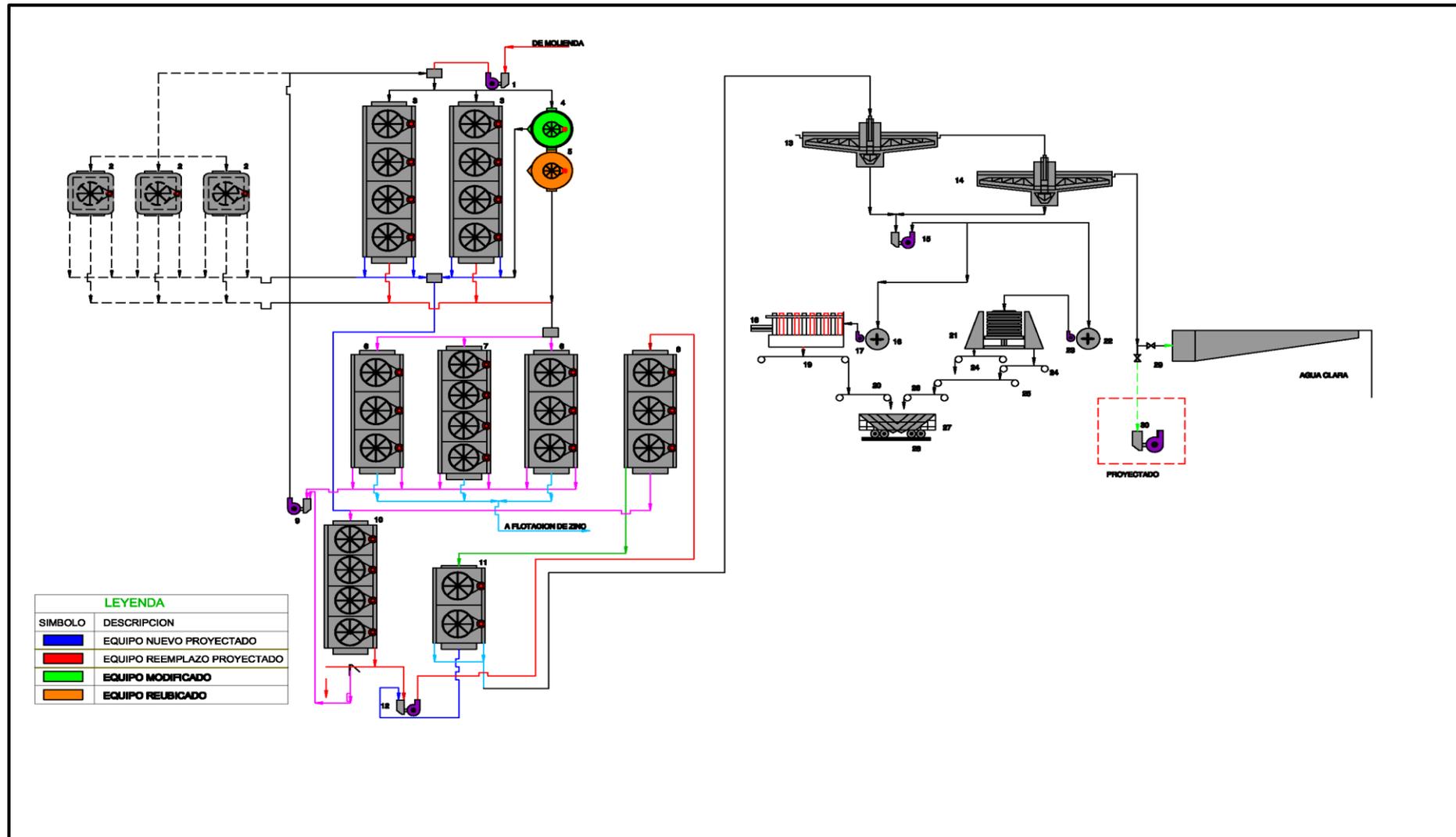
Rougher es enviado a la etapa de limpieza el relave rougher va a dos bancos de 3 celdas OK-16 Scavenger el relave Scavenger es enviado como relave general, un banco de 2 celdas OK-28 opera como primera limpieza de ahí a un banco de 2 celdas OK-28 como segunda limpieza luego a dos celdas columnas de 2.44mx13m luego a un Banco de 3 celdas Denver DR-500 que trabaja como cuarta limpieza el concentrado final de zinc para 2 espesadores Super flo high rate de 50'x10' y a un espesador Dorr Oliver de 50'x10' el concentrado es pesado es enviado con la bomba Wilffley 4 CB a 4 filtros de tambor Dorr Oliver de 11.5'x12' y a dos filtros de discos cerámicos Ceramec CC-55, el concentrado de Zinc se envía al stock pile de ahí se carga con una cargador frontal a los volquetes de 30 toneladas de capacidad que va a Cajamarquilla y al Callao, el rebose de los espesadores va a la cocha de concreto 16'x106'.

e) Disposición del relave general:

El relave del Scavenger de zinc se envía a la relavera Ocroyoc previo el relave es clasificado en un hidrociclón evitando que el fino parte a la relavera y el grueso es enviado para el relleno hidráulico a la mina subterránea.

Figura 4

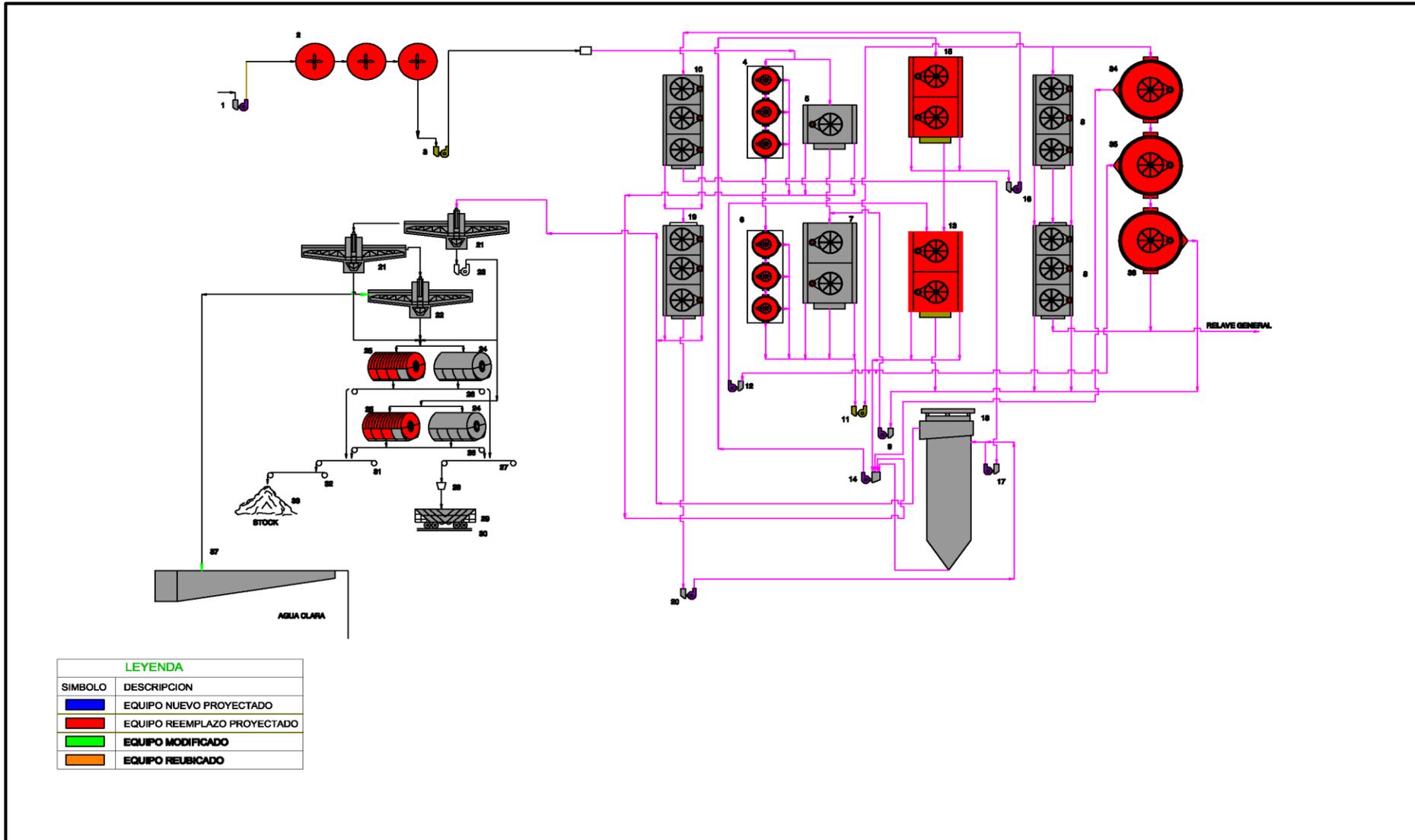
Diagrama de Flujo de Planta Concentradora Paragsha-Flotación de Plomo.



Nota: Elaborado por la Empresa Administradora Cerro S.A.C.

Figura 5

Diagrama de Flujo de la Planta Concentradora Paragsha-Flotación de Zinc.



Nota: Elaborado por la Empresa Administradora Cerro S.A.C.

Tabla 4***Leyenda del Circuito de Flotación de Plomo-Planta Concentradora Paragsha.***

CIRCUITO DE FLOTACIÓN DE PLOMO				
N°	CANT	DESCRIPCIÓN	CAP	UNID
1	2	Bombas ASH 10"x10" (N° 15 Y 16)	1800	GPM
2	3	Celdas unitarias Wemco de 300 pies cúbicos c/u	900	Pie3
3	2	Bancos de 4 celdas DR - 500 N° 1 y 2. Flotación Rougher	400	Pie3
4	1	Celda Tanque SvedalaRCS 30	1000	Pie3
5	1	Celda Tanque 22m ³	22	m3
6	2	Bancos de 3 celdas DR - 500 N° 3 y 4. Flotación Scavenger	3000	Pie3
7	1	Bancos de 4 celdas DR - 300 N° 5. Flotación Scavenger	1200	Pie3
8	1	Banco de 3 celdas OK - 8 . Segunda Limpieza	800	PieS
9	2	Bombas ASH 10"x10" (N° 27 y 28)	1800	GPM
10	1	Banco de 4 celdas DR - 300 N° 6. Primera Limpieza	1200	PieS
11	1	Banco de 2 celdas DR - 300 N° 7. Tercera Limpieza	600	PieS
12	2	Bombas Denver SRL - C de 10"x8" (N° 29 y 30)	1500	GPM
13	1	EspesadorSupaflo High Rate OK. 50' X 10' (N° 2)	50	0
14	1	EspesadorSupaflo High Rate OK. 50' X 10' (N° 5)	50	0
15	2	Bombas Wilfley 5CB (N° 69 y 70)	1200	GPM
16	1	Acondicionador de 8'x8'	400	PieS
17	1	Bomba ASH de 5"x4"	350	GPM
18	1	Filtro prensa Eimco de 30 m ² de área filtrante	7	Tn/h
19	1	Faja Transportadora 36" x 33' (N° 1) del Filtro Eimco	7	Tn/h
20	1	Faja Transportadora 36" x 50' (N° 2) del Filtro Eimco	7	Tn/h
21	1	Filtro prensa Hoesch de 22 m ² de área filtrante	8	Tn/h
22	1	Acondicionador de 6'0 x 6'	160	PieS
23	1	Bomba Warman de 5" x 4"	350	GPM
24	2	Faja Transportadora 30" x 50' (N° 1 y 2) de Filtro Hoesch	8	Tn/h
25	1	Faja Transportadora 30" x 101' (N° 3) de Filtro Hoesch	8	Tn/h
26	1	Faja Transportadora 30" x 74' (N° 4) de Filtro Hoesch	8	Tn/h
27	2	Carro de Ferrocarril (Linea N° 4)	15	Tn/h
28	1	Balanza electrónica marca Toledo de 100 ton	100	Tn
29	1	Cocha de concreto 82' x 53'	600	m3
30	1	Cajón de bombas 18 Y 19 MOLINO RM4°	6	mS

Nota: Elaborado por la Empresa Administradora Cerro S.A.C.

Tabla 5**Leyenda del Circuito de Flotación de Zinc-Planta Concentradora Paragsha.**

CIRCUITO DE FLOTACIÓN DE ZINC				
N°	CANT	DESCRIPCIÓN	CAP	UNID
1	2	Bombas ASH de 10"x10" (N° 31 y 32)	1800	GPM
2	3	Acondicionadores Metso de 16'x16' (N° 1 - 2 - 3)	3200	Pie 3
3	2	Bombas ASH CD12 de 14"x12 ^M (N° 13 y 14)	3200	GPM
4	1	Banco de 3 celdas Tanque SvedalaRCS 15 (N°5)	1500	Pie 3
5	1	Banco de 1 celda OK - 18. Rougher I (Banco N° 10)	600	Pie 3
6	1	Banco de 3 celdas Tanque SvedalaRCS 15 (N°8)	1500	Pie 3
7	1	Banco de 2 celdas OK - 28. RougherII (Banco N° 12)	950	Pie 3
8	2	Bancos de 3 celdas OK - 16 Scavenger I y II (Banco 13 y 15)	1600	Pie 3
9	2	Bombas Denver SRL - C de 12"x10" (N° 50 y 51)	1600	GPM
10	1	Banco de 3 celdas WEMCO 120. Tercera Limpieza	900	Pie 3
11	2	Bombas ASH CD12 de 14"x12" (N° 13 y 14)	3200	GPM
12	2	Bombas Denver SRL - C de 10"x8" (N° 43 y 44)	1500	GPM
13	1	Bancos de 2 celdas OK-28-U. Primera Limpieza (Banco N° 17 y N° 18)	950	Pie 3
14	2	Bombas Denver SRL - C de 14"x12" (N° 45 y 46)	3200	GPM
15	1	Bancos de 2 celdas OK-28-U. Segunda Limpieza (Banco N° 19 y N° 20)	950	Pie 3
16	2	Bomba Denver SRL - C de 10"x8" (N° 81)	1500	GPM
17	2	Bomba Denver SRL - C de 10"x8" (N° 82)	1500	GPM
18	2	Celdas columna de 2.44m 0 x 13m	2200	Pie 3
19	1	Banco de 3 celdas Denver DR - 300. Cuarta Limpieza (Banco N° 21)	900	Pie 3
20	2	Bombas Denver de 10"x8" (N° 80 A)	1500	GPM
21	2	EspesadorSupaflo High Rate OK. 50' X 10' (N° 3)	50	0
22	1	EspesadoresDoor Oliver de 50'x10 ¹ (N° 1 - 4)	50	0
23	2	Bombas Wilfley 4CB (N° 64 y 68)	300	GPM
24	4	Filtros de Tambor Door Oliver de 1 1 .5'x12' (N° 1-2-3-5-6)	8	Ton/h
25	2	Filtros de discos Cerámicos CERAMEC CC-55	22	Ton/h
26	2	Fajas Transportadoras 24" x 173' (N°19y21)	30	Ton/h
27	1	Faja Transportadora 24" x 148' (N° 27)	30	Ton/h
28	1	Tolva Neumática		
29	1	Carro de Ferrocarril a la Oroya, Callao y Cajamarquilla (linea N° 2)	30	Ton
30	1	Balanza Electrónica de plataforma Marca Toledo de 100 ton	100	Ton
31	1	Faja Transportadora 24" x 56' (N° 20)	30	Ton
32	1	Faja Transportadora 24" x 764' (N° 25)	30	Ton
33	1	Stock de zinc		
34	1	Banco de 1 celda RCS 30 Rougher I	1000	Pie 3
35	1	Banco de 1 celda RCS 30 RougherII	1000	Pie 3
36	1	Banco de 1 celda RCS 30 Scavenger	1000	Pie 3
37	1	Cocha de concreto 164'x106'	2350	m3

Nota: Elaborado por la Empresa Administradora Cerro S.A.C.

2.3. Definición de términos básicos.

- **Hidrociclón:** También llamados equipo de clasificación de operación continua que utiliza la fuerza centrífuga para acelerar la velocidad de asentamiento de las partículas gruesas y finas.
- **D₅₀:** Es el punto donde se separa la fracción gruesa de la fracción fina.
- **Vortex:** Es la parte donde sale el producto fino overflow.
- **Apex:** Es la parte por donde sale el producto grueso o underflow.
- **Inlet:** Tubería de ingreso de la pulpa al hidrociclón.
- **Eficiencia del hidrociclón:** El método más común de representar la eficiencia de un hidro ciclón es por la curva de partición o curva tromp.
- **Lama:** Significa una fracción de la partícula fina que puede ser peligrosa para la flotación y tiene un efecto dañino en la flotación por evitar la Unión de las burbujas del aire con las partículas de mineral o por absorber cantidades excesivas de reactivos.
- **Molienda:** Etapa de la conminución después de la fase de chancado, el tamaño de partícula de los minerales entrantes continúa disminuyendo hasta un tamaño máximo de partículas de 180 micrones (0,18 mm), lo que al fin y a cabo permitirá la liberación de la mayoría de los minerales metálicos como partículas individuales que se pueden recuperar por flotación.
- **Análisis Granulométrico:** Permite tener información crucial como: Origen, propiedades mecánicas y calcular la cantidad de cada partícula según su tamaño dentro de la escala granulométrica.

2.4. Formulación de la hipótesis.

2.4.1. Hipótesis general.

La optimización del hidrociclón en el circuito de molienda favorece significativamente en la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha- Empresa Administradora Cerro S.A.C-Pasco 2023.

2.4.2. Hipótesis específica.

- a) La optimización del hidrociclón en el circuito de molienda favorece significativamente en el rediseño para la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha- Empresa Administradora Cerro S.A.C-Pasco-2023.
- b) La optimización del hidrociclón en el circuito de molienda favorece significativamente al estudio granulométrico para la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha- Empresa Administradora Cerro S.A.C-Pasco-2023.

2.5. Identificación de las variables.

2.5.1. Variable independiente.

Optimización del Hidrociclón en el circuito de molienda.

2.5.2. Variable dependiente.

Recuperación de Pb- Ag.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores.

Tabla 6

Variable, Definición, Dimensiones e Indicadores.

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente			
Optimización del Hidrociclón en el circuito de molienda.	La optimización en los hidrociclones primarios sin cilindro central en el circuito de molienda lograra disminuir el tiempo de retención en el ciclón favoreciendo la rápida salida de los minerales pesados liberados (Pb- Ag).	- Reducción de carga circulante y calidad de concentrado. - Análisis granulométrico	- % en mallas
Variable Dependiente			
Recuperación de Pb-Ag.	Aumentar el grado de recuperación. Mejorar la calidad del concentrado.	Análisis químico del concentrado.	% de recuperación. % del grado de concentrado.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.

Teniendo en consideración los objetivos de la investigación y la naturaleza del problema planteado para el desarrollo al presente estudio se emplea el tipo de investigación aplicada porque permite responder a los problemas planteados de acuerdo a la caracterización sobre la evaluación metalúrgica de los minerales sulfurados de Pb-Ag en la concentradora Paragsha mediante la operación del hidrociclón en la 1ra y 2da sección de molienda con o sin cilindro de la parte central describiendo y explicando los resultados obtenidos con la modificación del hidrociclón.

3.2. Nivel de investigación.

El presente estudio de trabajo es Descriptivo- Explicativo ya que se centra en describir detalladamente situaciones sin tener que manipular ninguna variable. Su objetivo será proporcionar, observar, medir y precisar explícitamente de una población o muestra en especifica, de acuerdo a ello el presente trabajo de investigación logrará comprender la relación causal de los

fenómenos de los estudios experimentales en el circuito de clasificación de molienda con o sin cilindro central que a partir de los resultados que propone para mejorar la recuperación de Pb-Ag y su calidad de concentrados.

3.3. Métodos de investigación.

El método científico en la presente investigación es de método Hipotético-Deductivo, el cual se utilizó la observación del estudio experimental para poder formular las hipótesis con la recolección de datos mediante pruebas metalúrgicas donde se buscará conjugar y analizar las variables independientes y obtener resultados en las variables dependientes.

- Enfoque de la investigación

La investigación es de carácter práctico porque se desarrolló el método mixto donde se encontró una perspectiva cuantitativa y cualitativa en un mismo estudio, con el propósito de darle el análisis e interpretación a la investigación.

A) Método cualitativo

La investigación cualitativa analiza e interpreta los datos recopilando información donde la variable de estudio es el hidrociclón y el objetivo la recuperación del Pb-Ag logrando de esta manera una mayor clasificación.

B) Método cuantitativo

La investigación cuantitativa interpreta los datos presentados de acuerdo a la variable de estudio, con el fin de conocer los resultados de las pruebas de clasificación con o sin cilindro central de los hidrociclones de la 1ra y 2da sección de molienda de la concentradora Paragsha Empresa Administradora Cerro S.A.C.

3.4. Diseño de investigación.

El diseño utilizado en la presente investigación es cuasiexperimental, porque manipula una sola variable en específico, metodología que permite establecer la relación existente entre la aplicación de las variables independientes en el proceso el resultado obtenido considerando como variables dependientes teniendo en cuenta para ello el problema principal planteado y que será desarrollado dentro del contexto de la investigación.

Para cumplir con la metodología diseño y tipo de investigación el control de las pruebas metalúrgicas se llevó a cabo mediante una observación controlada de las variables independientes de aquellos que intervinieron circunstancialmente y que han afectado de una manera favorable en los resultados de la variable dependiente.

3.5. Población y muestra.

La población del presente estudio lo conforma el mineral proveniente de la mina subterránea y tajo abierto procesados en la planta concentradora Paragsha.

Como muestra, la constituye para el estudio; las muestras tomadas de los diferentes puntos del circuito de clasificación de la 1ra y 2da sección de molienda, teniendo como producto final 15 kilos de mineral, lo cual fue constituida 1 corte cada 30 min.

3.6. Técnicas e instrumento de recolección de datos.

A) Técnicas

Mediante el uso de la herramienta visual del diagrama de flujo del circuito de clasificación de la 1ra y 2da sección de molienda de la concentradora, se aplicó la técnica de la observación directa implicando el uso de los sentidos

para poder obtener mayor información detallada del hidrociclón con y sin cilindro central.

B) Instrumentos

- Hoja de trabajo
- Registro de datos operativos
- Instrumentos de la planta concentradora

3.7. Técnicas de procesamientos y Análisis de datos.

A partir de realizar la toma de muestras en los diferentes puntos del circuito de clasificación con o sin cilindro central de los hidrociclones con el fin de evaluar los parámetros que influyen en cada etapa del proceso como las densidades, porcentaje de sólidos se determina el procedimiento para realizar la distribución granulométrica.

Dicho lo anterior se empleó el uso del software Excel ya que es una herramienta muy accesible y fácil de usar para realizar el análisis y visualización de datos granulométricos de manera sencilla.

3.8. Tratamiento estadístico.

Los datos se realizaron bajo una estadística básica, es decir cálculos estadísticos en conjunto de tablas dinámicas para resumir y analizar datos de manera flexible de los análisis granulométricos, así como también balances metalúrgicos del circuito de la 1ra y 2da sección de molienda realizados con el propósito final de comparar los resultados obtenidos y garantizar la confiabilidad en la presente investigación.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica.

La investigación científica se considera ética sí implica el cumplimiento de principios morales y normas éticas para asegurar el respeto y la protección del investigador y así realizar un desarrollo justo que tenga el potencial de ser terminado.

Además, la orientación ética en el campo de la metalurgia requiere considerar el impacto global de las actividades metalúrgicas y buscar un equilibrio entre los aspectos económicos, ambientales y sociales involucrados. La responsabilidad y la integridad son elementos clave para asegurar que la metalurgia se realice de manera ética y sostenible.

El presente trabajo de investigación particularmente en las características éticas protege primordialmente la cualidad intelectual de los autores con respecto a los diversos conocimientos y teorías citándolos justamente y precisando las referencias bibliográficas, en este suceso se redactó las referencias en el peculiar estilo APA 7ma edición, además, este trabajo de investigación se realizó en la provincia de Pasco-distrito simón Bolívar, mediante la autorización de la empresa Administradora Cerro S.A.C, por lo tanto se asegura que todos los datos e información mostradas en esta presente investigación son totalmente verídicos.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.

El mineral proveniente del circuito de chancado es acumulado en las tolvas de finos de allí es alimentado al molino de barras Marcy 9'x 12' que opera en circuito abierto seguido de un molino de bolas de 7 ½'x7' el cual trabaja con un hidrociclón Krebs D-20" en circuito cerrado la operación de la 2da sección es similar a la 1ra sección de molienda.

Las técnicas y pasos empleados para este estudio han sido programados con el propósito de obtener la información del circuito de clasificación de los ciclones primarios de la 1ra y 2da sección de molienda se llevó a cabo un muestreo detallado en los diferentes puntos de la 1ra y 2da sección de molienda durante un periodo necesario tomando y conectándose muestras cada media hora y por espacio de 10 horas por guardia de las cuales posteriormente se obtuvieron promedios y análisis granulométricos de cada uno de ellos.

