

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**METALÚRGICA**



**T E S I S**

**Pruebas de sedimentación con floculantes “Matfloc” de Mathiesen para el  
mejoramiento de los parámetros en el espesador de concentrado de plomo  
en la planta concentradora El Brocal – Pasco – 2025**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Metalurgista**

**Autores:**

**Bach. Roy Angel CRUZ CHAMORRO**

**Bach. Ronald Abel INOCENTE PALOMINO**

**Asesor:**

**Dr. Hildebrando Anival CÓNDOR GARCÍA**

**Cerro de Pasco – Perú – 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**METALÚRGICA**



**T E S I S**

**Pruebas de sedimentación con floculantes “Matfloc” de Mathiesen para el  
mejoramiento de los parámetros en el espesador de concentrado de plomo  
en la planta concentradora El Brocal – Pasco – 2025**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Eusebio ROQUE HUAMAN**  
**PRESIDENTE**

---

**Dr. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. José Elí CASTILLO MONTALVAN**  
**MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión  
Facultad de Ingeniería  
Unidad de Investigación

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 361-2025-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Pruebas de sedimentación con floculantes “Matfloc” de  
Mathiesen para el mejoramiento de los parámetros en el  
espesador de concentrado de plomo en la planta  
concentradora El Brocal – Pasco - 2025**

Apellidos y nombres de los tesisistas

**Bach. Roy Ángel CRUZ CHAMORRO**

**Bach. Ronald Abel INOCENTE PALOMINO**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Dr. Hildebrando Anival CÓNDOR GARCÍA**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Metalúrgica**

Índice de Similitud

**12 %**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 15 de diciembre del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO  
SIDRO Ruben Edgar FAU  
20154605046 scR  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 15.12.2025 13:52:59 -05:00

## **DEDICATORIA**

La tesis se lo

Dedicamos a nuestros padres, hermanos por  
su constante

Apoyo recibido en nuestra formación  
profesional

## **AGRADECIMIENTO**

Mediante el presente trabajo de tesis deseamos expresar nuestros sinceros agradecimientos a nuestros padres, hermanos y amigos por la constancia.

Asimismo, deseamos expresar nuestros agradecimientos a los ingenieros, obreros de la Sociedad Mineral El Brocal.

Por otro lado, expresamos nuestros agradecimientos a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Metalúrgica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación (tesis) tiene como objetivo mostrar los resultados al evaluar la línea de floculantes “Matfloc” de Mathiesen, de distintas cargas y pesos molecular en los circuitos del espesador de plomo, cobre, zinc que ayuden a mejorar los parámetros de sedimentación, tales como: velocidad de sedimentación, compactación de lodos en el Underflow y turbidez de la solución clarificada. Las pruebas fueron efectuadas por los tesisistas en los ambientes del laboratorio metalúrgico de Sociedad Minera El Brocal durante los meses de febrero, marzo, abril, mayo junio y julio del presente año.

De las pruebas con el concentrado de plomo no es necesario diluir la pulpa, a 17,7 % de sólidos el uso del Matfloc SR-N-300 reduce los niveles de turbidez del Overflow de 92,0 a 72,8 NTU y aumenta la concentración de sólidos en el Underflow de 47,7 a 48,7 % después de 30´ de iniciada las pruebas de sedimentación.

De las pruebas efectuadas se recomienda evaluar a nivel industrial los polímeros, el floculante “Matfloc MT-6208” para el concentrado de plomo. Es necesario sustituir el Magnafloc 338 en la etapa de concentrado de plomo debido a que no se observa formación de flóculos en la pulpa y que la turbidez de la solución clarificada es cercana a 100 NTU.

Finalmente, de las pruebas de sedimentación se recomienda preparar los floculantes Mathiesen a una concentración de 0,05 % y dosificarlos en ambas etapas a 15 g/t.