La evaluación de las operaciones de los hidrociclones que se realizó durante el tiempo que nos permitió hacer los diferentes pruebas y cambios en cada uno de ellos aprovechando el tonelaje y operaciones normales.

4.1.1. Materiales y equipos empleados.

Entre los materiales y/o equipos empleados para realizar el estudio correspondiente tenemos:

- Muestra de mineral complejo.
- Recipientes para la muestra.
- Balanza.
- Cronómetro.
- Nido de Cedazos Tyler - Rotep.
- Bolsas de plástico para las muestras.
- Sobres para el envío de muestras para su análisis químico.
- Computadora.
- Calculadora.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

4.2.1. Rediseño del hidrociclón.

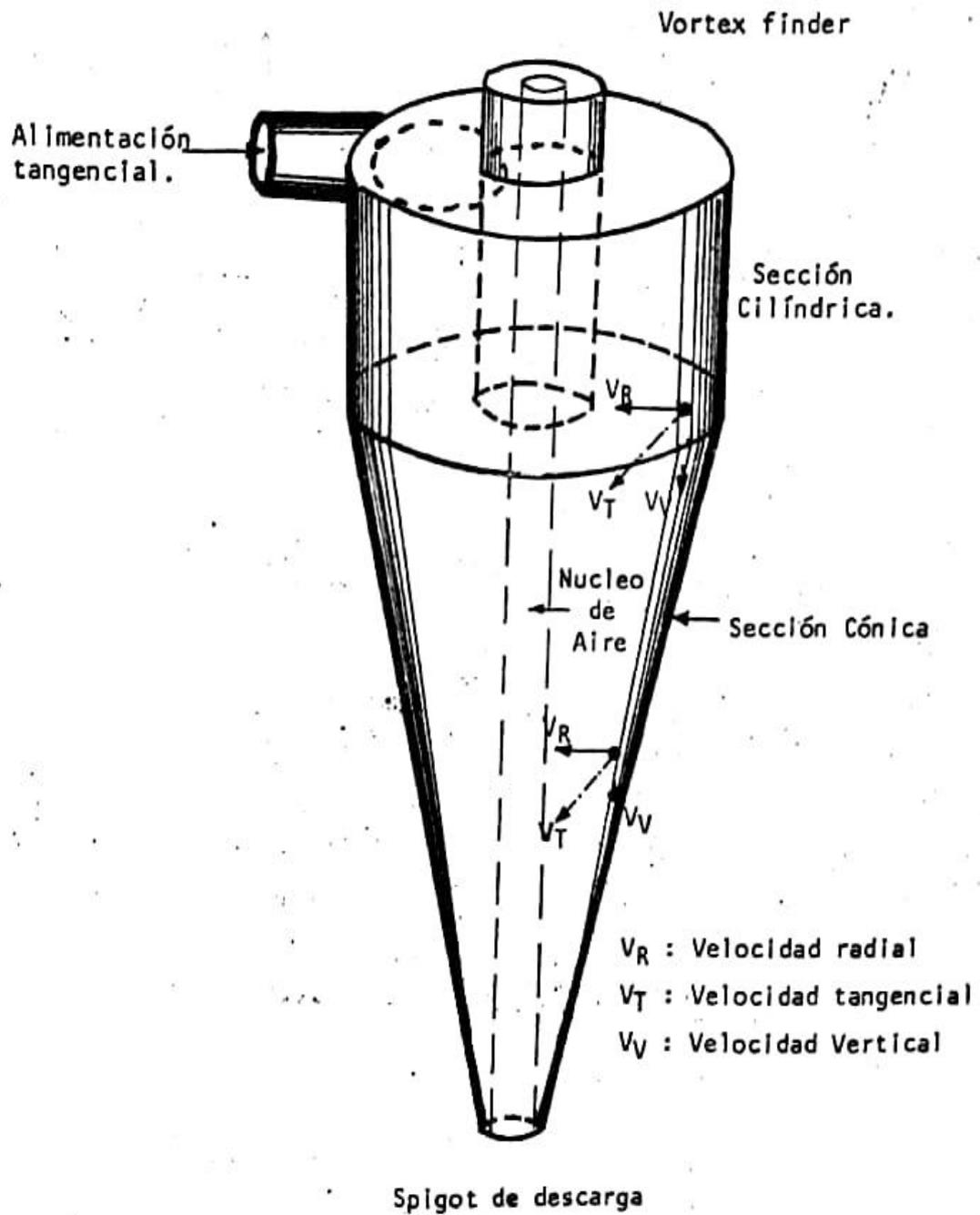
A) Hidrociclón con cilindro central

El hidrociclón con cilindro central utilizado en la separación de minerales de plomo y plata tiene una estructura común, pero adaptada específicamente para la recuperación de dicho metal. A continuación, se presenta una descripción general del hidrociclón con cilindro central en el procesamiento de plomo y plata:

- **Cilindro central:** El hidrociclón presenta un cilindro central ubicado en el centro del dispositivo, que está hecho de materiales resistentes a la corrosión, como acero inoxidable, para manejar los compuestos de plomo y plata.
- **Cono exterior:** Alrededor del cilindro central, hay un cono exterior con una forma cónica o cónica truncada para guiar el flujo de la suspensión.
- **Entrada tangencial:** En la parte superior del cono exterior, tiene una entrada tangencial por donde se introduce la suspensión de plomo y plata en el hidrociclón. La entrada tangencial crea un movimiento giratorio en el interior del hidrociclón para facilitar la separación.
- **Vórtice y rebalse:** En la parte superior del hidrociclón, tiene una abertura llamada vórtice, a través de la cual saldría el rebalse, que contiene las partículas más finas y el líquido. El diseño del hidrociclón se ajusta para asegurar una separación efectiva de las partículas de plomo y plata.
- **Descarga de gruesos:** En la parte inferior del hidrociclón, tiene una abertura para la descarga de las partículas más gruesas de plomo y plata que no pasaron a través del vórtice. Esta abertura permitiría separar y recolectar los materiales sólidos más grandes.

Figura 6

Hidrociclón con Cilindro



Nota: Elaborado por la Empresa Administradora Cerro S.A.C.

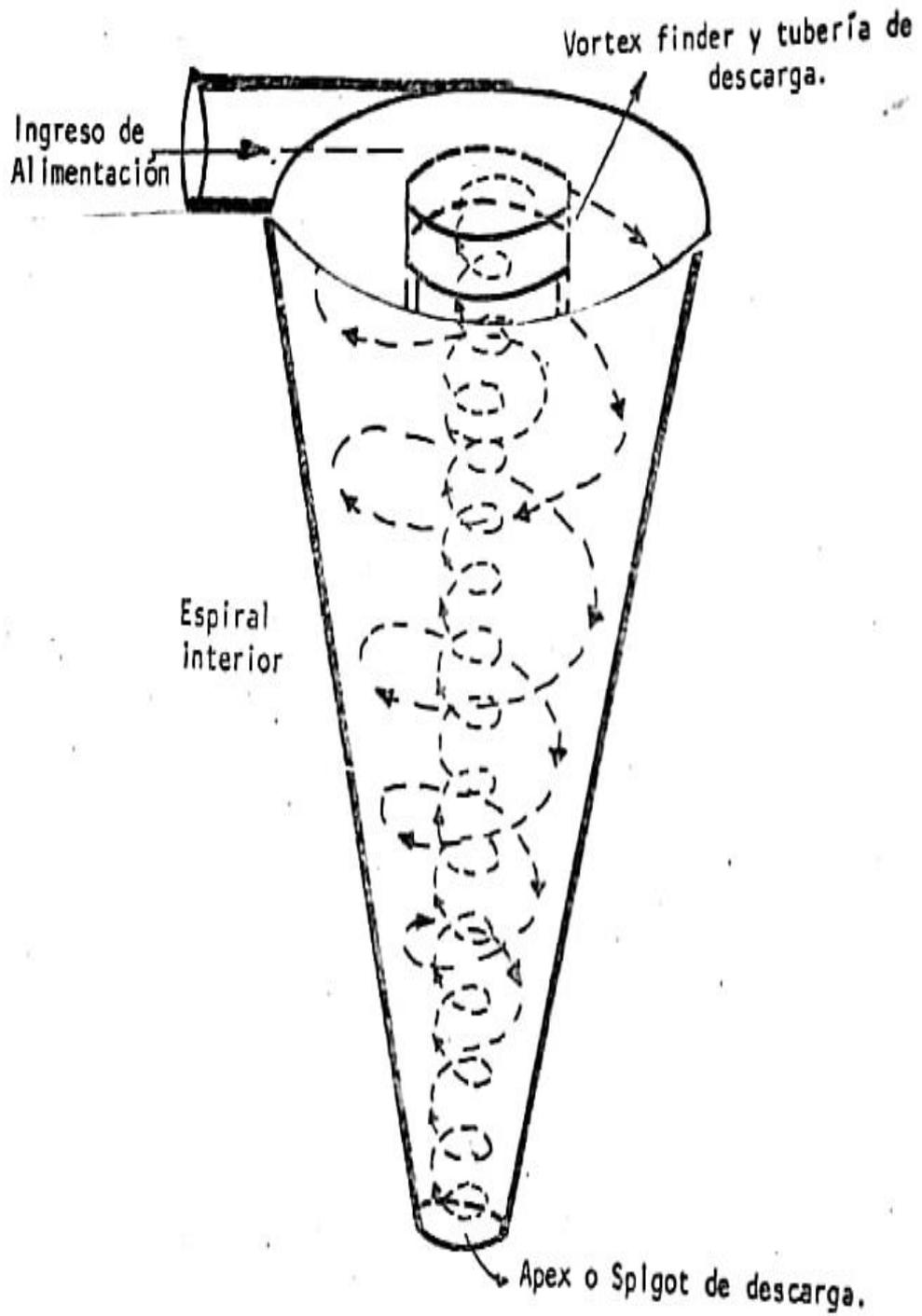
B) Hidrociclón sin cilindro

El hidrociclón sin cilindro central aplicado al procesamiento de plomo y plata implica una variante específica en la estructura del hidrociclón el cual evitará el tiempo de retención de partículas para evitar el desplazamiento de plomo fino hacia el underflow. A continuación, se describe el rediseño del hidrociclón sin cilindro central.

- **Cono principal:** Este cono estaría diseñado para guiar el flujo de suspensión y facilitar la separación de las partículas de plomo y plata.
- **Entrada tangencial:** En la parte superior del cono principal, tiene una entrada tangencial por donde se introduce la suspensión de plomo y plata en el hidrociclón. La entrada tangencial generaría un movimiento giratorio en el interior del hidrociclón, permitiendo la separación de las partículas.
- **Vórtice y rebalse:** En la parte superior del hidrociclón, tiene una abertura llamada vórtice, a través de la cual saldría el rebalse. El rebalse contendría las partículas de plomo y plata de un determinado tamaño y de una manera más rápida.
- **Descarga de gruesos:** En la parte inferior del hidrociclón sin cilindro central, habría una abertura para la descarga de las partículas más gruesas de plomo y plata que no pasaron a través del vórtice. Esta abertura permitiría recolectar los materiales sólidos más grandes.

Figura 7

Hidrociclón sin Cilindro



Nota: Elaborado por la Empresa Administradora Cerro S.A.C.

4.2.2. Análisis granulométrico y distribución de contenido metálico.

Tabla 7

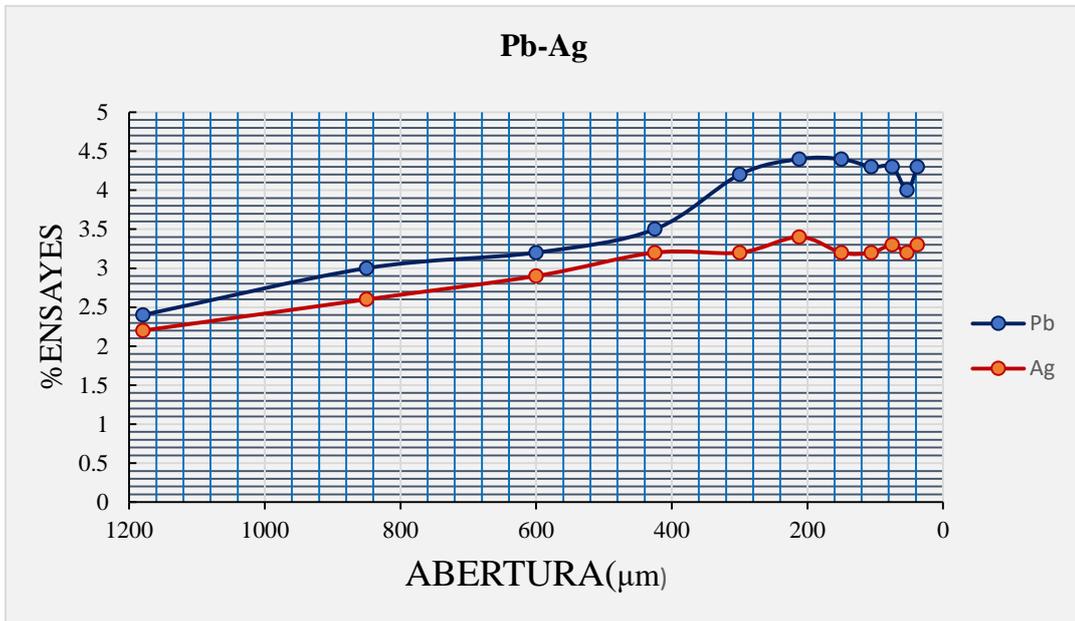
Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico en las Fracciones de Tamaño de los Productos Alimentación del Hidrociclón N° 1 con Cilindro.

Mallas	Ensayes %						Distribución %					
	%Peso	Pb	Zn	Ag	Ins	Fe	Pb	Zn	Ag	Ins	Fe	
14	5.0	2.4	5.9	2.2	14.8	30.4	2.8	3.5	3.3	6.0	5.0	
20	5.8	3.0	6.6	2.6	12.4	29.8	4.1	4.6	4.6	5.8	5.6	
28	7.9	3.2	7.2	2.9	10.4	28.5	5.9	6.8	6.9	6.7	7.3	
35	10.4	3.5	7.4	3.2	8.8	30.1	8.5	9.3	10.0	7.4	10.2	
48	9.8	4.2	7.8	3.2	8.8	30.4	9.6	9.2	9.5	7.0	9.7	
65	8.6	4.4	8.3	3.4	9.2	29.4	8.8	8.6	8.8	6.4	8.2	
100	7.4	4.4	8.7	3.2	10.0	29.1	7.6	7.7	8.3	7.0	8.2	
150	6.8	4.3	8.7	3.2	12.0	28.8	6.8	7.1	6.6	6.6	6.4	
200	7.2	4.3	8.7	3.3	10.8	30.7	7.3	7.5	7.2	6.3	7.2	
270	4.2	4.0	8.9	3.2	10.8	30.7	3.9	4.5	4.0	3.7	4.2	
400	4.2	4.3	9.3	3.3	10.8	30.7	4.2	4.7	4.2	3.7	4.2	
-400	22.7	5.7	9.7	3.9	18.0	32.0	30.5	26.6	26.6	33.4	23.8	
Total	100.0						100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración Propia

Figura 8

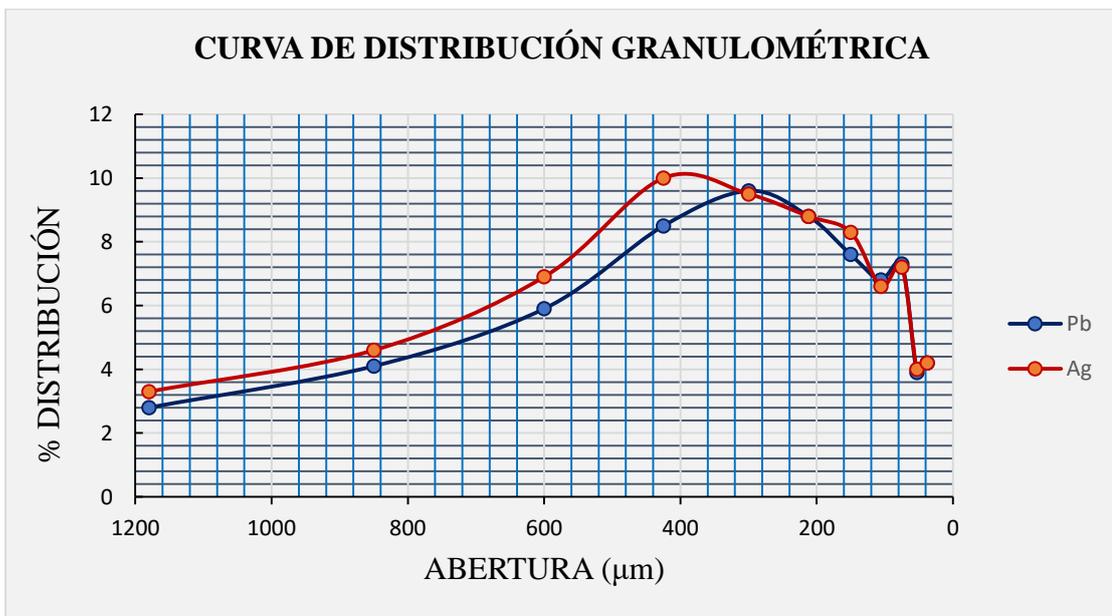
Ensayo de los productos alimentación del Hidrociclón N° 1 con cilindro.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 9

Distribución de los productos de alimentación al Hidrociclón N°1 con cilindro.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8

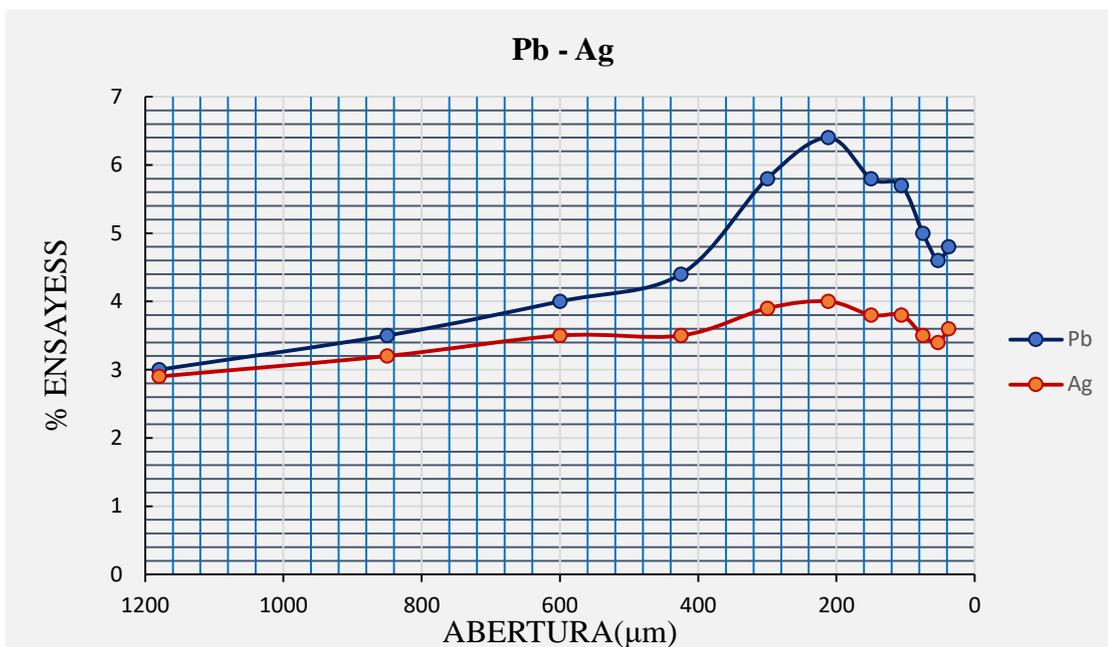
Análisis Granulométrico y Distribución de Concentrados Metálicos en las Fracciones de Tamaño de los Productos Gruesos del Hidrociclón N° 1 con Cilindro.

Mallas	%Peso	Ensayes %					Distribución %				
		Pb	Zn	Ag	Ins	Fe	Pb	Zn	Ag	Ins	Fe
14	9.7	3.0	6.1	2.9	8.0	33.0	5.9	8.0	7.7	9.2	10.2
20	9.6	3.5	6.5	3.2	6.4	32.6	6.8	8.4	8.5	7.3	10.0
28	12.0	4.0	6.7	3.5	5.2	33.0	9.7	10.9	11.6	7.4	12.7
35	13.6	4.4	6.7	3.5	5.2	33.3	12.1	12.3	13.1	8.3	14.5
48	10.6	5.8	6.9	3.9	6.0	32.3	12.5	9.9	11.4	7.5	11.0
65	8.0	6.4	7.2	4.0	6.4	32.0	10.4	7.8	8.8	6.0	8.2
100	6.0	5.8	7.4	3.8	7.6	31.4	7.1	6.0	6.3	5.4	6.0
150	5.0	5.7	7.9	3.8	10.0	30.4	5.8	5.3	5.2	5.9	4.9
200	5.2	5.0	8.1	3.5	9.6	31.4	5.2	5.6	4.9	5.8	5.1
270	2.8	4.6	8.3	3.4	10.4	31.4	2.6	3.1	2.6	3.4	2.8
400	2.6	4.8	8.8	3.6	10.8	30.4	2.5	3.1	2.6	3.3	2.5
-400	15.0	6.4	9.7	4.2	17.2	25.0	19.4	19.6	17.3	30.5	12.1
Total	100.0						100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 10

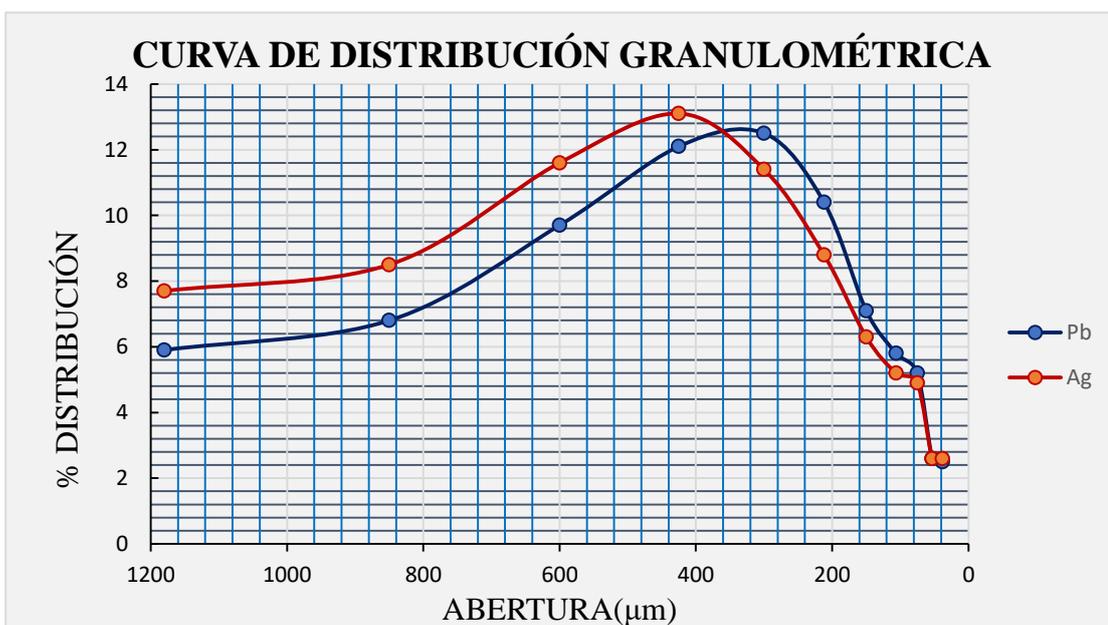
Ensayes de los productos gruesos del Hidrociclón N° 1 con cilindro.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 11

Distribución de los productos gruesos del Hidrociclón N° 1 con cilindro.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9

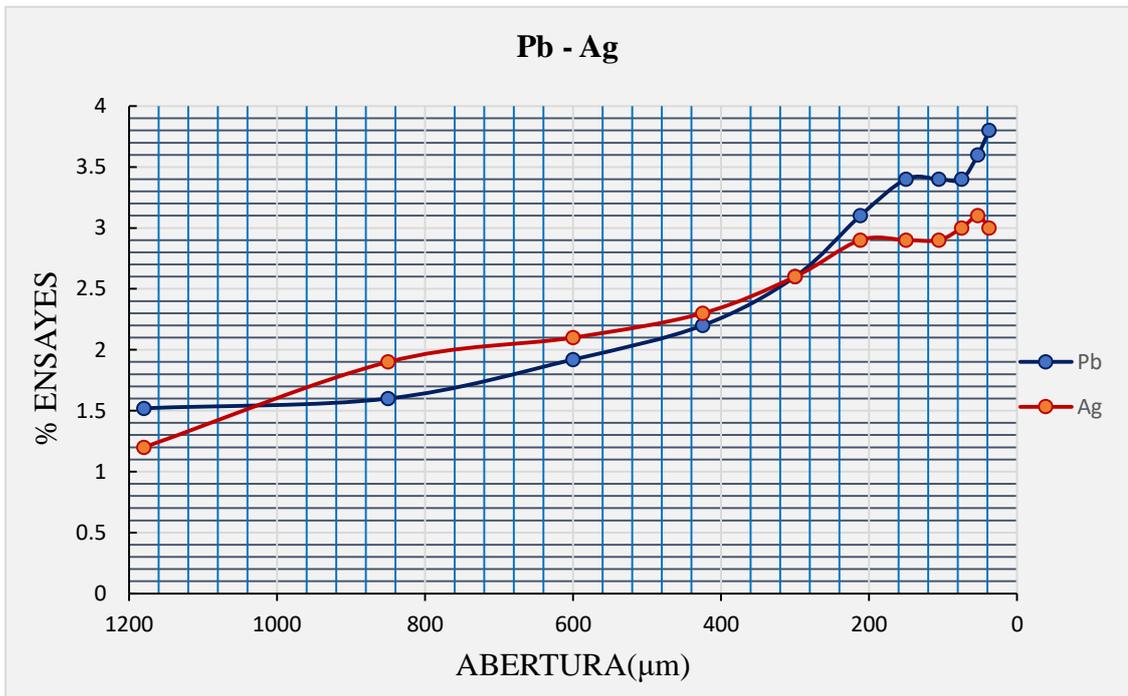
Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico de las Fracciones de Tamaño de los Productos Finos del Hidrociclón N° 1 con Cilindro.

Mallas	%Peso	Ensayes %					Distribución %				
		Pb	Zn	Ag	Ins	Fe	Pb	Zn	Ag	Ins	Fe
14	1.4	1.52	5.3	1.2	38.0	19.8	0.6	0.9	0.6	3.4	1.0
20	2.6	1.60	7.2	1.9	25.6	25.3	1.1	2.2	1.6	4.3	2.3
28	5.0	1.92	7.4	2.1	20.0	28.2	2.6	4.3	3.5	6.4	4.9
35	8.1	2.2	7.5	2.3	14.8	29.8	4.8	7.0	6.2	7.7	8.4
48	9.3	2.6	8.2	2.6	12.8	31.4	6.6	8.8	8.1	7.6	10.2
65	9.4	3.1	8.3	2.9	10.8	31.4	7.9	9.0	9.2	6.5	10.3
100	8.5	3.4	8.8	2.9	14.8	29.1	7.8	8.6	8.3	8.1	8.7
150	8.2	3.4	8.8	2.9	13.6	30.1	7.6	8.3	8.0	7.1	8.6
200	9.2	3.4	8.8	3.0	12.0	30.4	8.5	9.4	9.3	7.1	9.8
270	5.3	3.6	8.9	3.1	12.0	30.7	5.2	5.5	5.5	4.1	5.7
400	5.5	3.8	8.9	3.0	11.2	30.7	5.7	5.6	5.5	3.9	5.9
-400	27.5	5.6	9.6	3.7	19.2	25.0	41.6	30.4	34.2	33.8	24.2
Total	100.0						100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración Propia

Figura 12

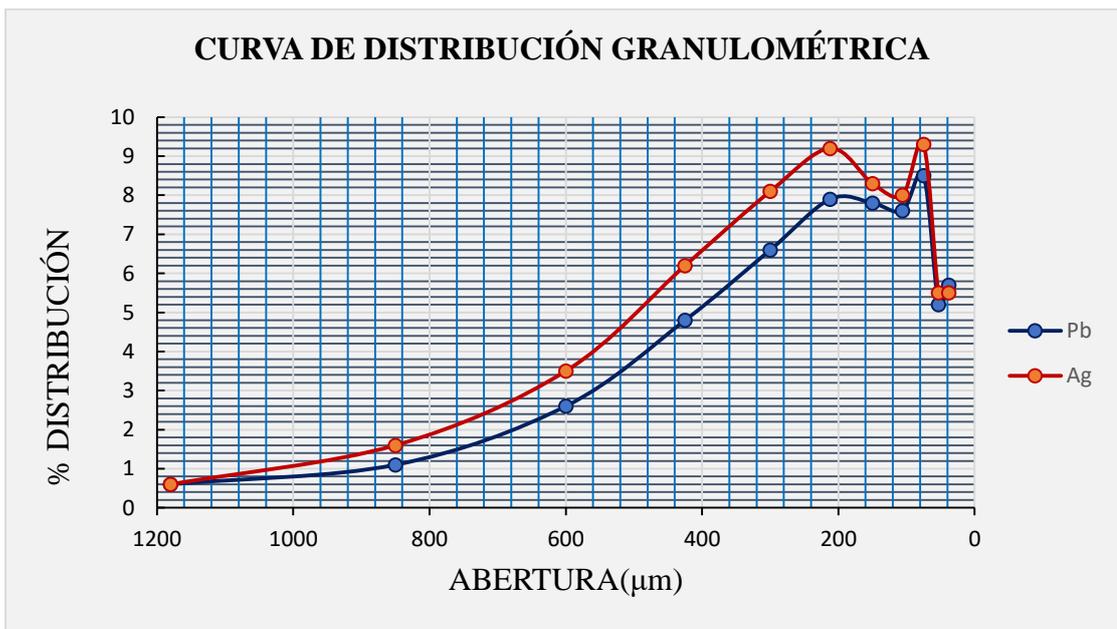
Ensayes de los Productos finos del Hidrociclón N° 1 con cilindro



Fuente: Elaboración Propia

Figura 13

Distribución de los productos finos del Hidrociclón N° 1 con cilindro



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10

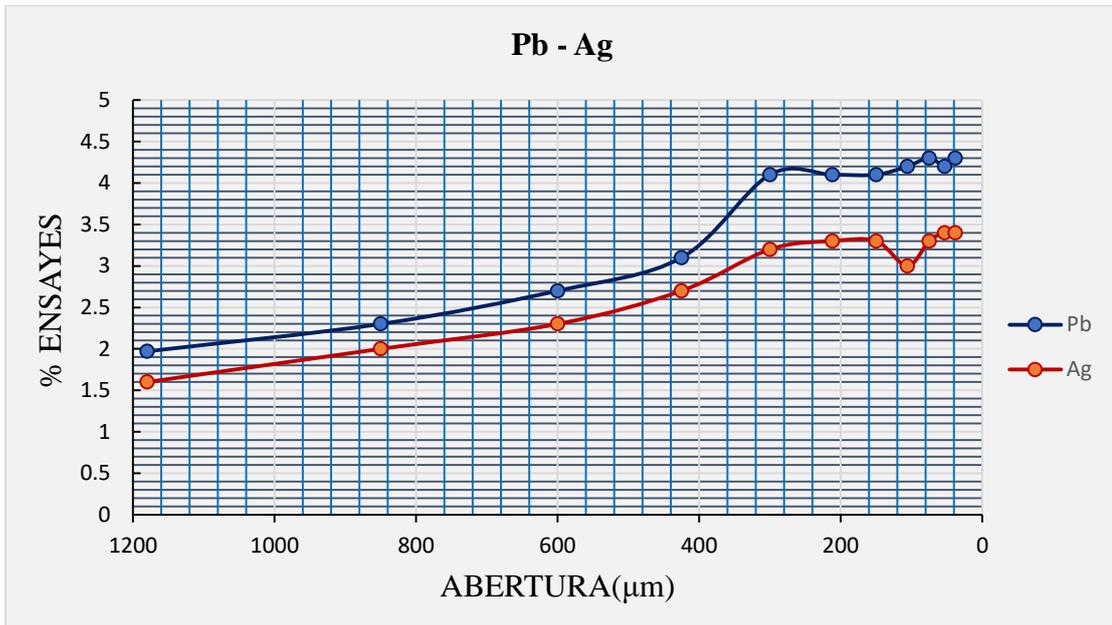
Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico en las Fracciones de Tamaño de los Productos Alimentación del Hidrociclón N° 5 con Cilindro.

Mallas	%Peso	Ensayes %					Distribución %				
		Pb	Zn	Ag	Ins	Fe	Pb	Zn	Ag	Ins	Fe
14	6.8	1.97	5.3	1.60	24.0	25.9	3.5	5.1	3.7	6.6	7.5
20	5.7	2.3	5.6	2.0	22.4	26.2	3.4	4.5	3.8	5.2	6.3
28	7.0	2.7	6.4	2.3	21.6	25.6	5.0	6.3	5.4	6.1	7.6
35	8.4	3.1	6.6	2.7	20.4	25.9	6.8	7.8	7.6	6.9	9.2
48	7.7	4.1	7.3	3.2	20.0	25.3	8.3	7.9	8.3	6.2	8.3
65	7.3	4.1	7.5	3.3	21.2	25.6	7.8	7.7	8.1	6.3	7.9
100	6.7	4.1	7.8	3.3	24.8	24.0	7.2	7.4	7.4	6.7	6.8
150	6.6	4.2	7.7	3.0	26.8	22.4	7.3	7.2	6.7	7.1	6.3
200	7.3	4.3	8.6	3.3	24.0	23.0	8.2	8.9	8.1	7.1	7.1
270	4.3	4.2	8.3	3.4	23.2	23.7	4.7	5.0	4.9	4.0	4.3
400	4.3	4.3	8.4	3.4	22.8	24.0	4.8	5.1	4.9	4.0	4.4
-400	27.9	4.5	6.9	3.3	30.0	20.5	33.0	27.1	31.1	33.8	24.3
Total	100.0						100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 14

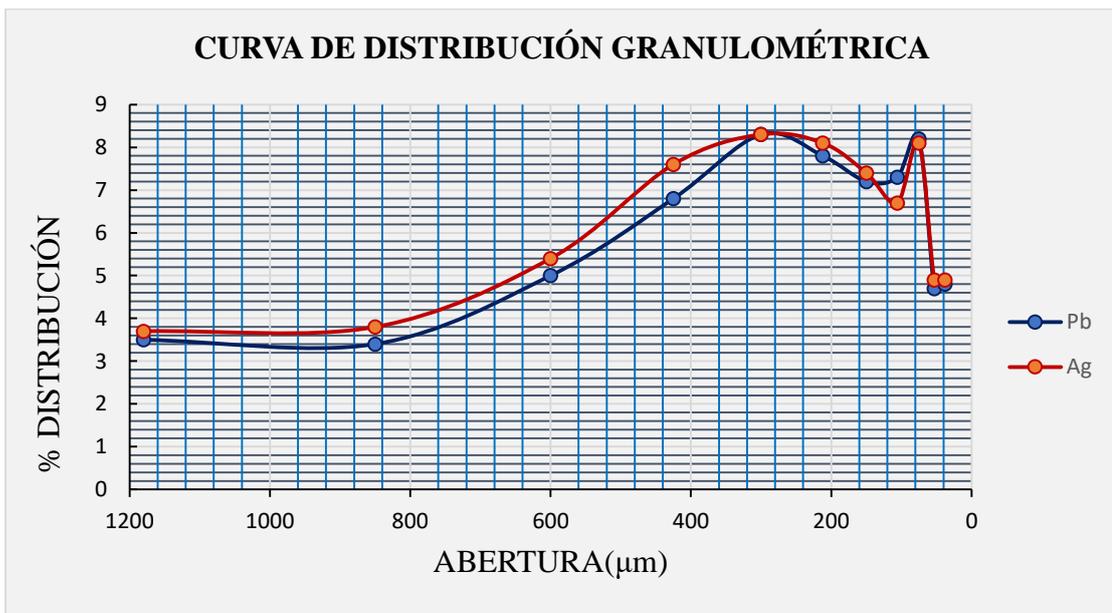
Ensayo de los productos alimentación del Hidrociclón N° 5 con cilindro:



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 15

Distribución de los productos alimentación del Hidrociclón N° 5 con cilindro:



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11

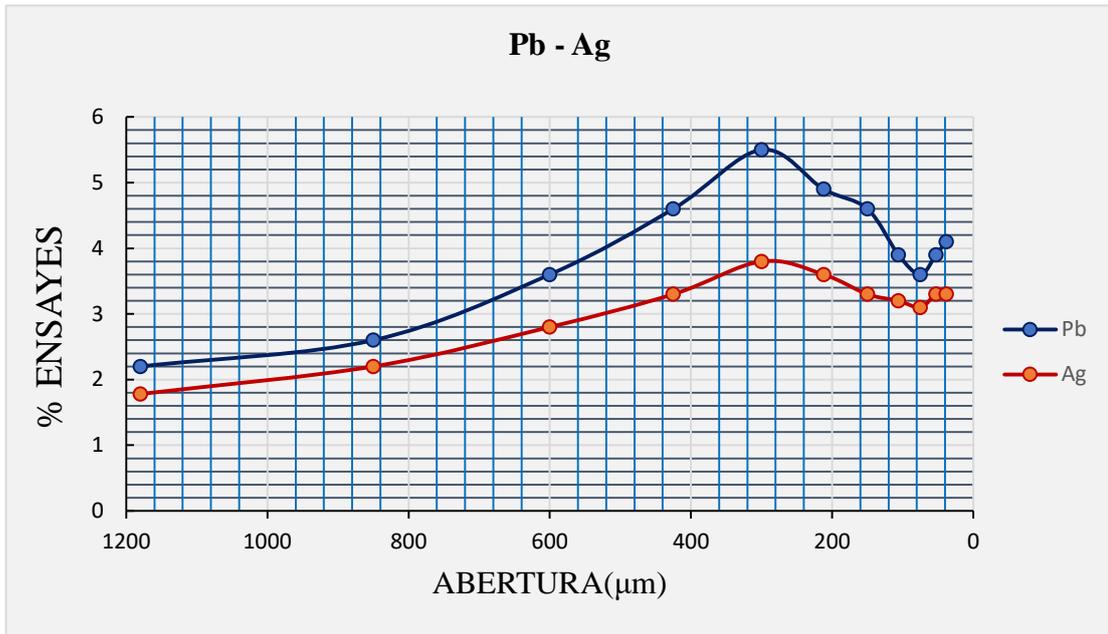
Análisis Granulométrico y Distribución de Contenido Metálico en las Fracciones de Tamaño de los Productos Gruesos del Hidrociclón N° 5 con cilindro.

Mallas	Ensayes %						Distribución %				
	%Peso	Pb	Zn	Ag	Ins	Fe	Pb	Zn	Ag	Ins	Fe
14	11.6	2.2	5.6	1.78	17.2	27.5	6.3	9.5	6.7	9.6	12.8
20	8.9	2.6	6.2	2.2	13.2	28.5	5.8	8.1	6.4	0.8	10.2
28	9.2	3.6	6.8	2.8	13.6	28.5	8.2	9.2	8.4	6.0	10.5
35	8.7	4.6	6.8	3.3	15.6	28.2	10.0	8.7	9.4	6.5	9.9
48	6.7	5.5	6.8	3.8	17.2	27.2	9.2	6.7	8.3	5.5	7.3
65	5.6	4.9	6.7	3.6	22.8	24.6	6.8	5.5	6.6	6.0	5.5
100	5.1	4.6	6.8	3.3	23.6	25.0	5.9	5.1	5.5	5.8	5.1
150	5.2	3.9	7.5	3.2	28.8	22.1	5.1	5.7	5.4	7.2	4.6
200	5.9	3.6	7.9	3.1	25.2	24.0	5.3	6.8	6.0	7.1	5.7
270	3.5	3.9	8.3	3.3	23.2	24.6	3.4	4.3	3.8	3.9	3.5
400	3.7	4.1	8.2	3.3	23.2	24.3	3.8	4.4	4.0	4.1	3.6
-400	25.9	4.7	6.9	3.5	30.0	20.2	30.2	26.0	29.5	37.4	21.3
Total	100.0						100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 16

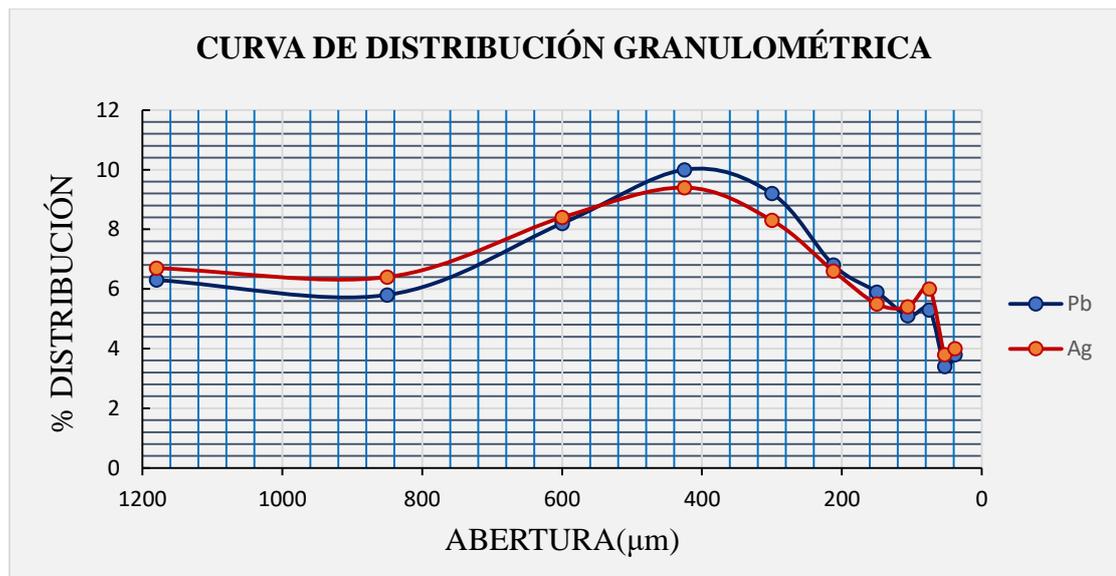
Ensayes de los productos gruesos del Hidrociclón N° 5 con cilindro.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 17

Distribución de los productos gruesos del Hidrociclón N° 5 con cilindro.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12

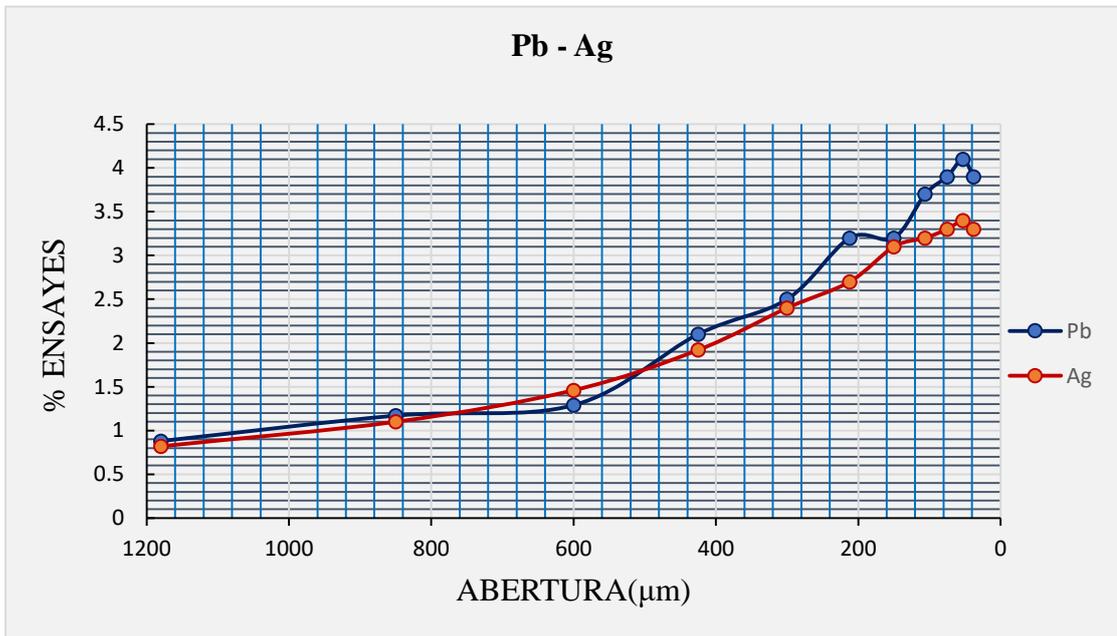
Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico de las Fracciones de Tamaño de los Productos Finos del Hidrociclón N° 5 con Cilindro.

Mallas	%Peso	Ensayes %					Distribución %				
		Pb	Zn	Ag	Ins	Fe	Pb	Zn	Ag	Ins	Fe
14	2.4	0.88	3.2	0.82	50.0	17.0	0.6	1.1	0.7	4.3	1.8
20	3.4	1.17	4.6	1.10	37.2	20.5	1.2	2.3	1.3	4.5	3.2
28	5.7	1.29	3.9	1.46	30.8	23.0	2.2	3.2	3.0	6.3	5.9
35	8.4	2.1	6.9	1.92	25.2	24.3	.1	8.5	5.7	7.6	9.1
48	8.5	2.5	7.2	2.4	22.4	25.0	6.2	8.9	7.3	6.8	9.5
65	8.1	3.2	7.5	2.7	22.8	25.3	7.6	8.9	7.8	6.6	9.2
100	7.5	3.2	7.6	3.1	25.2	23.7	7.0	8.3	8.3	6.8	8.0
150	7.1	3.7	7.7	3.2	27.2	22.4	7.7	8.0	8.1	6.9	7.1
200	7.8	3.9	8.0	3.3	24.8	23.7	8.9	9.1	9.2	6.9	8.3
270	4.5	4.1	8.2	3.4	23.6	23.7	5.4	5.4	5.5	3.8	4.8
400	4.7	3.9	7.8	3.3	24.4	23.4	5.3	5.4	5.5	4.1	4.9
-400	31.9	4.6	6.6	3.3	30.8	19.8	42.8	30.9	37.6	35.4	28.3
Total	100.0						100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 18

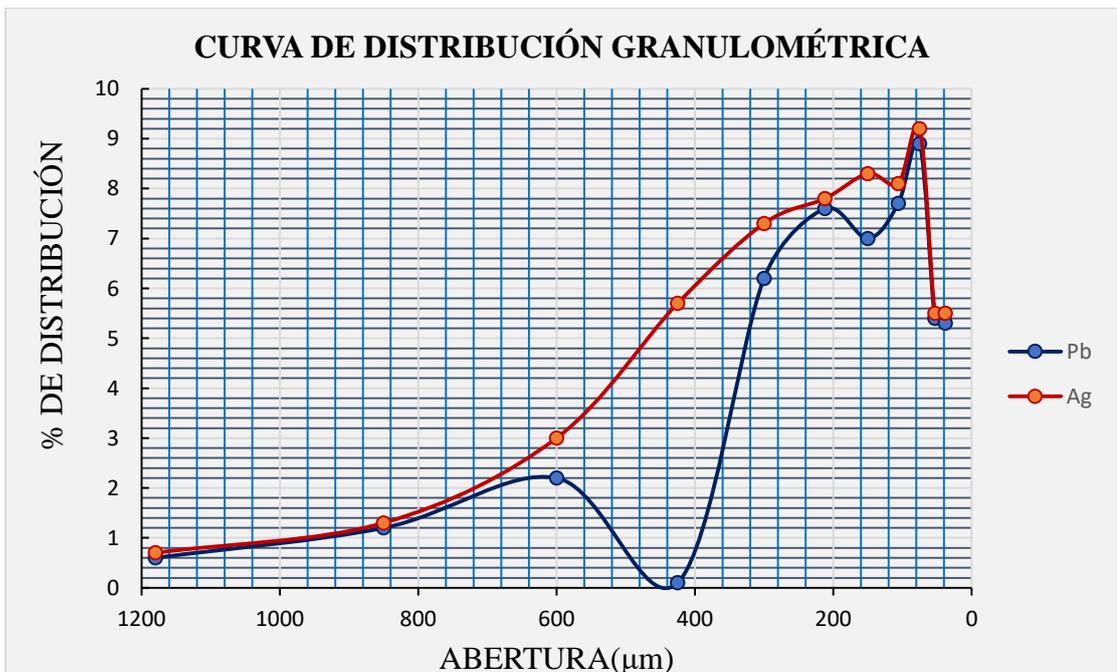
Ensayes de los productos finos del Hidrociclón N° 5 con cilindro.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 19

Distribución de los productos finos del Hidrociclón N° 5 con cilindro.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13

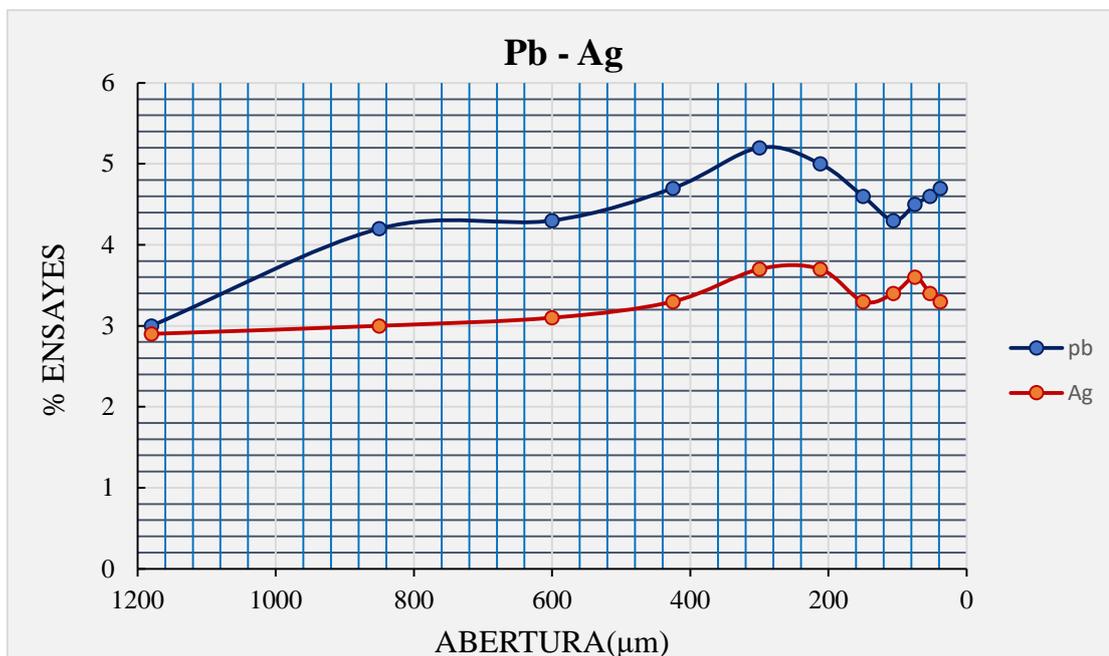
Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico en las Fracciones de Tamaño de los Productos Alimentación al Hidrociclón N° 2 Sin Cilindro.

Mallas	%Peso	Ensayes %					Distribución %				
		Pb	Zn	Ag	Ins	Fe	Pb	Zn	Ag	Ins	Fe
14	13.0	3.0	6.2	2.9	13.6	38.7	8.0	9.5	11.0	10.9	16.2
20	8.2	4.2	8.0	3.0	13.2	33.3	7.1	7.7	7.2	6.7	8.8
28	8.7	4.3	8.0	3.1	12.8	32.6	7.7	8.2	7.9	6.8	9.1
35	9.4	4.7	8.4	3.3	13.2	31.4	9.1	9.3	9.0	7.6	9.5
48	8.1	5.2	9.1	3.7	12.4	32.0	8.7	8.6	8.7	6.2	8.3
65	7.1	5.0	9.1	3.7	12.8	33.0	7.3	7.6	7.6	5.6	7.5
100	6.1	4.6	8.9	3.3	14.8	31.4	5.8	6.4	5.8	5.6	6.2
150	5.7	4.3	8.7	3.4	16.4	30.7	5.0	5.8	5.6	5.7	5.6
200	6.0	4.5	9.3	3.6	15.2	30.1	5.6	6.5	6.3	5.6	5.8
270	3.5	4.6	9.5	3.4	15.6	30.1	3.3	3.9	3.5	3.4	3.4
400	3.6	4.7	9.6	3.3	16.0	30.7	3.5	4.1	3.5	3.5	3.6
-400	20.6	6.8	9.3	4.0	25.6	24.0	28.9	22.4	23.9	32.4	15.0
Total	100.0						100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 20

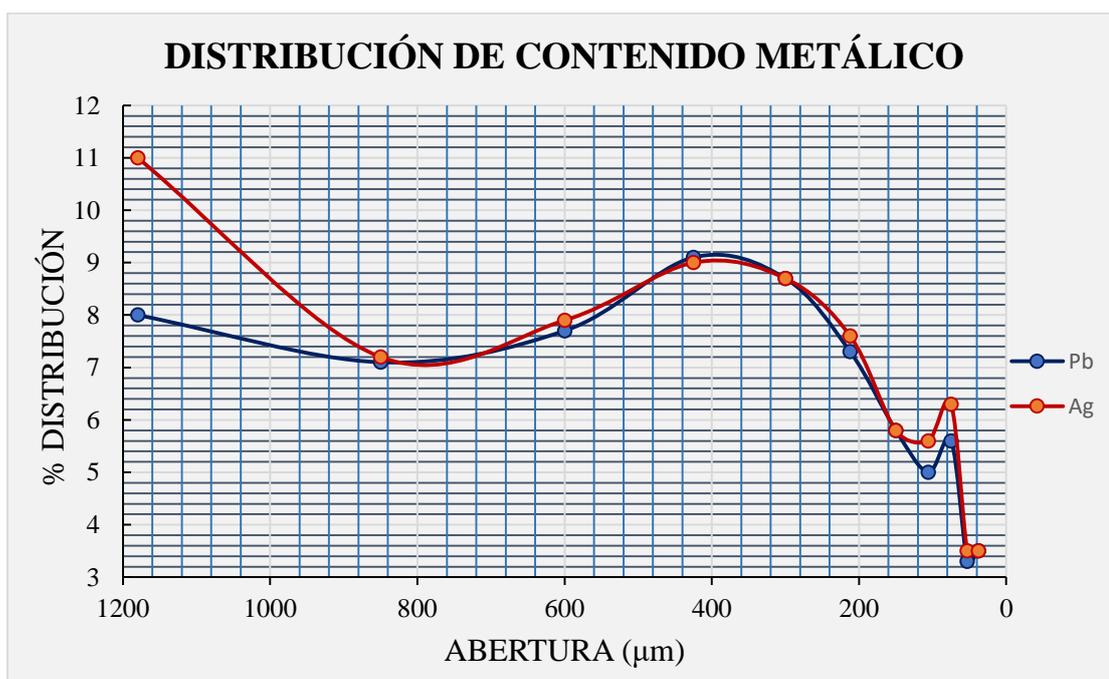
Ensayes de los productos de alimentación al Hidrociclón N° 2 sin cilindro.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 21

Distribución de los productos de alimentación al Hidrociclón N° 2 sin cilindro.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 14

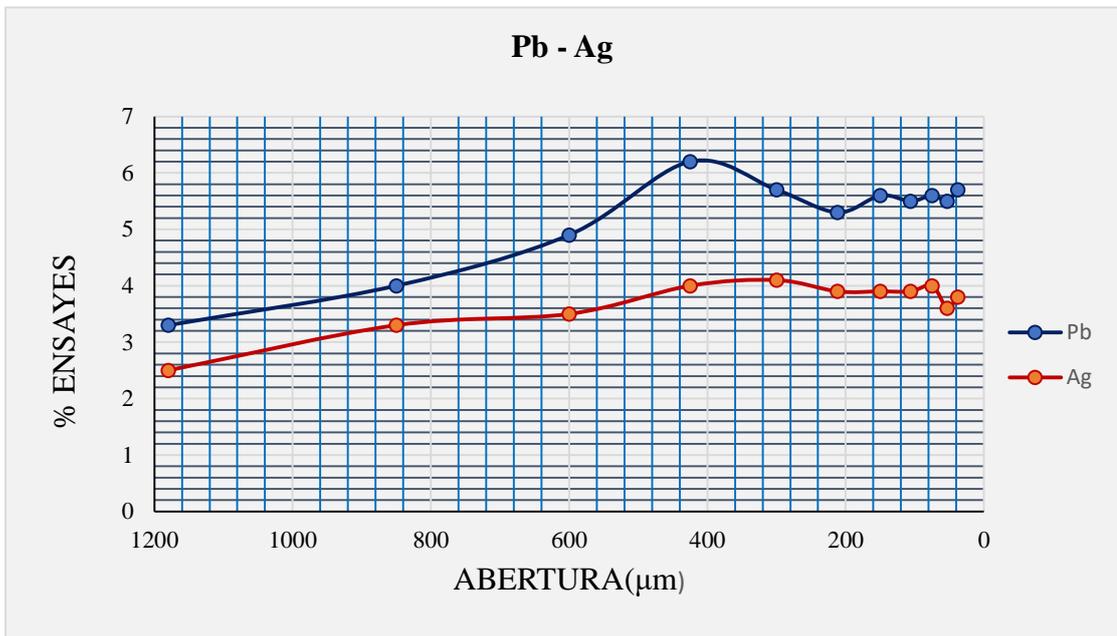
Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico de las Fracciones de Tamaño de los Productos Gruesos del Hidrociclón N° 2 sin cilindro.

Mallas	%Peso	Ensayes %					Distribución %				
		Pb	Zn	Ag	Ins	Fe	Pb	Zn	Ag	Ins	Fe
14	17.2	3.3	7.2	2.5	9.2	36.8	10.8	16.3	11.9	18.4	14.7
20	11.9	4.0	7.1	3.3	8.8	35.8	9.1	11.1	10.9	12.4	9.7
28	11.4	4.9	7.1	3.5	8.4	35.8	10.6	10.6	11.1	11.9	8.9
35	11.3	6.2	7.4	4.0	8.4	35.2	13.4	11.0	12.5	11.6	8.8
48	9.2	5.7	7.1	4.1	7.6	36.2	10.0	8.6	10.5	9.7	6.5
65	7.6	5.3	7.0	3.9	8.0	35.2	7.7	7.0	8.2	7.8	5.6
100	5.9	5.6	7.4	3.9	9.6	35.5	6.3	5.7	6.4	6.1	5.3
150	4.7	5.5	7.6	3.9	11.2	34.0	5.0	4.7	5.1	4.6	4.9
200	4.4	5.6	8.2	4.0	12.0	35.2	4.7	4.7	4.9	4.5	4.9
270	2.3	5.5	8.9	3.6	12.4	34.9	2.4	2.7	2.3	2.3	2.6
400	2.2	5.7	9.2	3.8	14.4	33.3	2.4	2.7	2.3	2.1	2.9
-400	11.9	7.8	9.6	4.2	22.8	25.0	17.6	14.9	13.9	25.2	8.6
Total	100.0						100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 22

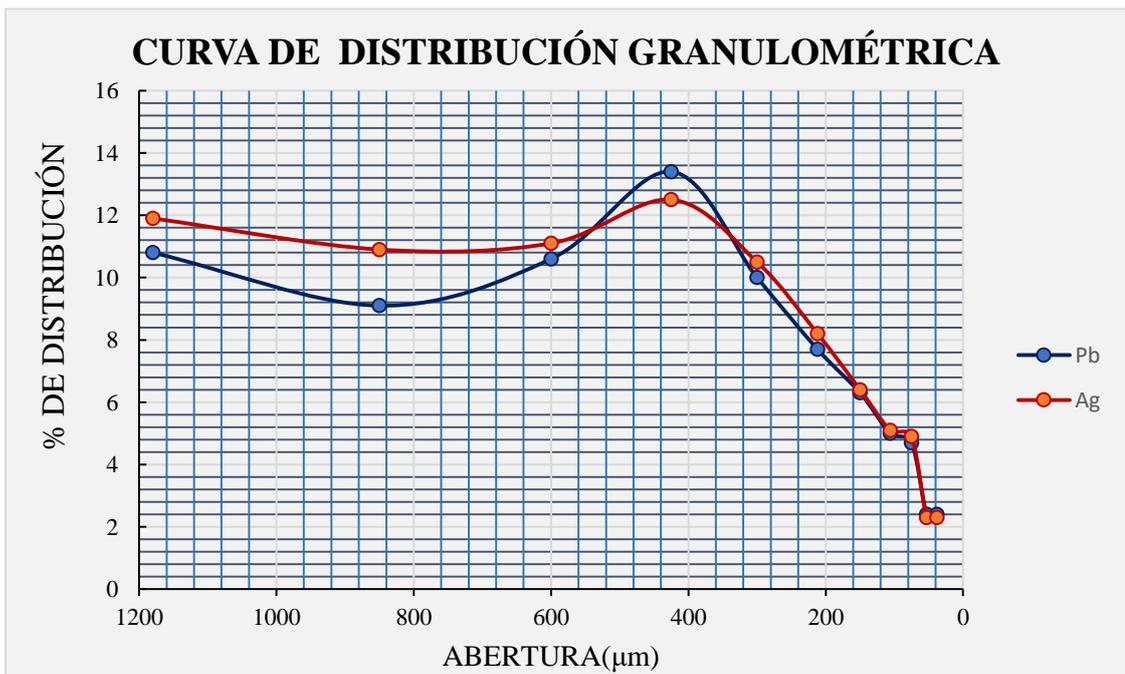
Ensayes de los Productos gruesos del Hidrociclón N° 2 sin cilindro.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 23

Distribución de los productos gruesos del Hidrociclón N° 2 sin cilindro.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 15

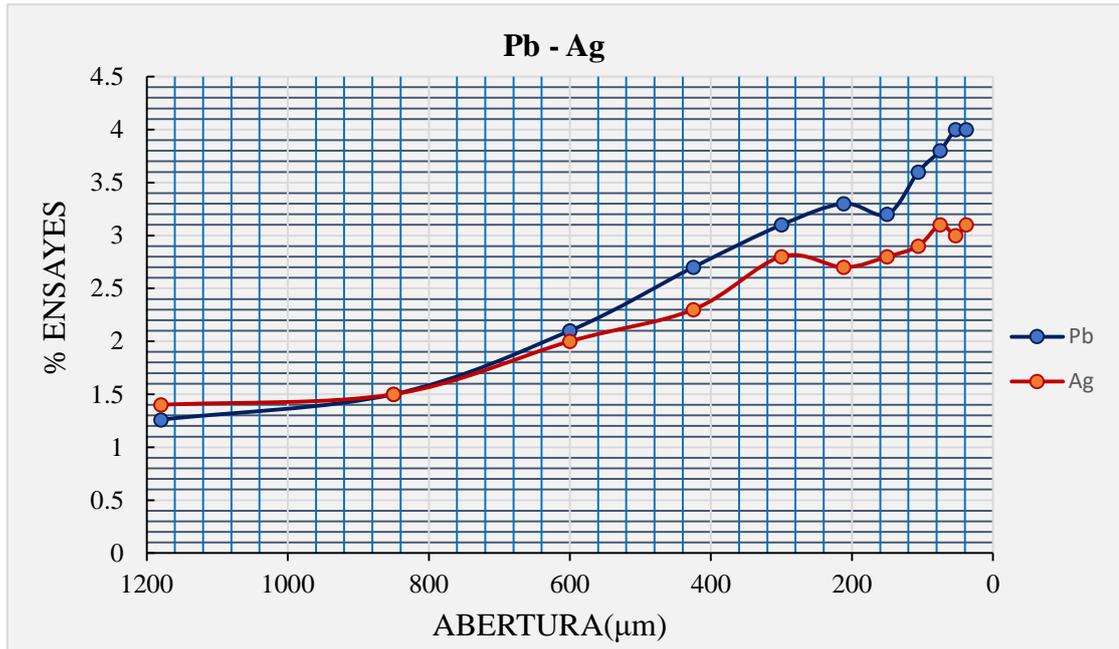
Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico en las Fracciones del Tamaño de los Productos Finos del Hidrociclón N° 2 sin cilindro.

Mallas	%Peso	Ensayes %					Distribución %				
		Pb	Zn	Ag	Ins	Fe	Pb	Zn	Ag	Ins	Fe
14	2.9	1.26	6.4	1.4	41.2	21.4	1.0	2.1	1.4	5.7	2.1
20	3.9	1.50	8.6	1.5	27.2	26.6	1.6	3.8	2.0	5.1	3.6
28	5.5	2.1	9.0	2.0	24.4	28.2	3.1	5.7	3.8	6.4	5.3
35	7.6	2.7	9.2	2.3	20.4	29.8	5.4	8.0	6.0	7.4	7.6
48	8.0	3.1	9.4	2.8	18.0	32.0	6.5	8.6	7.7	6.9	8.8
65	8.2	3.3	9.2	2.7	17.2	31.7	7.1	8.6	7.6	6.7	8.9
100	8.0	3.2	8.6	2.8	18.0	32.0	6.7	7.9	7.7	6.9	8.8
150	8.1	3.6	8.8	2.9	18.0	30.4	7.7	8.2	8.1	6.9	8.4
200	9.0	3.8	9.1	3.1	16.4	31.4	9.0	9.4	9.6	7.0	9.7
270	5.3	4.0	8.8	3.0	16.0	32.0	5.6	5.3	5.5	4.0	5.8
400	5.2	4.0	8.8	3.1	16.8	32.3	5.5	5.2	5.5	4.2	5.8
-400	28.3	5.5	8.4	3.6	24.4	25.9	40.8	27.2	35.1	32.8	25.0
Total	100.0						100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 24

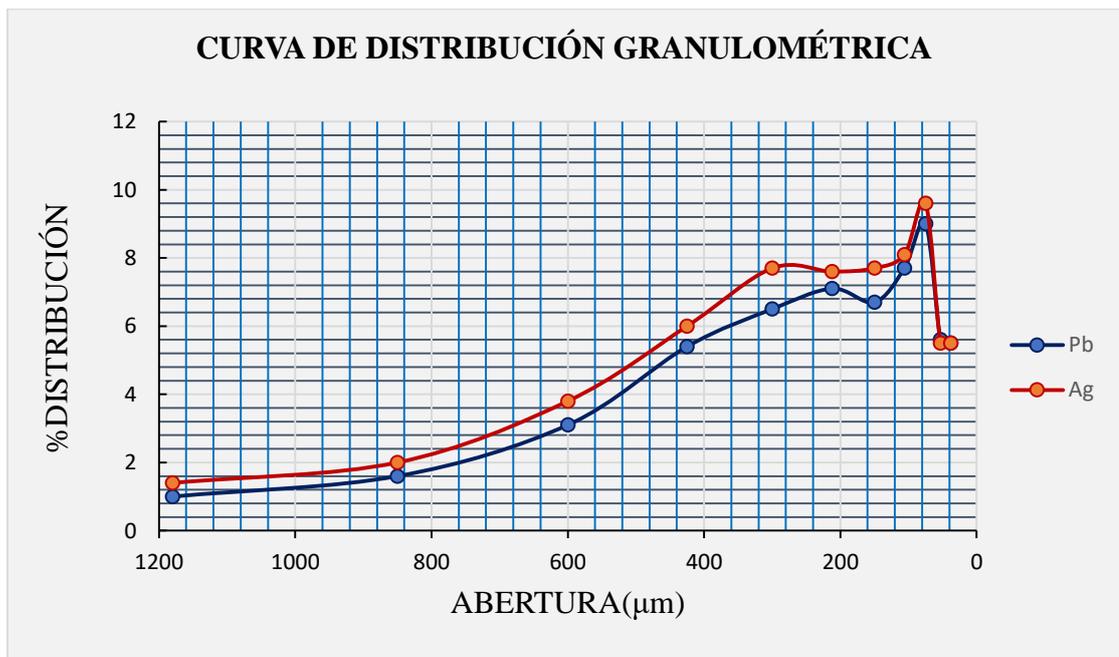
Ensayes de los productos finos del Hidrociclón N° 2 sin cilindro.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 25

Distribución de los productos finos del Hidrociclón N° 2 sin cilindro.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 16

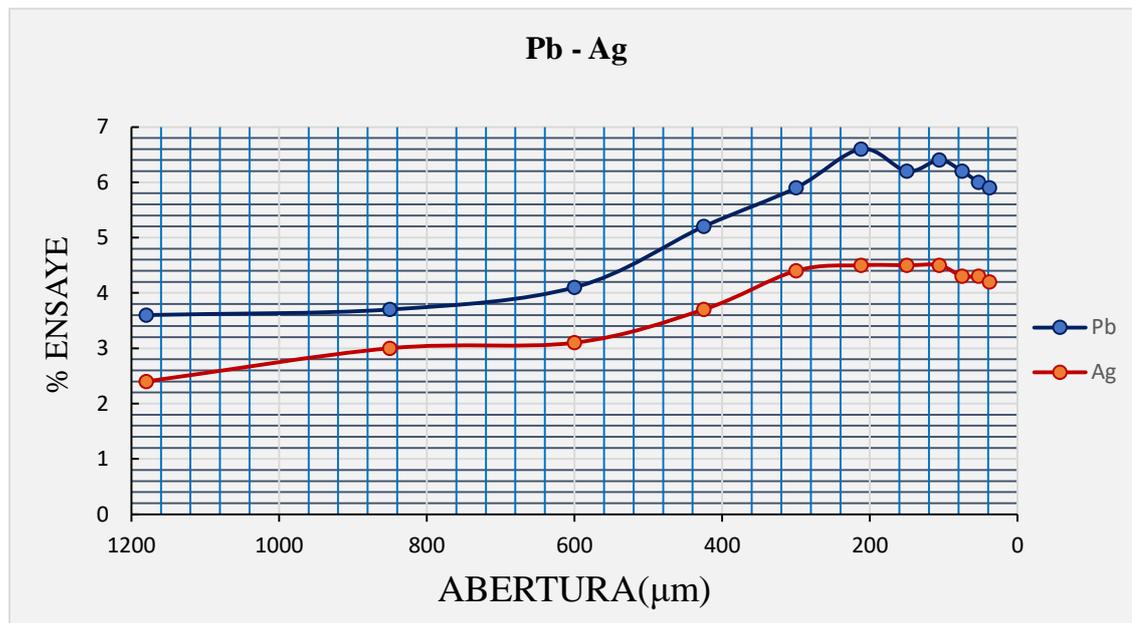
Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico en las Fracciones del Tamaño de los Productos Alimentación del Hidrociclón N° 6 sin Cilindro.

Mallas	%Peso	Ensayes %					Distribución %				
		Pb	Zn	Ag	Ins	Fe	Pb	Zn	Ag	Ins	Fe
14	5.4	3.6	6.4	2.4	20.8	25.9	3.3	3.8	3.2	5.4	5.9
20	5.2	3.7	7.5	3.0	20.0	27.2	3.3	4.3	3.9	5.0	5.9
28	6.6	4.1	7.9	3.1	18.4	26.2	4.7	5.7	5.1	5.8	7.2
35	8.3	5.2	9.0	3.7	17.2	25.9	7.5	6.2	7.6	6.8	9.0
48	8.6	5.9	9.4	4.4	16.8	25.6	8.1	8.2	8.7	6.4	8.6
65	7.7	6.6	9.9	4.5	18.0	23.4	8.8	8.3	8.6	6.6	7.5
100	6.9	6.2	9.5	4.5	19.2	25.0	7.4	7.2	7.7	6.4	7.2
150	6.6	6.4	10.0	4.5	21.2	23.4	7.3	7.2	7.3	6.7	6.5
200	7.5	6.2	10.4	4.3	19.6	24.0	8.0	8.5	8.0	7.0	7.5
270	4.3	6.0	10.5	4.3	19.2	24.6	4.5	4.9	4.6	4.0	4.4
400	4.5	5.9	10.3	4.2	19.6	24.3	4.6	5.1	4.7	4.2	4.6
-400	29.0	6.5	9.0	4.3	25.6	21.1	32.5	28.6	30.6	35.7	25.7
Total	100.0						100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 26

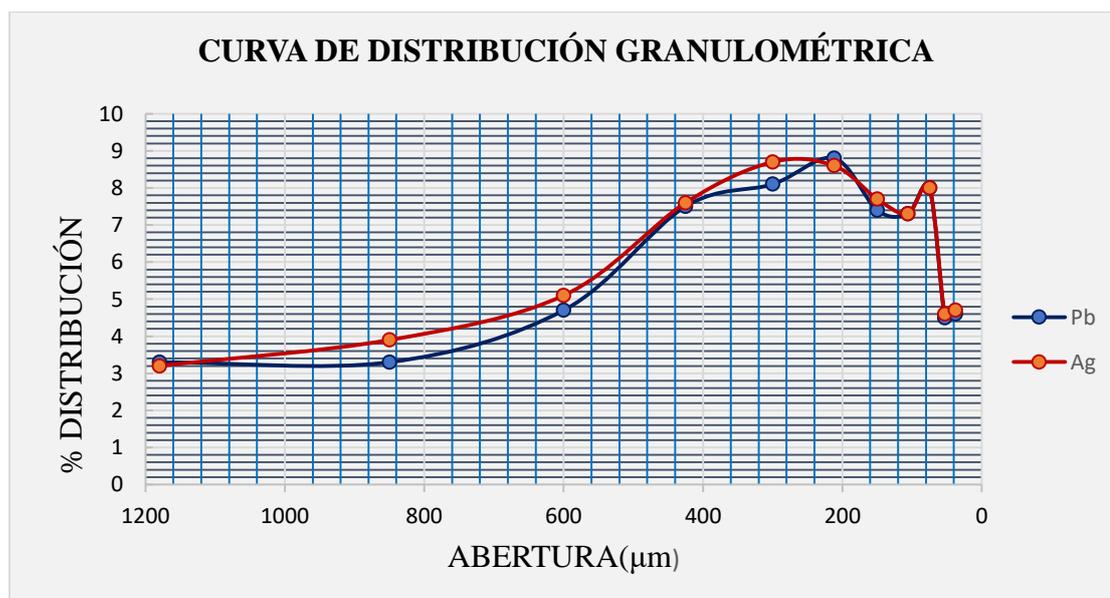
Ensayes de los productos de alimentación del Hidrociclón N° 6 sin cilindro.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 27

Distribución de los productos de alimentación del Hidrociclón N° 6 sin cilindro



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 17

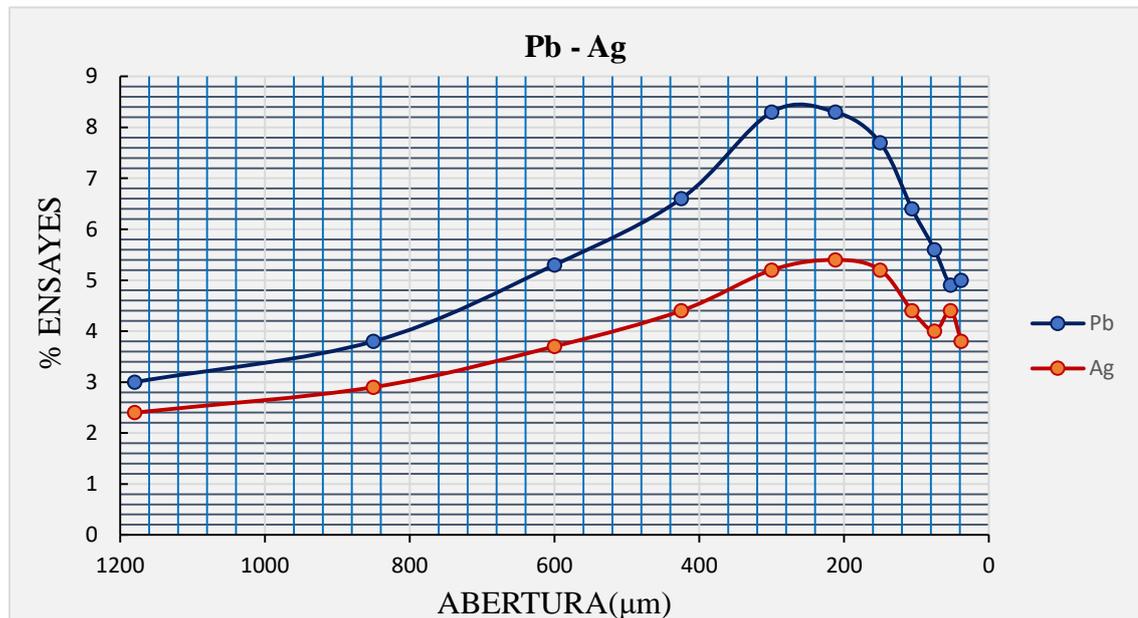
Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico de las Fracciones de Tamaño de los Productos Gruesos del Hidrociclón N° 6 sin cilindro.

Mallas	%Peso	Ensayes %					Distribución %				
		Pb	Zn	Ag	Ins	Fe	Pb	Zn	Ag	Ins	Fe
14	11.1	3.0	7.5	2.4	17.2	26.9	7.1	9.8	6.7	10.4	11.8
20	10.2	3.8	7.9	2.9	12.4	28.8	8.3	9.5	7.4	6.9	11.7
28	10.7	5.3	8.5	3.7	11.6	28.8	12.1	10.7	9.9	6.8	12.2
35	10.1	6.6	8.7	4.4	11.6	27.5	14.2	10.4	11.1	6.4	11.0
48	7.5	8.3	9.1	5.2	13.2	27.2	13.3	8.1	9.8	5.4	8.1
65	5.9	8.3	8.9	5.4	15.6	25.6	10.5	6.2	8.0	5.0	6.0
100	4.9	7.7	8.6	5.2	19.2	24.6	8.1	5.0	6.4	5.1	4.8
150	4.6	6.4	8.8	4.4	24.0	23.4	6.3	4.8	5.1	6.0	4.3
200	5.2	5.6	9.4	4.0	23.2	24.0	6.2	5.8	5.2	6.6	5.0
270	3.2	4.9	9.9	4.4	21.6	23.4	3.4	3.7	3.2	3.8	5.0
400	3.2	5.0	9.5	3.8	20.8	24.6	3.4	3.6	3.1	3.6	3.1
-400	23.4	5.7	8.1	4.1	26.4	20.5	7.1	22.4	24.1	34.0	19.0
Total	100.0						100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 28

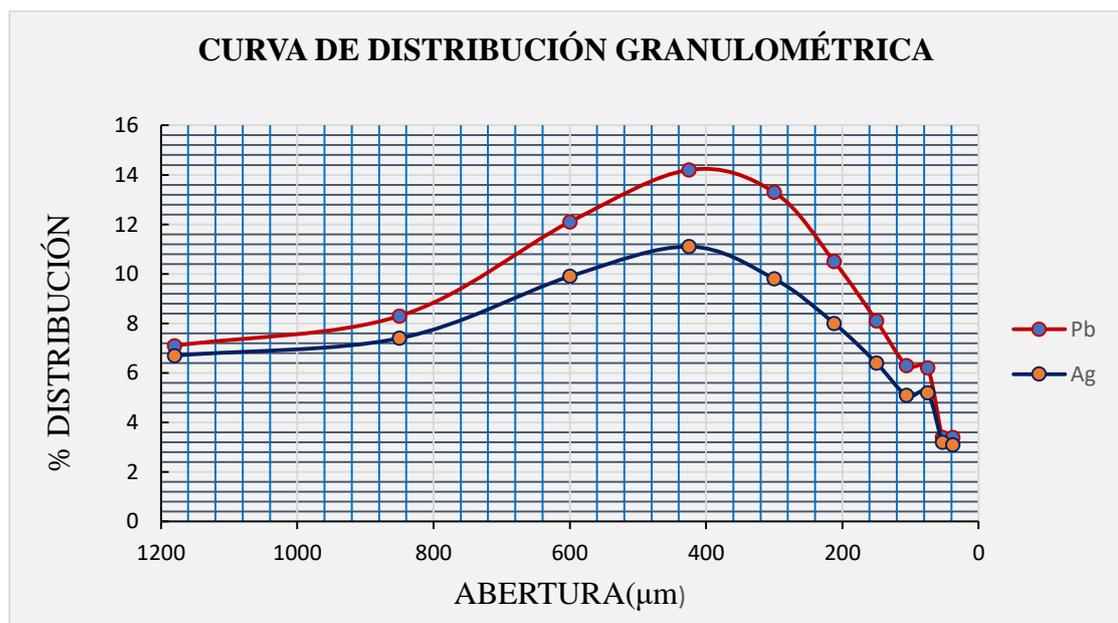
Ensayes de los productos gruesos del Hidrociclón N° 6 sin cilindro.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 29

Distribución de los productos gruesos del Hidrociclón N° 6 sin cilindro.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 18

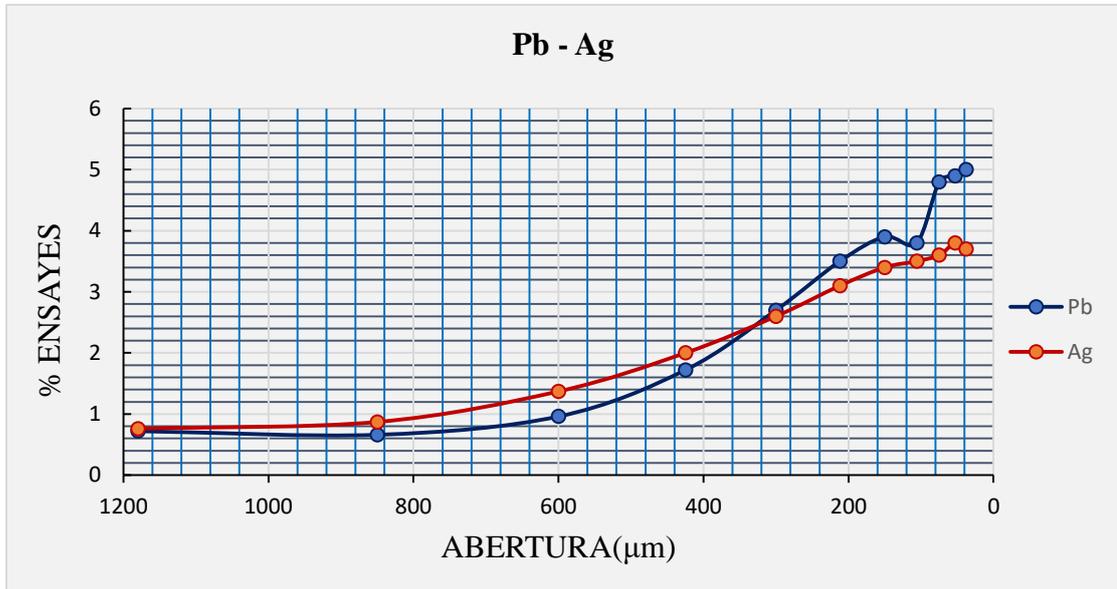
Análisis Granulométrico y Distribución del Contenido Metálico en las Fracciones de Tamaño de los Productos Finos de Hidrociclón N° 6 sin cilindro.

Mallas	Ensayes %						Distribución %				
	%Peso	Pb	Zn	Ag	Ins	Fe	Pb	Zn	Ag	Ins	Fe
14	1.7	0.72	2.6	0.76	60.0	12.5	0.3	0.5	0.4	3.9	0.9
20	3.0	0.66	4.1	0.87	46.0	17.6	0.5	1.5	0.8	5.3	2.3
28	5.2	0.96	6.4	1.37	35.2	19.8	1.3	4.0	2.3	7.1	4.4
35	8.0	1.72	7.8	2.0	27.2	23.4	3.5	7.4	5.1	8.4	8.0
48	8.5	2.7	8.9	2.6	22.8	25.0	5.8	9.0	7.1	7.5	9.1
65	8.3	3.5	9.5	3.1	21.6	25.0	7.4	9.4	8.2	6.9	8.8
100	7.8	3.9	9.4	3.4	23.2	24.0	7.7	8.7	8.5	7.0	8.0
150	7.5	3.8	9.6	3.5	22.4	24.0	7.2	8.6	8.4	6.5	7.7
200	8.3	4.8	9.9	3.6	20.8	24.3	10.1	9.8	9.6	6.7	8.6
270	4.8	4.9	9.5	3.8	20.0	25.3	6.0	5.4	5.8	3.7	5.2
400	4.7	5.0	9.5	3.7	20.4	25.0	6.0	5.3	6.6	3.7	5.0
-400	32.2	5.4	7.9	3.7	26.8	23.4	44.2	30.4	38.0	33.3	32.0
Total	100.0						100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 30

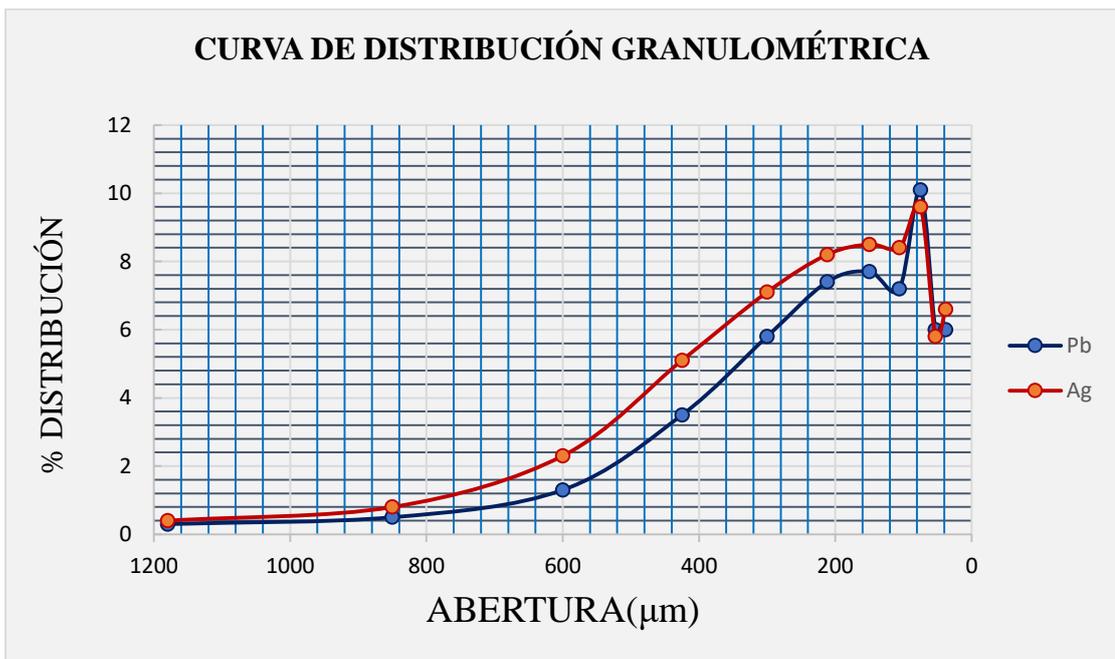
Ensayo de los productos finos de Hidrociclón N° 6 sin cilindro.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 31

Distribución de los productos finos de Hidrociclón N° 6 sin cilindro.



Fuente: Elaboración Propia.

4.2.3. Eficiencia y construcción de la curva tromp.

Tabla 19

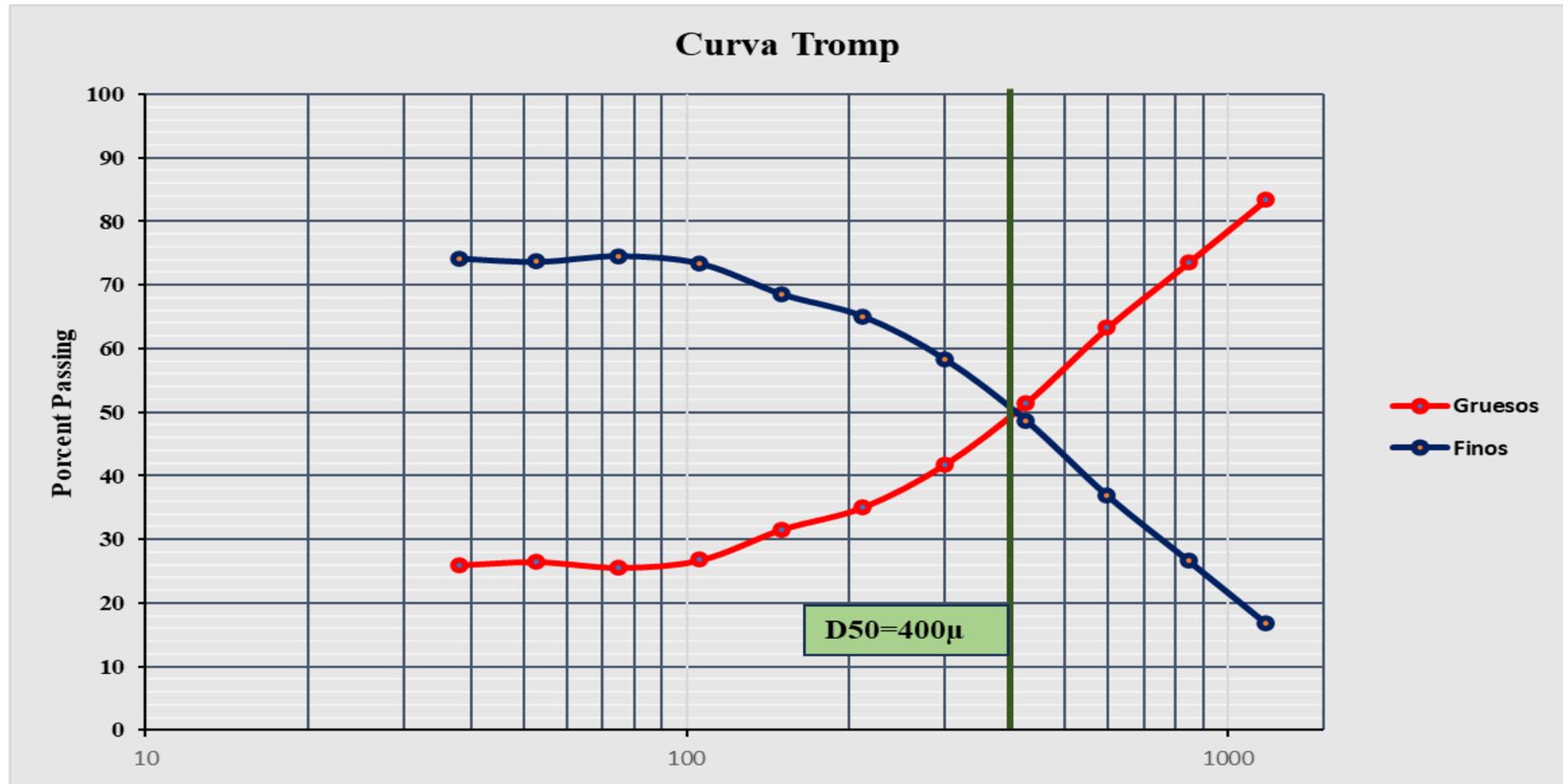
Cuadro de eficiencia del Hidrociclón N°1 con cilindro.

Fracciones de tamaño	Alimento al Rod Mill #1		Descarga del Rod Mill #1		Alimento al Hidrociclón		A. Molino #1 Under flow Hidrociclón #1		Descarga Molino #1		Over Flow Hidrociclón #1		Eficiencia Clasificación	
	Parc.	Acum(-)	Parc.	Acum(-)	Parc.	Acum(-)	Parc.	Acum(-)	Parc.	Acum(-)	Parc.	Acum(-)	Gruesos	Finos
3/4														
1/2	6.4	93.6												
3/8	7.2	86.4												
3	9.3	77.1												
4	11.5	65.6												
6	9.1	56.5												
8	6.5	50.0												
10	8.6	41.4												
14	5.4	36.0	10.3	89.7	10.2	89.8	16.6	83.4	8.8	91.2	3.0	97.0	83.3	16.7
20	3.7	32.3	8.9	80.8	8.0	81.8	11.7	71.7	7.2	84.0	4.6	92.4	73.5	26.5
28	3.0	29.3	9.4	71.4	9.1	72.7	11.6	60.0	9.4	74.6	7.2	85.2	63.2	36.8
35	3.0	26.3	10.0	61.4	10.5	62.2	11.3	48.7	11.6	63.0	10.0	75.1	51.4	48.6
48	2.5	23.8	8.3	53.1	9.1	53.1	8.6	40.1	10.3	52.7	9.6	65.5	41.7	58.3
65	2.4	21.4	7.1	46.0	7.8	45.3	6.7	33.4	8.7	44.0	8.8	56.7	35.0	65.0
100	2.5	18.9	6.2	39.8	6.5	38.8	5.1	28.3	7	37.0	7.7	49.0	31.5	68.5
150	2.8	16.1	5.9	33.9	6.0	32.8	4.5	23.8	6.2	30.8	7.3	41.7	26.7	73.3
200	3.3	12.8	6.4	27.5	6.1	26.7	4.6	19.2	6.0	24.8	7.7	34.0	25.5	74.5
270	2.4	10.4	4.5	23.0	4.4	22.3	3.3	15.9	4.0	20.8	5.4	28.6	26.4	73.6
400	2.2	8.2	3.9	19.1	3.9	18.4	2.8	13.1	3.5	17.3	4.8	23.8	25.9	74.1
-400	8.2	0.00	19.1	0.00	18.4	0.00	13.1	0.00	17.3	0.00	23.8	0.00		
TOTAL	100		100		100		99.9		100		99.9			

Nota: Elaboración propia

Figura 32

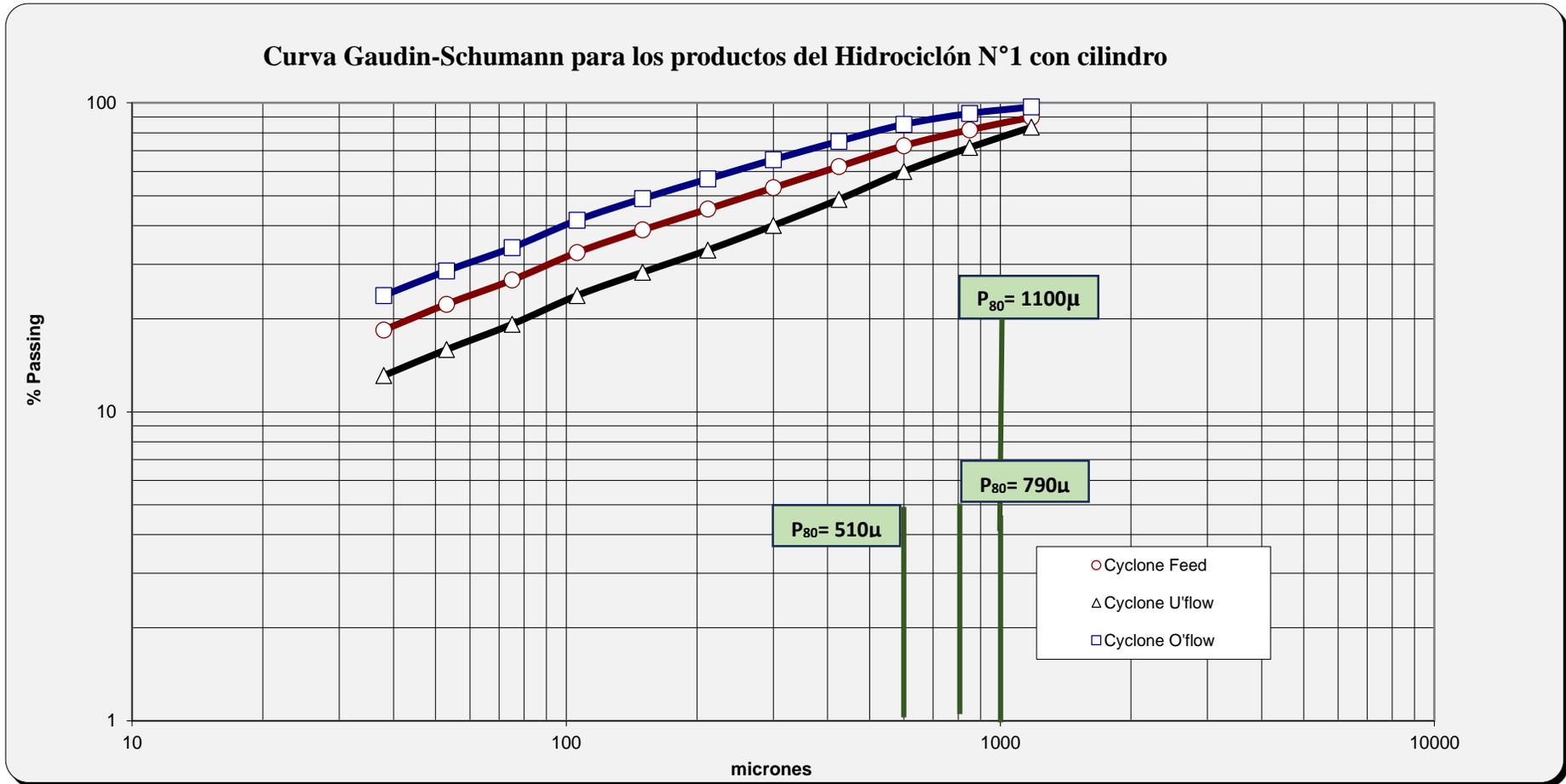
Curva tromp del hidrociclón N°1 con cilindro.



Nota: Elaboración propia

Figura 33

Curva Gaudin-Shumann del hidrociclón N°1 con cilindro



Nota: Elaboración propia

Tabla 20

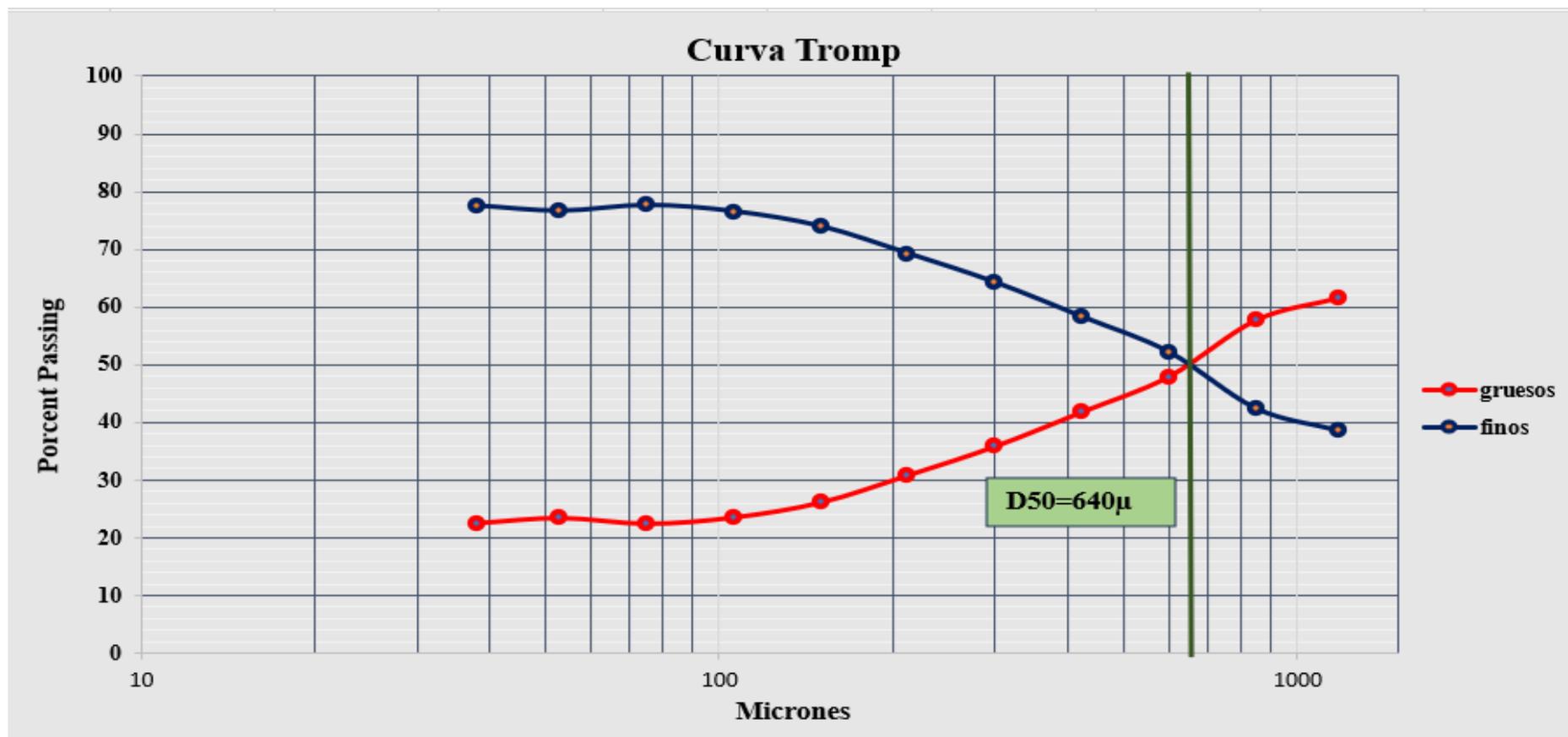
Cuadro de eficiencia del Hidrociclón N°2 sin cilindro

Fracciones de tamaño	Alimento al Rod Mill #1		Descarga del Rod Mill #1		Alimento al Hidrociclón #2		A. Molino #1 Under flow Hidrociclón#2		Descarga Molino 7°*7,5' #1		Over Flow Hidrociclón #2		Eficiencia Clasificación	
	Parc.	Acum(-)	Parc.	Acum(-)	Parc.	Acum(-)	Parc.	Acum (-)	Parc.	Acum (-)	Parc.	Acum (-)	Gruesos	Finos
1/2	4.5	95.5												
2/8	10.1	85.4												
3	7.7	77.7												
4	4	68.7												
6	7.7	61												
8	6.3	54.7												
10	6.5	48.2			4	96	7.2	92.8	5.2	94.8				
14	5	43.2	7.3	92.7	4.4	91.6	7	85.8	3.1	91.7	2.2	97.8	61.5	38.5
20	4.2	39.00	6.8	85.9	5.9	85.7	8.9	76.9	4.2	87.5	3.4	94.4	57.7	42.3
28	3.6	35.4	8.2	77.7	7.2	78.5	10.3	66.6	5.9	81.6	5.8	88.6	47.9	52.1
35	3.7	31.7	9.6	68.1	8.9	69.6	12	54.6	8.9	72.7	8.7	79.9	41.8	58.2
48	3.3	28.4	8.2	59.9	8.3	61.3	10	44.6	9.6	63.1	9.3	70.6	35.8	64.2
65	3.1	25.3	7.5	52.4	8	53.3	8.1	36.5	9.5	53.6	9.5	61.1	30.8	69.2
100	2.8	22.5	6.5	45.9	6.8	46.5	5.8	30.7	8	45.6	8.2	52.9	26.1	73.2
150	3.1	19.4	6.2	39.7	6.4	40.1	4.8	25.9	7.3	38.3	7.9	45	23.5	76.5
200	3.3	16.1	6.5	33.2	6.6	33.5	4.5	21.4	7.2	31.1	7.8	37.2	22.4	77.6
270	2.4	13.7	4.6	28.6	4.7	28.8	3.2	18.2	4.9	26.2	5.5	31.7	23.4	76.6
400	2.3	11.4	4.2	24.4	4	24.8	2.6	15.6	4	22.2	4.7	27	22.5	77.5
-400	16.4	0	24.4	0	24.8	0	15.6	0	22.2	0	27	0		
TOTAL	100		100		100		100		100		100			

Nota: Elaboración propia

Figura 34

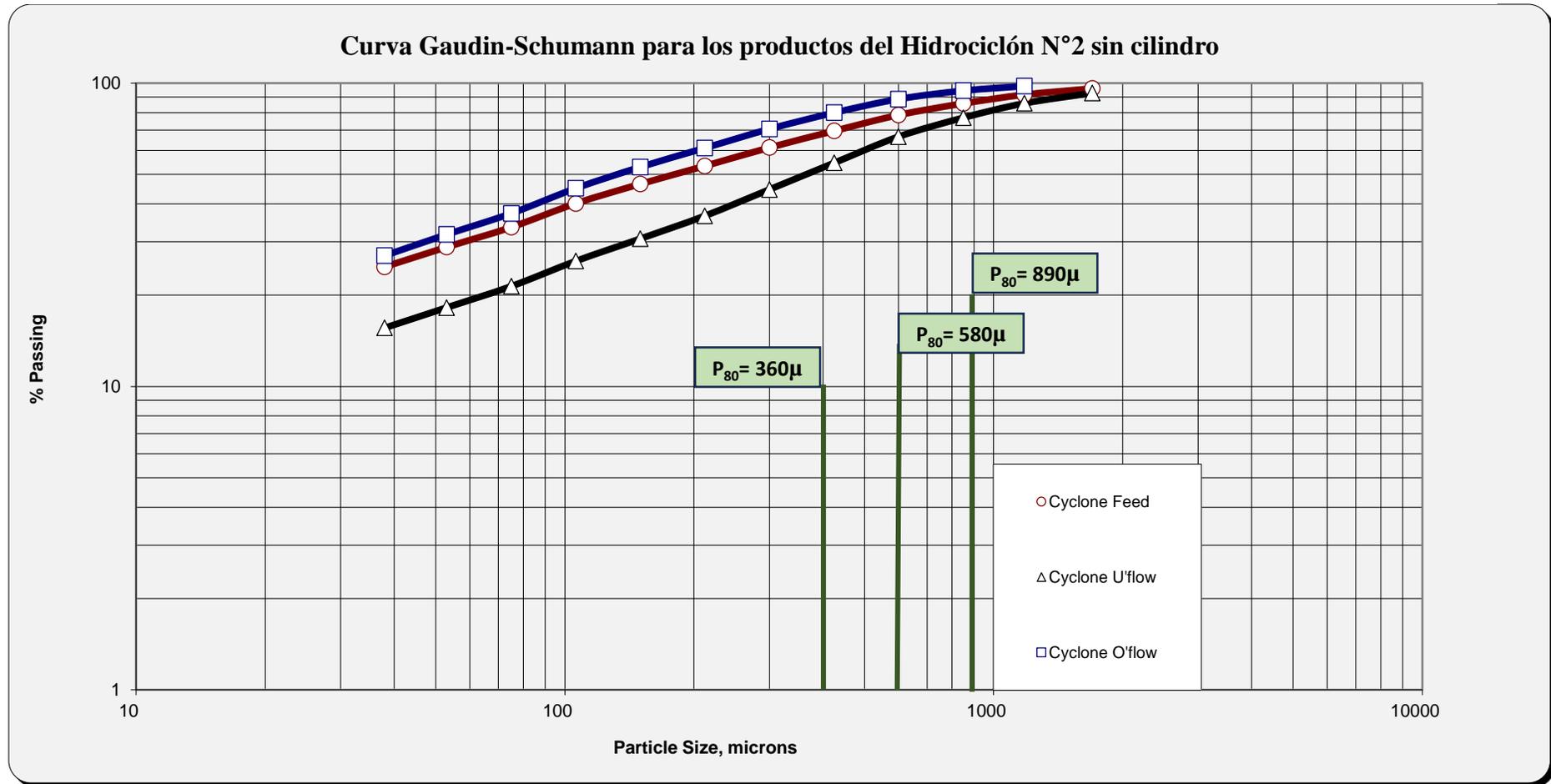
Curva tromp del hidrociclón N°2 sin cilindro



Nota: Elaboración propia

Figura 35

Curva Gaudin-Shumann del hidrociclón N°2 sin cilindro.



Nota: Elaboración propia

Tabla 21

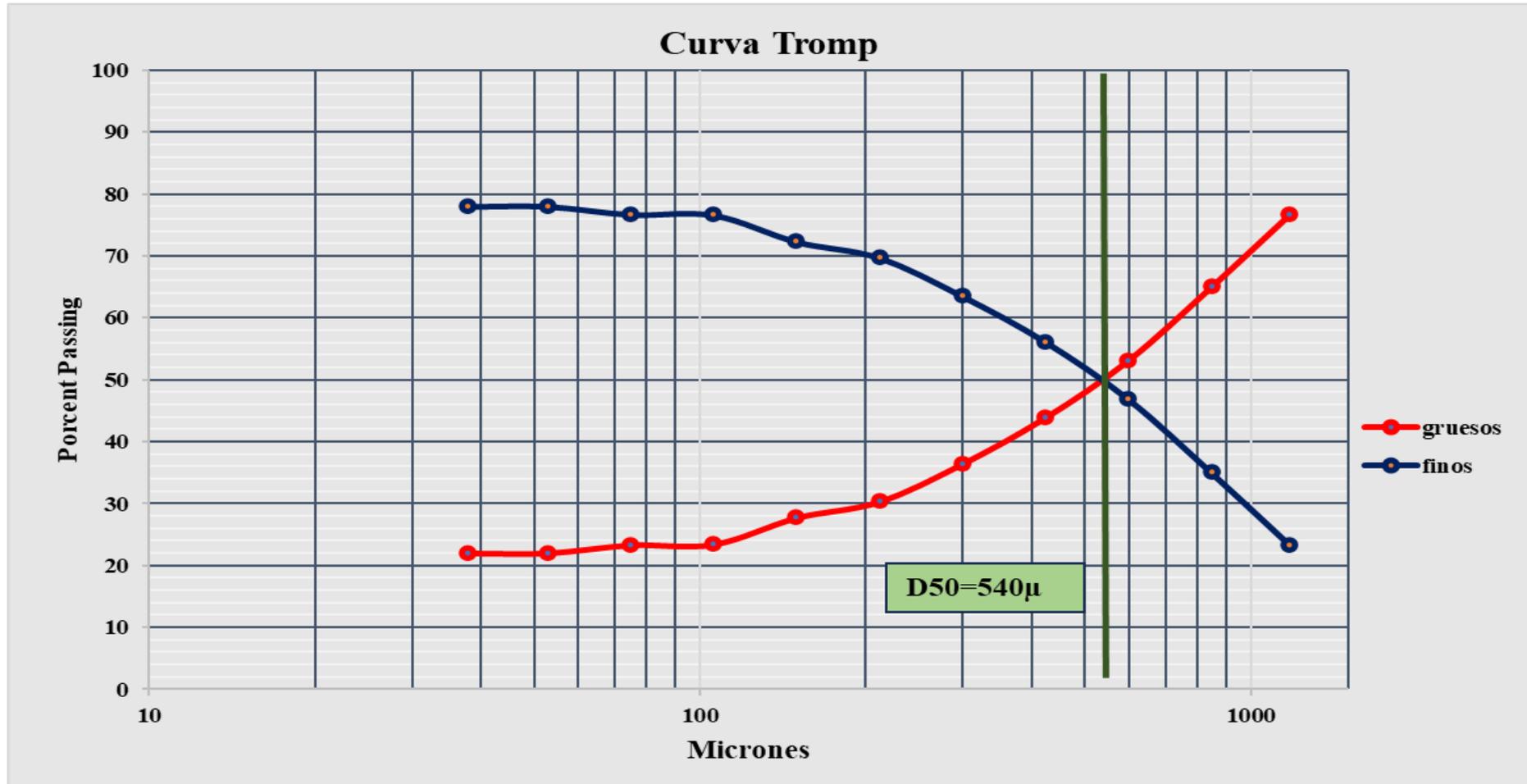
Cuadro de eficiencia del hidrociclón N°5 con Cilindro

Fracciones de tamaño	Alimento al Rod Mill #2		Descarga del Rod Mill #2		Alimento al Hidrociclón N°6		A. Molino #6 Under flow Hidrociclón #6		Descarga Molino N°6		Over Flow Hidrociclón N°6		Eficiencia Clasificación	
	Parc.	Acum(-)	Parc.	Acum(-)			Parc.	Acum(-)	Parc.	Acum(-)	Parc.	Acum(-)	Gruesos	Finos
3/4														
1/2	9.1	90.9												
3/8	16.5	74.4												
3	13.0	61.4												
4	9.2	52.2												
6	6.3	45.9												
8	5.2	40.7												
10	4.4	36.3												
14	3.3	33.0	8.0	92.0	7.9	92.1	18.3	81.7	6.8	93.2	3.2	96.8	76.7	23.3
20	2.8	30.2	7.8	84.2	6.7	85.4	12.0	69.7	5.4	87.8	4.2	92.6	65.0	35.0
28	2.6	27.6	8.9	75.3	8.3	77.1	11.9	57.8	7.7	80.1	6.0	86.6	53.1	46.9
35	2.7	24.9	9.6	65.7	10.1	67.0	11.8	46.0	10.6	69.5	8.6	78.0	43.9	56.1
48	2.5	22.4	7.9	57.8	9.0	58.0	8.6	37.4	10.0	59.5	8.4	69.6	36.4	63.5
65	2.4	20.0	7.0	50.8	7.9	50.1	6.4	31.0	9.1	50.4	8.3	61.3	30.3	69.7
100	2.6	17.4	6.3	44.5	6.7	43.4	4.9	26.1	7.4	43.0	7.4	53.9	27.7	72.3
150	3.0	14.4	6.5	38.0	6.5	36.9	4.2	21.9	6.8	36.2	7.6	46.3	23.4	76.6
200	2.7	11.7	5.9	32.1	6.0	30.9	3.9	18.0	6.2	30.0	7.2	39.1	23.3	76.7
270	1.8	9.9	4.0	28.1	4.1	26.8	2.6	15.4	4.1	25.9	5.0	34.1	22.0	78.0
400	1.6	8.3	3.8	24.3	3.6	23.2	2.1	13.3	3.6	22.3	4.4	29.7	22.0	78.0
-400	8.3	0	24.3	0	23.2	0	13.3	0	22.3	0	29.7	0		
TOTAL	100		100		100		100		100		100			

Nota: Elaboración propia

Figura 36

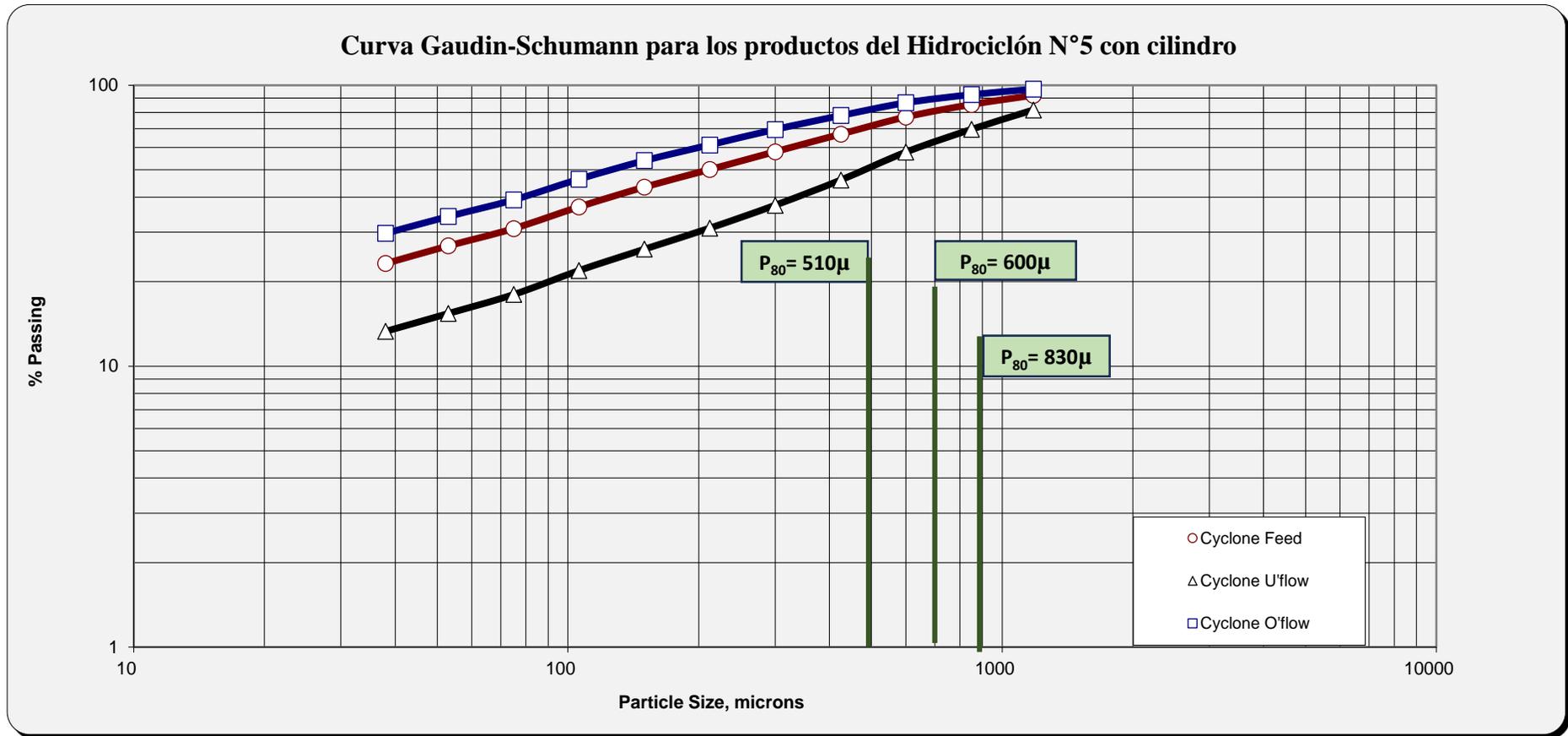
Curva tromp del hidrociclón N°5 con cilindro



Nota: Elaboración propia

Figura 37

Curva Gaudin-Shumann del hidrociclón N°5 con cilindro.



Nota: Elaboración propia

Tabla 22

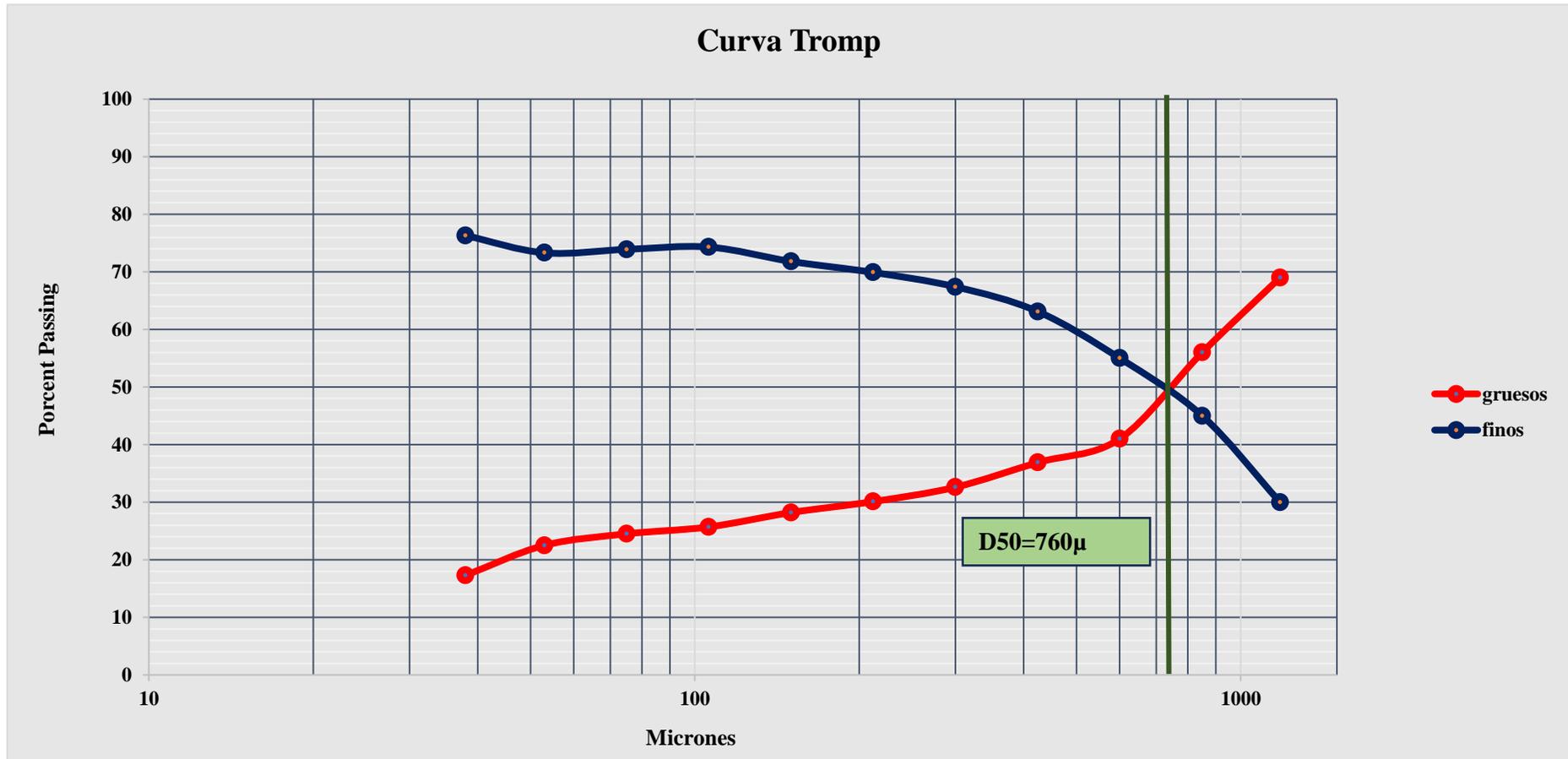
Cuadro de eficiencia del hidrociclón N°6 sin Cilindro

Fracciones de tamaño	Alimento al Rod Mill #2		Descarga del Rod Mill #2		Alimento al Hidrociclón #5		A. Molino #5 Under flow Hidrociclón		Descarga Molino N°5		Over Flow Hidrociclón N°5		Eficiencia Clasificación	
	Parc.	Acum(-)	Parc.	Acum(-)			Parc.	Acum(-)	Parc.	Acum(-)	Parc.	Acum(-)	Gruesos	Finos
3/4														
1/2	15.4	84.6												
3/8	17.7	66.9												
3	11.2	55.7												
4	8	47.7												
6	5.5	42.2												
8	5.2	37.0												
10	3.6	33.4												
14	2.9	30.5	7.5	92.5	5.9	94.1	9.4	90.6	6.4	93.6	2.6	97.4	62.5	37.5
20	2.3	28.2	7.8	84.7	6	88.1	9.1	81.5	4.8	88.8	4.7	92.7	47.5	52.5
28	2.1	26.1	9.0	75.7	7.9	80.2	11	70.5	6.6	82.2	7.1	85.6	42.2	57.8
35	2.2	23.9	9.9	65.8	9.5	70.7	11.7	58.8	9.2	73.0	9.5	76.1	36.9	63.1
48	2.0	21.9	8.0	57.8	8.8	61.9	9.4	49.4	9.3	63.7	9.1	67.0	32.6	67.4
65	2.1	19.8	7.1	50.7	8.2	53.7	7.7	41.7	9.0	54.7	8.5	58.5	30.1	69.9
100	2.3	17.5	6.4	44.3	7.2	46.5	6.2	35.3	7.9	46.8	7.5	51.0	28.2	71.8
150	2.9	14.6	6.5	37.8	7	39.5	5.7	29.8	7.5	39.3	7.6	43.4	25.7	74.3
200	2.6	12	5.9	31.9	6.4	33.1	5.2	24.6	7.1	36.3	7.1	36.3	26.1	73.9
270	1.6	10.4	4.0	27.9	4.5	28.6	3.6	21.0	4.7	27.5	4.9	31.4	26.7	73.3
400	1.4	9.0	3.6	24.3	3.9	24.7	2.8	18.2	4.0	23.5	4.3	27.1	23.7	76.3
-400	9	0	24.3	0	24.7	0	18.2	0	23.5	0	27.1	0		
TOTAL	100		100		100		100		100		100			

Nota: Elaboración propia

Figura 38

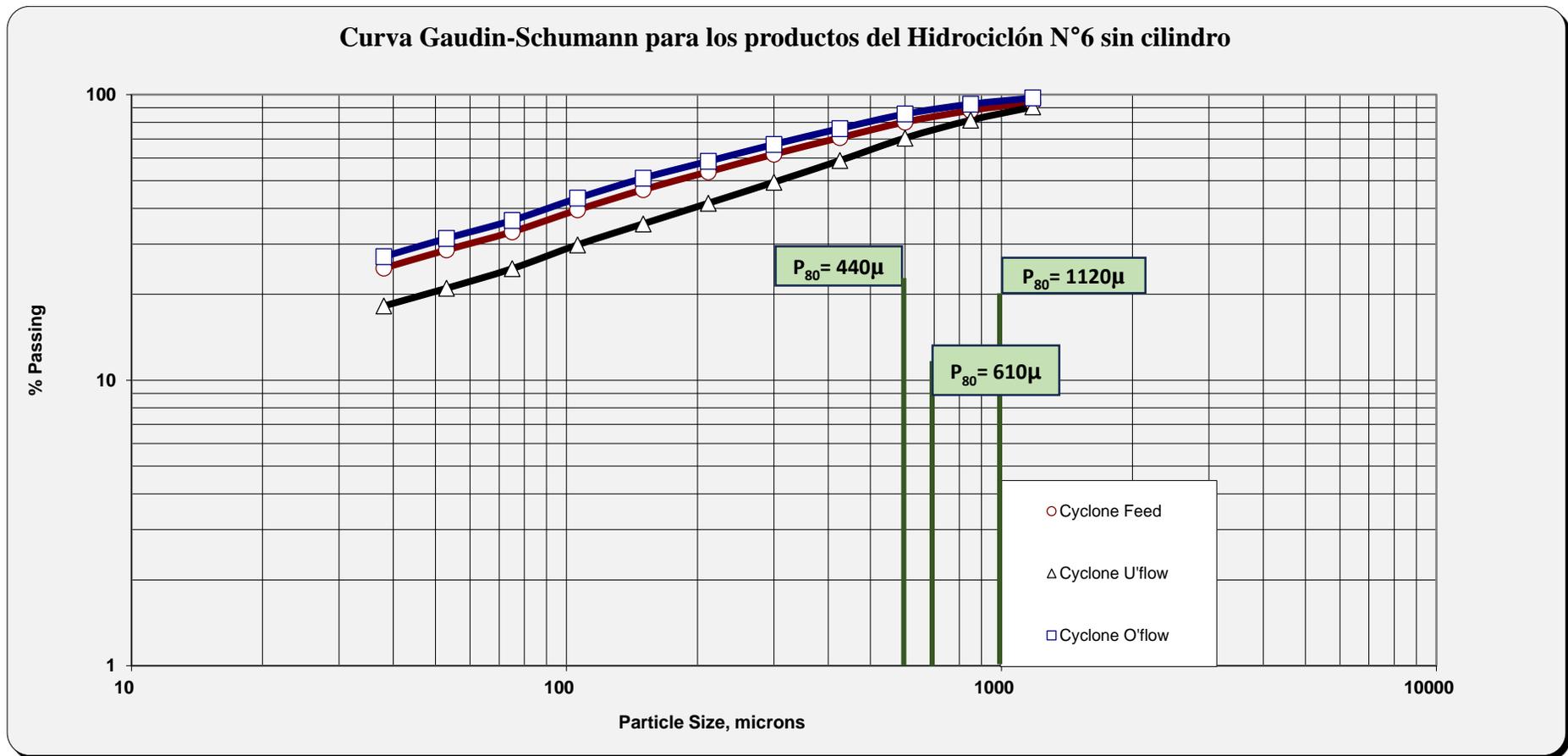
Curva tromp del hidrociclón N°6 sin cilindro



Nota: Elaboración propia

Figura 39

Curva Gaudin-Shumann del hidrociclón N°6 sin cilindro.



Nota: Elaboración propia

4.2.4. Ensayes de los productos del hidrociclón.

Tabla 23

Ensayes de los Productos del Hidrociclón N°1 Con Cilindro y N°2

Sin Cilindro.

PRODUCTO	Hidrociclón N° 1 con cilindro				Hidrociclón N° 2 sin cilindro			
	ENSAYES %				ENSAYES %			
	Pb	Zn	Ag*	Fe	Pb	Zn	Ag*	Fe
Alimento	4.2	8.3	3.3	30.6	4.8	8.5	3.4	31.0
Arena	5.9	7.4	3.8	32.7	4.2	7.6	3.0	34.4
Finos	3.3	8.6	2.9	28.5	3.9	8.7	3.8	29.2

Tabla 24

Ensayes de los Productos del Hidrociclón N°5 Con Cilindro y N°6

Sin Cilindro.

PRODUCTO	Hidrociclón N° 5 con cilindro				Hidrociclón N° 6 sin cilindro			
	ENSAYES %				ENSAYES %			
	Pb	Zn	Ag*	Fe	Pb	Zn	Ag*	Fe
Alimento	3.8	7.1	2.9	23.5	5.7	9.1	4.1	24.1
Arena	4.8	6.8	3.1	25.8	4.1	8.4	2.2	25.2
Finos	3.4	6.7	2.8	22.3	3.9	8.2	3.8	23.4

4.2.5. Eficiencia global del clasificador-Gaudin Shumann

a) **Primera sección:** Hidrociclón N°1 con cilindro

$$D_{50}=400\mu$$

$$O=76 \quad O=24$$

$$F=62 \quad F=38$$

$$U=52 \quad U=48$$

$$\text{Eficiencia: } n_1 \times n_2 \times 100$$

$$n1 = \frac{U(F - O)}{F(U - O)}$$

$$n1 = \frac{48(38 - 24)}{38(48 - 24)} = \frac{672}{912}$$

$$n1 = 0.73$$

$$n2 = \frac{(F - U)(100 - O)}{(O - U)(100 - F)}$$

$$n2 = \frac{(38 - 48)(100 - 24)}{(24 - 48)(100 - 38)} = \frac{-10 \times 76}{-24 \times 62} = \frac{760}{1488}$$

$$n2 = 0.51$$

$$Eficiencia = 0.73 \times 0.51 \times 100$$

$$Eficiencia = 37.23\%$$

b) **Primera sección:** Hidrociclón N°2 sin cilindro.

$$D_{50} = 640 \mu$$

$$O = 92 \quad O = 8$$

$$F = 84 \quad F = 16$$

$$U = 79 \quad U = 21$$

Eficiencia: $n_1 \times n_2 \times 100$

$$n1 = \frac{U(F - O)}{F(U - O)}$$

$$n1 = \frac{21(16 - 8)}{16(21 - 8)} = \frac{168}{208}$$

$$n1 = 0.80$$

$$n2 = \frac{(F - U)(100 - O)}{(O - U)(100 - F)}$$

$$n_2 = \frac{(16 - 21)(100 - 8)}{(8 - 21)(100 - 16)} = \frac{(-5)(92)}{(-13)(84)} = \frac{460}{1092}$$

$$n_2 = 0.42$$

$$Eficiencia = 0.80 \times 0.42 \times 100$$

$$Eficiencia = 33.6\%$$

c) **Segunda Sección:** Hidrociclón N° 5 con cilindro

$$D_{50} = 540 \mu$$

$$O = 92 \quad O = 8$$

$$F = 85 \quad F = 15$$

$$U = 74 \quad U = 26$$

Eficiencia: $n_1 \times n_2 \times 100$

$$n_1 = \frac{U(F - O)}{F(U - O)}$$

$$n_1 = \frac{26(15 - 8)}{15(26 - 8)} = \frac{182}{270}$$

$$n_1 = 0.67$$

$$n_2 = \frac{(F - U)(100 - O)}{(O - U)(100 - F)}$$

$$n_2 = \frac{(15 - 26)(100 - 8)}{(8 - 26)(100 - 15)} = \frac{1012}{1530}$$

$$n_2 = 0.66$$

$$Eficiencia = 0.67 \times 0.66 \times 100$$

$$Eficiencia = 44.22\%$$

d) Segunda Sección: Hidrociclón N° 6 sin cilindro.

$$D_{50}=760\mu$$

$$O=90 \quad O=10$$

$$F=82 \quad F=18$$

$$U=68 \quad U=32$$

Eficiencia: $n_1 \times n_2 \times 100$

$$n_1 = \frac{U(F - O)}{F(U - O)}$$

$$n_1 = \frac{32(18 - 10)}{18(32 - 10)} = \frac{256}{396}$$

$$n_1 = 0.64$$

$$n_2 = \frac{(F - U)(100 - O)}{(O - U)(100 - F)}$$

$$n_2 = \frac{(18 - 32)(100 - 10)}{(10 - 32)(100 - 10)} = \frac{(-14)(90)}{(-22)(90)} = \frac{1260}{1980}$$

$$n_2 = 0.63$$

$$Eficiencia = 0.64 \times 0.63 \times 100$$

$$Eficiencia = 40.32\%$$

4.2.6. Eficiencia global del clasificador-modelo matemático Plitt.

De acuerdo al modelo matemático de PLITT en función del parámetro “m”:

La pendiente m del modelo de Plitt se desarrolla en un estándar de 1 a 4, ya que la ecuación trabaja en ese rango; por tanto, si pasa del límite establecido, el resultado ya no es de confianza

- $m > 3$ Significa buena clasificación
- $m < 2$ Significa pobre clasificación

Se utilizo la herramienta de cálculo Moly-cop Tools para estimar los parámetros, específicamente en la plantilla “Cyclobal Single” ver anexos B figura N°41, el cual será recopilado para comprobar la eficiencia de la clasificación.

a) Primera sección: Hidrociclón N° 2 sin cilindro:

- **Tonelaje tratado** : 122 TCSPH
- **Flujo en el rebalse** : 312.04 GPM
- **Flujo en la descarga** : 140.24 GPM
- **Densidad O/F** : 2250 gr/lit
- **Densidad U/F** : 2892 gr/lit
- **%Sólidos O/F** : 74.07
- **%Sólidos U/F** : 87.38

$$(1)...Distribución de Flujo: $S = \frac{U/F}{O/F} = \frac{140.24}{312.00} = 0.4494$$$

$$(2)...Recuperación de Flujo en el U/F: $Rv = \frac{0.4494}{0.04494+1} = 0.3101$$$

$$(3)...Caudal de Alimentación: $Q = \frac{452.28}{7.48} = 60.46 \text{ pie}^3/\text{min}$$$

Sharpness of classification (m) según el modelo matemático de Plitt:

$$(4)... $m = \exp[0.58 - 1.58Rv] \times \left(\frac{Dc^2 \times h}{Q}\right)^{0.15}$$$

$$(5)... $m = \exp[0.58 - 1.58 \times 0.3101] \times \left(\frac{20^2 \times 52.98}{60.46}\right)^{0.15}$$$

$$**m = 2.63**$$

b) Primera Sección: Hidrociclón N° 1 con cilindro

- **Tonelaje tratado** : 122 TCSPH
- **Flujo en el rebalse** : 327.96 GPM
- **Flujo en la descarga** : 156.96 GPM
- **Densidad O/F** : 2190 gr/lt
- **Densidad U/F** : 2832 gr/lt
- **%Sólidos O/F** : 72.40
- **%Sólidos U/F** : 86.40

$$(1)...Distribución de Flujo: S = \frac{U/F}{O/F} = \frac{156.94}{327.96} = 0.4790$$

$$(2)...Recuperación de Flujo n el U/F: Rv = \frac{0.4790}{0.04790+1} = 0.3224$$

$$(3)...Caudal de Alimentación: Q = \frac{484.90}{7.48} = 64.83 \text{ pie}^3/\text{min}$$

$$h = 24" + 52.88 = \mathbf{76.88"}$$

Sharpness of classification (m) según el modelo matemático de

Plitt:

$$(4)...m = \exp[0.58 - 1.58Rv] \times \left(\frac{Dc^2 \times h}{Q}\right)^{0.15}$$

$$(5)...m = \exp[0.58 - 1.58 \times 0.3240] \times \left(\frac{20^2 \times 76.88}{64.83}\right)^{0.15}$$

$$\mathbf{m = 2.70}$$

c) **Segunda Sección:** Hidrociclón N° 6 sin cilindro:

- **Tonelaje tratado** : 120 TCSPH
- **Flujo en el rebalse** : 303 GPM
- **Flujo en la descarga** : 123.42 GPM
- **Densidad O/F** : 2188 gr/lit
- **Densidad U/F** : 2762 gr/lit
- **%Sólidos O/F** : 72.50
- **%Sólidos U/F** : 85.20

$$(1)\dots\text{Distribución de Flujo: } S = \frac{U/F}{O/F} = \frac{123.42}{303.00} = 0.407$$

$$(2)\dots\text{Recuperación de Flujo en el U/F: } Rv = \frac{0.407}{0.407+1} = 0.290$$

$$(3)\dots\text{Caudal de Alimentación: } Q = \frac{426.42}{7.98} = 57.01 \text{ pie}^3/\text{min}$$

Sharpness of classification (m) según el modelo matemático de Plitt:

$$(4)\dots m = ex[0.58 - 1.58Rv] \left(\frac{Dc^2 \times h}{Q} \right)^{0.15}$$

$$(5)\dots m = ex[0.58 - 1.58 \times 0.290] \left(\frac{20^2 \times 52.88}{57.01} \right)^{0.15}$$

$$m = 2.74$$

d) **Segunda sección:** Hidrociclón N° 5 con cilindro

- **Tonelaje tratado** : 120 TCSPH
- **Flujo en el rebalse** : 317.94 GPM
- **Flujo en la descarga** : 140.19 GPM
- **Densidad O/F** : 2206 gr/lit
- **Densidad U/F** : 2723 gr/lit
- **%Sólidos O/F** : 73.0
- **%Sólidos U/F** : 84.5

$$(1)...Distribución de Flujo: S = \frac{U/F}{O/F} = \frac{140.19}{317.94} = 0.441$$

$$(2)...Recuperación de Flujo en el U/F: Rv = \frac{0.441}{0.441+1} = 0.306$$

$$(3)...Caudal de Alimentación: Q = \frac{458.13}{7.48} = 61.247 \text{ pie}^3/\text{min}$$

Sharpness of classification (m) según el modelo matemático de

Plitt:

$$(4)...m = ex[0.58 - 1.58Rv] \left(\frac{Dc^2 \times h}{Q} \right)^{0.15}$$

$$(5)...m = ex[0.58 - 1.58 \times 0.306] \left(\frac{20^2 \times 76.88}{61.247} \right)^{0.15}$$

$$m = 2.80$$

4.3. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis estadística es el elemento que condiciona el diseño y contesta al problema verdadero de la investigación.

A continuación, presentamos la hipótesis de investigación.

(H₀) Hipótesis Nula

La optimización del hidrociclón en el circuito de molienda no favorece significativamente en la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha- Empresa Administradora Cerro S.A.C-Pasco-2023.

(H_a) Hipótesis Alterna

La optimización del hidrociclón en el circuito de molienda favorece significativamente en la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha- Empresa Administradora Cerro S.A.C-Pasco-2023.

Valor crítico de significancia

Nivel de confianza 95%

$$\alpha = 0.05$$

La prueba de hipótesis se lleva a cabo mediante por una comparación de medias, que se desarrolla con el análisis de varianza que sirve para comprobar la hipótesis si un factor tiene influencia sobre la respuesta.

Tabla 25

Tabla análisis de varianza

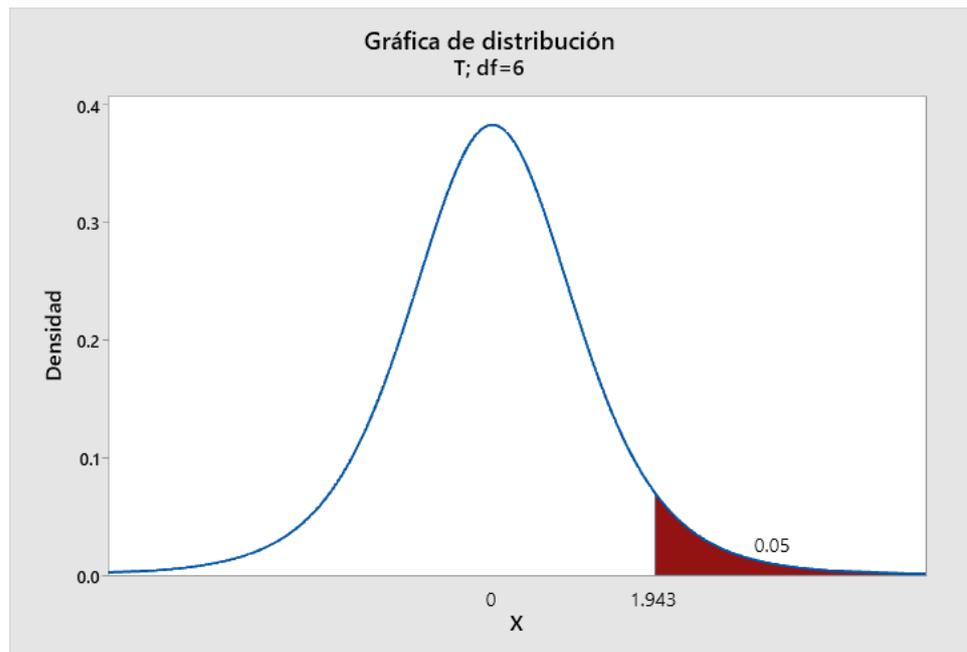
Muestra	N°	Media	Desv.Est	Error Estándar de la media
Sin cilindro	4	33.755	0.923	0.46
Con cilindro	4	32.505	0.698	0.35

Nota: Elaboración propia

Prueba

- **Hipótesis nula** = $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
- **Hipótesis alterna** = $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor P
2.16	5	0.083



Nota: Elaboración propia

Valor de decisión ($P > \alpha$, Se acepta la H_a)

Del análisis de varianza tenemos: **$P=0.083$**

$$P=0.083 > \alpha=0.05$$

- Decisión

Se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión

Afirmamos que la optimización del hidrociclón en el circuito de molienda tiene efecto en la recuperación de Pb-Ag, trabajando sin cilindro central, con un nivel de significancia de 0.05%.

4.4. Discusión de resultados

- Según Aldana & Rojas(2019), concluye: Que al mejorar la clasificación en un 5.6 % se mejoró la recuperación llegando a un 51.3 para el cobre, 84% para el plomo y 89% en el zinc.
- En la presente investigación la planta concentradora de Paragsha trata minerales provenientes de la mina subterránea del stock pile de Rumiallana, Miraflores, Yanamate, etc.

En los ensayos del contenido metálico de todas las fracciones de tamaño de los productos de los hidrociclones se observa que las pérdidas de Pb-Ag se distribuyen en el tamaño extremadamente fino una de las maneras de controlar es haciendo operar los hidro ciclones primarios sin cilindro central logrando que el Pb-Ag liberado fino se desplace hacia el overflow de ahí el circuito de flotación de Pb-Ag logrando mejorar la calidad del concentrado y sus recuperaciones de Pb-Ag por el cual se presentan los siguientes resultados.

4.4.1. Balance metalúrgico.

Tabla 26

Balance Metalúrgico de la Planta Operando los Hidrociclones

Primarios Con Cilindro Central.

Producto	Producción	Ensayes %			Recuperación %		
	TMSD	%Pb	%Zn	%Ag*	%Pb	%Zn	%Ag*
Cabeza	8700.22	0.82	1.87	2.12	100.0	100.0	100.0
Conc. Pb	57.36	41.30	8.21	66.56	33.43	2.90	20.82
Conc. Zn	114.96	5.09	47.29	10.64	8.34	33.42	6.67
Relave	8527.90	0.49	1.22	1.56	58.23	63.69	72.51
Cabeza C.	100.0	0.82	1.87	2.12	100.00	100.0	100.0

Tabla 27

Balance Metalúrgico de la Planta Operando los Hidrociclones

Primarios Con Cilindro Central

Producto	Producción	Ensayes %			Recuperación %		
	TMSD	%Pb	%Zn	%Ag*	%Pb	%Zn	%Ag*
Cabeza	8700	0.83	1.85	2.12	100	100	100
Conc Pb	56.91	40.33	8.19	65.61	31.79	2.90	20.25
Conc Zn	113.52	5.07	47.51	10.55	7.97	33.51	6.49
Relave	8529.56	0.51	1.2	1.54	60.24	63.59	71.22

Tabla 28***Balance Metalúrgico de la Planta Operando los Hidrociclones******Primarios Con Cilindro Central***

Producción		Ensayes			Recuperación		
Producto	TMSD	%Pb	%Zn	%Ag	%Pb	%Zn	%Ag
Cabeza	8700.2	0.84	1.85	2.13	100	100	100
Conc Pb	59.19	39.80	8.33	64.59	32.24	3.06	20.63
Conc Zn	119.01	5.09	46.6	10.62	8.29	34.46	6.82
Relave	8521.98	0.51	1.18	1.53	59.47	62.48	70.36

Tabla 29***Balance Metalúrgico de la Planta Operando los Hidrociclones******Primarios Con Cilindro Central***

Producción		Ensayes			Recuperación		
Producto	TMSD	%Pb	%Zn	%Ag	%Pb	%Zn	%Ag
Cabeza	8700.2	0.81	1.83	2.13	100	100	100
Conc Pb	56.91	40.35	8.17	66.58	32.58	2.92	20.45
Conc Zn	109.48	5.2	49.2	10.75	8.08	33.83	6.35
Relave	8533.80	0.49	1.18	1.17	59.34	63.25	53.88

Tabla 30***Balance Metalúrgico de la Planta Operando los Hidrociclones******Primarios Sin Cilindro Central.***

Producto	Producción		Ensayes %			Recuperación %		
	TMSD	%Pb	%Zn	%Ag*	%Pb	%Zn	%Ag*	
Cabeza	8701.10	0.81	1.86	2.11	100.0	100.0	100.0	
Conc. Pb	58.96	42.42	7.27	68.80	34.88	2.58	24.86	
Conc. Zn	116.58	5.04	47.49	10.35	8.26	33.93	5.40	
Relave	8525.56	0.39	1.20	1.23	56.86	63.49	69.74	
Cabeza C.	8701.10	0.81	1.86	2.11	100.0	100.0	100.0	

Tabla 31***Balance Metalúrgico de la Planta Operando los Hidrociclones******Primarios Sin Cilindro Central.***

Producto	Producción		Ensayes			Recuperación		
	TMSD	%Pb	%Zn	%Ag	%Pb	%Zn	%Ag	
Cabeza	8700.2	0.81	1.83	2.1	100	100	100	
Conc Pb	57.27	40.15	8.14	67.23	32.63	2.93	21.07	
Conc Zn	113.46	5.01	47.51	10.48	8.07	33.86	6.51	
Relave	8529.47	0.49	1.18	9.5	59.31	63.22	443.50	

Tabla 32***Balance Metalúrgico de la Planta Operando los Hidrociclones******Primarios Sin Cilindro Central.***

Producción		Ensayes			Recuperación		
Producto	TMSD	%Pb	%Zn	%Ag	%Pb	%Zn	%Ag
Cabeza	8700.45	0.83	1.82	2.1	100	100	100
Conc Pb	57.43	42.50	8.14	70.1	33.80	2.95	22.03
Conc Zn	110.86	5.41	49.34	10.15	8.31	34.54	6.16
Relave	8532.15	0.49	1.16	1.16	57.89	62.50	54.17

Tabla 33***Balance Metalúrgico de la Planta Operando los Hidrociclones******Primarios Sin Cilindro Central.***

Producción		Ensayes			Recuperación		
Producto	TMSD	%Pb	%Zn	%Ag	%Pb	%Zn	%Ag
Cabeza	8700.2	0.82	1.83	2.13	100	100	100
Conc Pb	55.82	43.10	8.77	76.9	33.72	3.07	23.16
Conc Zn	110.72	4.94	49.2	10.36	7.67	34.21	6.19
Relave	8533.66	0.49	1.17	1.19	58.61	62.71	54.80

4.4.2. Valorización del concentrado de Pb-Ag.

A) Con cilindro central.

Una manera de mejorar las utilidades provenientes del procesamiento de minerales se presenta por el lado de mejorar la eficiencia de clasificación de los hidrociclones primarios.

De la Tabla N°26 – Balance Metalúrgico operando los hidrociclones primarios con cilindro central.

Tonelaje de tratamiento	:	8700.22 TMSPD
Ley de cabeza de plomo	:	0.82%
Ley de cabeza de plata	:	2.12 Onz/t
Recuperación de Plomo	:	33.43%
Recuperación de Plata	:	20.82%
Ley de Concentrado de Plomo	:	41.30%
Tonelaje de Concentrado de Pb-Ag	:	57.36 TMSPD
Contenido de Plata en el Plomo	:	66.56 Onz/ton

De acuerdo a los resultados metalúrgicos obtenidos:

- 1) Tenemos 57.36 TMSPD de concentrado de Pb-Ag se considera 0.5% de merma producto del manipuleo lo que quiere decir que se pierde durante el transporte y otros.

$$57.36 \times \frac{0.5}{100} = 0.2868 \text{ TMSPD}$$

$$57.36 - 0.2868 = 57.073 \text{ TMSPD}$$

Por lo tanto, el tonelaje final a valorizar es de 57.073 TMSPD.

- 2) Ajustando el contenido de finos y pagable tenemos 57.073 TMSPD de plomo con ley de concentrado de 41.30% lo que implica:

$$57.073 \times \frac{41.30}{100} = 23.57TMF$$

Lo que se mide en toneladas métricas finas (TMF) esto significa de las 57.073 toneladas solo 23.57 son toneladas de plomo y esto se conoce como contenido metálico.

- 3) Además, el concentrado de plomo es sometido a fundición o refinación y se obtendrá un contenido menor del producto de pérdida propio del proceso por ello definimos que se recupera el 85% del contenido metálico por tanto el contenido pagable es de:

$$23.57TMSPD \times \frac{85}{100} = 20.03TMF$$

Por tanto, el concentrado de plomo plegable es de 20.03 TMF.

Valor del contenido de plomo.

Precio de plomo = 2149.5 \$/ton Ref. 28 de marzo de 2023.

$$20.03TMF \times 2149.50\$ = 43,054.485\$/D$$

$$43,054.485 \times 30 \text{ días} = 1'634.50\$/mes$$

$$43,054.485 \times 365 \text{ días} = 15'499,614.6\$/año$$

- 4) El concentrado de plomo tiene un contenido de plata que se conoce como metal valioso (plata) lo que se estima como contenido pagable en el concentrado de plomo que asimismo tiene un concentrado de plata de 66.56 Onz/ton.

Contenido de plata plegable es:

$$66.56 \text{ Onz/ton} - 5 \text{ Onz/ton} = 61.56 \text{ Onz/ton}$$

Precio de la plata = 22.90\$/Onz Ref. 28 de marzo de 2023.

5) Debido a la cotización internacional se considera menos 2 dólares de la cotización $22.90 - 2 = 20.90\$/\text{Onz}$, también se reconocerá el 90% de los 66.56Onz/ton.

$$66.56 \text{ Onz/Ton} \times \frac{90}{100} = 59.904 \text{ Onz/Ton}$$

$$59.904 \text{ Onz/Ton} \times 20.90 \text{ \$/Onz} = 1251.99\$/D$$

$$1251.99 \times 30 \text{ días} = 37,559.70\$/\text{mes}$$

$$1251.99 \times 360\text{días} = 450,716.40\$/\text{año}$$

Precio del concentrado de Plomo anual

$$= 15'499,614.6 \text{ \$/anual}$$

Precio de la plata anual = 450,716.40 \\$/anual

Total = 15'950,331.0 \\$/anual

B) Sin cilindro central.

De la Tabla N° 30 – Balance Metalúrgico operando los hidrociclones primarios sin cilindro central.

Tonelaje de tratamiento	:	8701.10 TMSPD
Ley de cabeza de plomo	:	0.81%
Ley de cabeza de plata	:	2.11 Onz/t
Recuperación de Plomo	:	34.88%
Recuperación de Plata	:	24.86%
Ley de Concentrado de Plomo	:	42.42%
Tonelaje de Concentrado de Pb-Ag	:	58.96 TMSPD
Contenido de Plata en el Plomo	:	68.80 Onz/ton

De acuerdo a los resultados metalúrgicos obtenidos.

- 1) Tenemos 58.96TMSPD de concentrado de Pb-Ag se considera 0.5% de merma producto del manipuleo, lo que quiere decir que se pierde durante el transporte y otros.

$$58.96 \times \frac{0.5}{100} = 0.2948TMSPD$$

$$58.96 - 0.2948 = 58.665TMSPD$$

Por lo tanto, el tonelaje final a valorizar es de 58.665TMSD.

- 2) Ajustando el contenido fino y pagable tenemos 58.665TMSPD de plomo con ley de concentrado de 42.42% lo que implica:

$$58.665 \times \frac{42.42}{100} = 24.89TMF$$

Lo que se mide en toneladas métricas finas (TMF) esto significa de las 58.665 toneladas solo 24.89TMF a esto se conoce como contenido metálico.

- 3) Además, el concentrado de plomo es sometido a fundición o refinación y se obtendrá un contenido menor producto de perdida propio de dicho proceso entonces digamos que se pierde 85% del contenido metálico por tanto el contenido pagable es de:

$$24.89TMSPD \times \frac{85}{100} = 21.16TMF$$

Por lo tanto, el contenido de plomo pagable es de 21.16TMF.

Precio del plomo = 2149.50\$/Ton Ref. 28 de marzo de 2023

$$21.16TMF \times 2149.50 \$/Ton = 45,483.42\$/D$$

$$45,483.42\$/D \times 30 \text{ días} = 1'364,502.6\$/mes$$

$$45,483.42\$/D \times 360 \text{ días} = 16'374031.2\$/año$$

- 4) El concentrado de plomo tiene un contenido de plata que se conoce como metal valioso (Ag) lo que se considera como contenido pagable. El concentrado de plomo tiene un contenido de plata de 68.80Onz/ton.

Contenido de plata pagable

$$68.80 \text{ Onz/ton} - 5 \text{ Onz/ton} = 63.80 \text{ Onz/ton}$$

Precio de la plata = 22.90\$/Onz Ref. 28 marzo de 2023

- 5) Debido a la cotización internacional se considera menos 2 dólares de la cotización 22.90\$/Onz – 2\$/Onz = 20.90\$/Onz.

También se reconoce el 90% de los 68.80Onz/Ton.

$$68.80 \text{ Onz/Ton} \times \frac{90}{100} \text{ \$/Onz} = 61.92 \text{ Onz/t}$$

$$61.92 \text{ onz/D} \times 20.9 \text{ \$/Onz} = 1294.128 \text{ \$/D}$$

$$1294.128 \text{ \$/D} \times 30 \text{ D} = 38,823.84 \text{ \$/mes}$$

$$1294.128 \text{ \$/D} \times 360 \text{ D} = 465,886.08 \text{ \$/año}$$

Precio del concentrado de plomo = 16'374,031.20\$/año

Precio de la plata contenido en el plomo = 465.886.08\$/año

Total = 16'839,917.28\$/año.

Conclusión

Precio del Pb-Ag sin cilindro = 16'839,917.28\$/año

Menos precio del Pb-Ag con cilindro = 15'950,331.0\$/año

Al optimizar el hidrociclón se tiene:

Ganancia = 889,586.28\$/año

CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos en la recuperación más alta de plomo y plata al rediseñar el hidrociclón es 34,88% y 24.86% mejorando la eficiencia de recuperación del proceso a 1.45% de plomo y 4.04% de plata.
2. Se determinó que la optimización del hidrociclón en el circuito de molienda en la planta concentradora Paragsha. Tiene efecto en la recuperación de Pb-Ag, trabajando sin cilindro central, puesto que el valor **P-Value** es mayor α (**P=0.083>0.05**) con un nivel de significancia de 95%.
3. En el siguiente cuadro se resume los resultados obtenidos de la presente performance de clasificación junto con el tamaño de corte de acuerdo a la curva tromp con y sin cilindro central.

HIDROCICLON	GRUESOS DEL CICLÓN				DISTRIBUCIÓN		
	Nº	"m"	%-200#	%-400#	Pb	Ag	d50
Con cilindro	1	2.7	20.4	15	19.4	17.3	400 μ
Sin cilindro	2	2.63	16.4	11.9	17.6	13.9	640 μ
Con cilindro	5	2.8	33.1	25.9	30.2	29.5	540 μ
Sin cilindro	6	2.7	29.8	23.4	7.1	24.1	760 μ

Se deduce que a un mayor tiempo de retención en el ciclón ocasiona el retorno de los minerales pesados de plomo y plata que comúnmente están asociados al molino, aun después de estar liberados realizándose la sobre molienda e indicando la mayor distribución de plomo y de plata en la malla -400 ocasionando perdidas.

4. Del análisis detallado del contenido metálico en las fracciones de tamaño de los productos del hidrociclón se observa que las pérdidas se distribuyen en los tamaños extremadamente finos (Pb-Ag) la causa y una de las maneras de controlarlo se ha estudiado haciendo trabajar a los hidrociclones primarios (D-20”) con o sin cilindro central de la 1ra y 2da sección de molienda.
5. La evaluación de la operación de los hidrociclones con o sin la parte cilíndrica se realizó durante 2 meses tiempo que nos permitió realizar las diferentes pruebas y cambios en cada una de ellos aprovechando el tonelaje y las operaciones normales.
6. De la valorización de los concentrados de Pb-Ag se obtiene una ganancia anual de 889,586.28 dólares anuales cuando opera los hidrociclones, según el presente trabajo de investigación
7. De acuerdo al trabajo de investigación no se requiere de costos de inversión significativos en la planta concentradora.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que otras empresas del sector minero realicen estudios complementarios en base al presente trabajo de investigación.
2. Realizar una supervisión y control de la operación de los hidrociclones para que las partículas finas ya liberadas sean recuperadas, de manera rápida en celdas unitarias, previo a un análisis químico.
3. Se sugiere probar la operación de los hidrociclones primarios en la sección de molienda con una inclinación de 20°.
4. Se sugiere instalar una celda Skim Air (flash flotation) flotación rápida en la descarga del underflow de los hidrociclones primarios con el objetivo de flotar el Pb-Ag ya liberados, y no permitir que vuelva al molino para ser remolidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldana, A., & Rojas, G. (2019). *Universidad Nacional del Centro del Perú* [Universidad Nacional del Centro del Perú].
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5883/T010_62302424_T_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cuba, R. A. (2018). *Facultad de ingeniería Mecánica* [Universidad Nacional del Centro del Perú].
[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4502/Laura C..pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4502/LauraC..pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Krebs. (2009). *FLSmidth*. Products Krebs Cyclo-Wash. <https://www.flsmidth.com/en-gb/company/about-us/product-brands/krebs>
- Canepa, C. 2004 “*Estudios Microscópico de Muestras de Pruebas Metalúrgicas*” Consorcio Minero Horizonte S.A.C.
- Daley, R. 1970 “*Proposed Expansion of Paragsha to treat 6000DST of Pb-Ag-Zn Ores Daily by Mid 1968 DST by late 1970*”.
- Echegaray, E. 1988 “*Caracterización de minerales de mina y Tajo abierto Raúl Rojas de Cerro de Pasco Departamento de Investigación de La Oroya Centro Min Perú*.”
- Chia, J. 1980 “*Influencia del tamaño de partícula en la recuperación de los sulfuros de zinc en los minerales de Cerro de Pasco Centro Min Perú III Simposio sobre molienda*” Villa del Mar Chile.
- Chia, J. 1985 “*Operaciones Unitarias en Procesamiento de Minerales Original publicado en inglés PHD John M. Currie traducido al español por Ms Cc Juan Chia*.”

- Malvor, R. Farvell, G. 1980 “Comparación entre los circuitos alternativos para operaciones de molienda a gran escala Dominion Engineering Works Montreal Canadá.
- Olivera, F. 1986 “Análisis de la performance de la 1ra y 2da sección de molienda concentradora paragsha Cerro de Pasco Centro Min Perú.
- Oxford, J. Will, K. 2002 “Conceptos de diseño de plantas de procesamiento de minerales entre 500 y 5000TPD” IV Simposio Internacional de Mineralurgia Tecsup Lima - 2000.
- Villachica, C. Parra, H. 1995 “Una contribución al Estudio de Clasificación y Molienda preferencial de menas polimetálicas Departamento de Investigación Metalúrgica Centro Min Perú.

ANEXOS

Anexo A– Instrumento de recolección de datos.

Figura 40

Hoja de trabajo.

	FORMATO DE TOMA DE DATOS ANALISIS GRANULOMETRICO DE LABORATORIO METALURGICO	CODIGO: LM - 0010			
		VERSION: 1			
		FECHA: 15/01/2023			
MUESTRA:	Hidrociclón N°1 con cilindro				
ZONA:	Planta Concentradora Paragsha				
NIVEL:	Superficie				
HORA:	7:00am.				
Tamices		Leyes			
Mallas	% Peso	Pb	Ag	Zn	Fe
14	5.0	2.4	2.2	5.9	30.4
20	5.8	3.0	2.6	6.6	29.8
28	7.9	3.2	2.9	7.2	28.5
35	10.4	3.5	3.2	7.4	30.1
48	9.8	4.2	3.2	7.8	30.4
65	8.6	4.4	3.4	8.3	29.4
100	7.4	4.4	3.2	8.7	29.1
150	6.8	4.3	3.2	8.7	28.8
200	7.2	4.3	3.3	8.7	30.7
270	4.2	4.0	3.2	8.7	30.7
400	4.2	4.3	3.3	9.3	30.7
- 400	22.7	5.7	3.9	9.7	32.0

	FORMATO DE TOMA DE DATOS ANALISIS GRANULOMETRICO DE LABORATORIO METALURGICO	CODIGO: LM - 0010			
		VERSION: 1			
		FECHA: 15/01/2023			
MUESTRA:	Hidrociclón N°1 sin cilindro				
ZONA:	Planta Concentradora Paragsha				
NIVEL:	Superficie				
HORA:	4:00 pm				
Tamices		Leyes			
Mallas	% Peso	Pb	Ag	Zn	Fe
14	1.4	1.52	1.2	5.3	19.8
20	2.6	1.60	1.9	7.2	25.3
28	5.0	1.92	2.1	7.4	28.2
35	8.1	2.2	2.3	7.5	29.8
48	9.3	2.6	2.6	8.2	31.4
65	9.4	3.1	2.9	8.3	31.4
100	8.5	3.4	2.9	8.8	29.1
150	8.2	3.4	2.9	8.8	30.1
200	9.2	3.4	3.0	8.8	30.4
270	5.3	3.6	3.1	8.9	30.7
400	5.5	3.8	3.0	8.9	30.7
- 400	27.5	5.6	3.7	9.6	25.0

ANEXO B – Optimización del hidrociclón en el circuito de molienda para la recuperación de Pb – Ag en la planta concentradora Paragsha – Empresa Administradora Cerro S.A.C.

Tabla 34

Instrumentos de Investigación Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿En qué medida favorece la optimización del hidrociclón en el circuito de molienda para la recuperación de Pb-Ag en la Planta Concentradora Paragsha-Empresa Administradora Cerro S. A.C-Pasco-2023?</p> <p>PROBLEMA ESPECÍFICOS</p> <p>- ¿En qué medida favorece el rediseño del hidrociclón para la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha-Empresa Administradora Cerro S.A.C-Pasco-2023?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar la medida en que la optimización del hidrociclón en el circuito de molienda favorece la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha-Empresa Administradora Cerro S.A.C-Pasco-2023.</p> <p>OBJETIVO ESPECÍFICOS</p> <p>- Determinar la medida en que el rediseño del hidrociclón favorece la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha-</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La optimización del hidrociclón en el circuito de molienda favorece significativamente en la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha-Empresa Administradora Cerro S.A.C-Pasco-2023.</p> <p>HIPÓTESIS SECUNDARIOS:</p> <p>- La optimización del hidrociclón en el circuito de molienda favorece significativamente en el rediseño para la recuperación de Pb-Ag en la planta</p>	<p>VARIABLES INDEPENDIENTES:</p> <p>- Optimización del Hidrociclón en el circuito de molienda</p> <p>VARIABLES DEPENDIENTES:</p> <p>- Recuperación de Pb-Ag</p>	<p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>El método científico en la presente investigación es de método Hipotético-Deductivo, el cual se utilizó la observación del estudio experimental para poder formular las hipótesis con la recolección de datos mediante pruebas metalúrgicas donde se buscará conjugar y analizar las variables independientes y obtener resultados en las variables dependientes.</p>

<p>- ¿En qué medida favorece el estudio granulométrico para la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha-Empresa Administradora Cerro S.A.C-Pasco-2023?</p>	<p>Empresa Administradora Cerro S.A.C-Pasco-2023.</p> <p>- Determinar la medida en que el estudio granulométrico favorece la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha-Empresa Administradora Cerro S.A.C-Pasco-2023.</p>	<p>concentradora Paragsha-Empresa Administradora Cerro S.A.C-Pasco-2023.</p> <p>- La optimización del hidrociclón en el circuito de molienda favorece significativamente el estudio granulométrico para la recuperación de Pb-Ag en la planta concentradora Paragsha-Empresa Administradora Cerro S.A.C-Pasco-2023.</p>		
---	---	---	--	--

ANEXO C– Procesamiento de datos.

Figura 41

Parámetro de constantes- Moly-cop tools

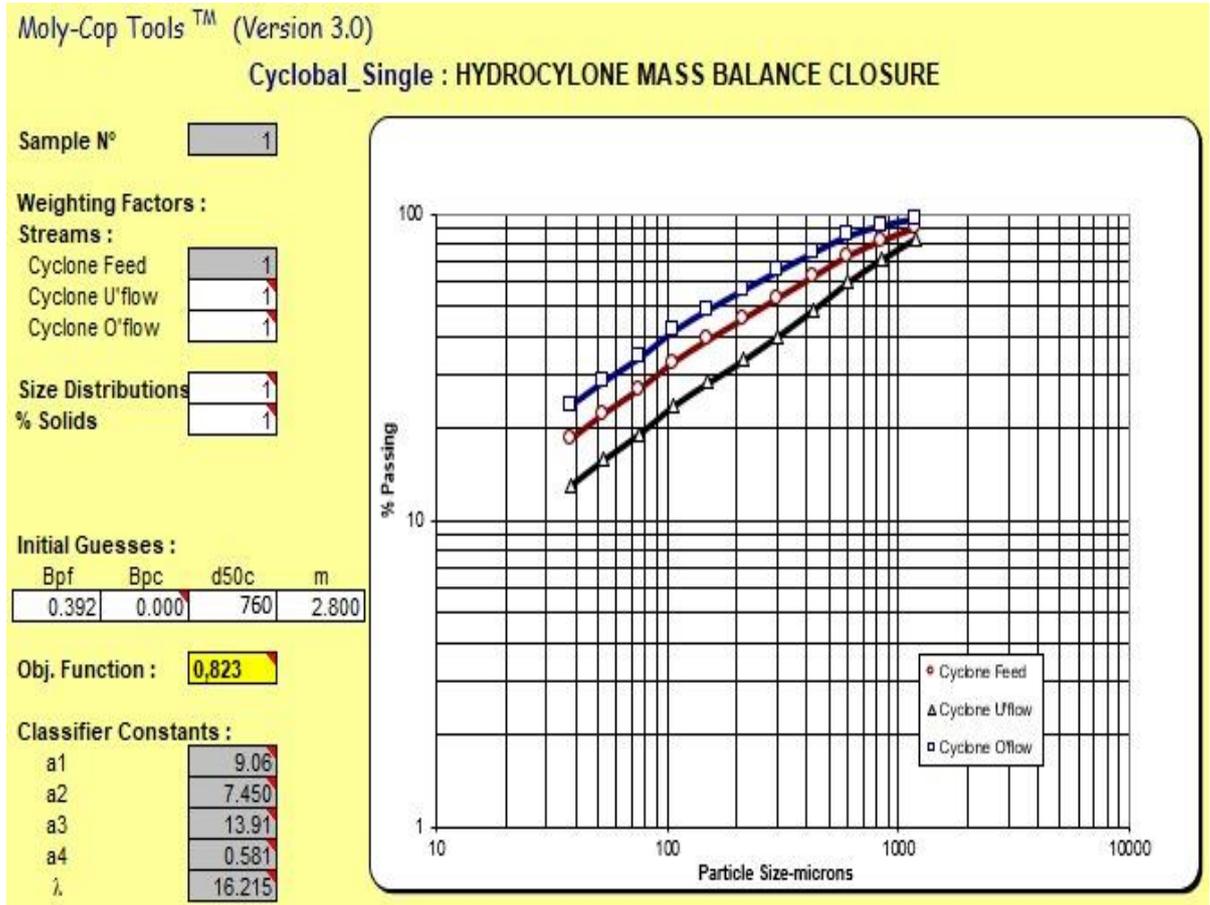


Figura 42

Rod Mill-Planta Concentradora Paragsha.

ANEXO D- Fotos – planta concentradora paragsha.



Figura 43

Ball mill-Planta Concentradora Paragsha.



Figura 44

Hidrociclón con cilindro central

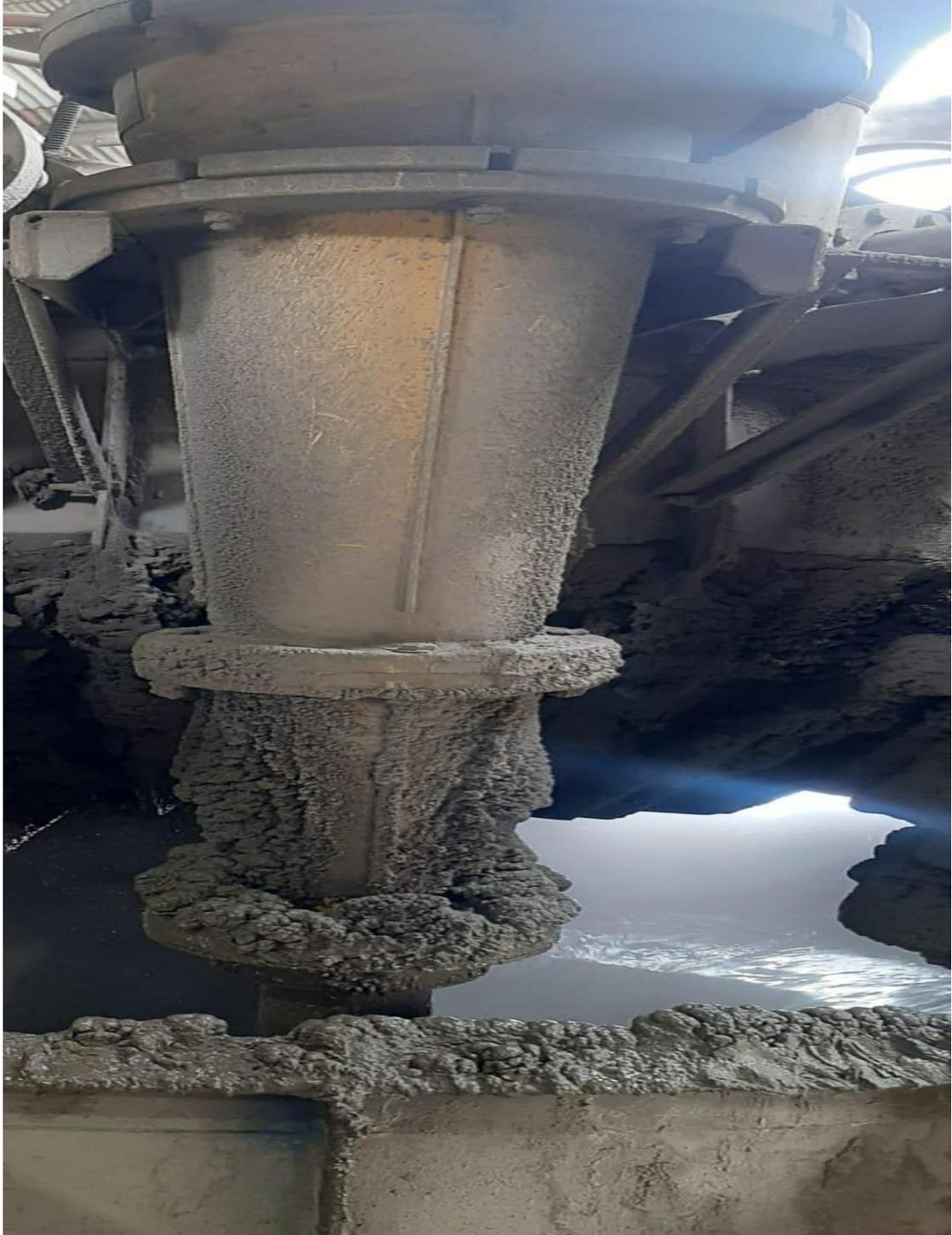


Figura 45

Hidrociclón sin cilindro central