**Palabras clave:** Sedimentación con floculante Matfloc, espesadores, concentrado de plomo.

## ABSTRACT

The objective of this research work (thesis) is to show the results of evaluating Mathiesen's "Matfloc" line of flocculants, of different charges and molecular weights in the lead, copper, zinc thickener circuits, which help to improve the sedimentation parameters, such as such as: sedimentation speed, compaction of sludge in the Underflow and turbidity of the clarified solution. The tests were carried out by the thesis students in the metallurgical laboratory of Sociedad Minera El Brocal during the months of February, March, April, May, June and July of this year.

From the tests with the lead concentrate it is not necessary to dilute the pulp, at 17.7% solids the use of Matfloc SR-N-300 reduces the turbidity levels of the Overflow from 92.0 to 72.8 NTU and increases the concentration of solids in the Underflow from 47.7 to 48.7% after 30 minutes of starting the sedimentation tests.

From the tests carried out, it is recommended to evaluate the polymers, the flocculant "Matfloc MT-6208" for the lead concentrate at an industrial level. It is necessary to replace Magnafloc 338 in the lead concentrate stage because no floc formation is observed in the pulp and the turbidity of the clarified solution is close to 100 NTU.

Finally, from the sedimentation tests, it is recommended to prepare the Mathiesen flocculants at a concentration of 0.05 % and dose them in both stages at 15 g/t.

**Keywords:** Sedimentation with Matfloc flocculant, thickeners, lead concentrate.

## INTRODUCCIÓN

El propósito del trabajo de investigación encargada por la superintendencia de planta enmarca en la necesidad de optimizar el funcionamiento de sus espesadores y evaluar con estos resultados la realización de mejoras en los equipos y operación que permitan cumplir este objetivo.

El trabajo de investigación culminado se ha presentado a la Empresa Minera El Brocal, como una nueva alternativa de proveedor para este tipo de suministro, el cual otorga experiencia y conocimientos en el área de separación sólido – líquido, además del respaldo de una firma internacional líder en este tipo de suministro como es Roytec, quien tiene un enfoque basado en Investigación y Desarrollo, actualizando la tecnología utilizada en el feedwell de alimentación de los espesadores, lo que permite aumentar la capacidad de trabajo del espesador en alrededor de un 20 % respecto a los espesadores convencionales, lo anterior basado en experiencia práctica similar, además de permitir un overflow más limpio al optimizar la dosificación y trabajo con floculantes.

Las pruebas de sedimentación estáticas permiten medir con precisión las características de sedimentación, el área unitaria requerida y/o el tipo de floculante requerido, dosificación, registrar el contenido de sólidos del underflow y de ser posible medir la calidad de overflow alcanzada para tratar un tipo de alimentación en particular.

Las variables que se pueden evaluar en un programa de prueba incluyen la condición de alimentación entrante (por ejemplo, densidad de alimentación / sólidos de alimentación / temperatura / pH / densidad de solución / etc.), floculante usado (si existe), dosificación de floculante, intensidad y tiempo de mezcla, claridad del overflow, y concentración del underflow.

Finalmente señalamos que se pudo comprobar que el uso de floculante mejora la sedimentación de la pulpa, que es necesario revisar el consumo específico de floculante



utilizado de manera general, por uno específico a cada tipo de mineral y consecuentemente se puede lograr la reducción en la formación de espumas y sólidos suspendidos residuales.

El trabajo de investigación consta de un formato que está diseñado por el reglamento de grados y títulos donde se incluye lo siguiente:

Capítulo I. Problema de investigación: identificación y determinación del problema, formulación del problema, formulación de objetivos, justificación de la investigación, limitaciones de la investigación.

Capítulo II. Marco teórico: antecedentes de estudio, bases teóricas – científicas, definición de términos básicos, formulación de hipótesis, identificación de variables, definición operacional de variables e indicadores.

Capítulo III. Metodología y técnicas de investigación: tipo de investigación, métodos de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos, tratamiento estadístico, selección validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación, orientación ética.

Capítulo IV. Resultados y discusión: descripción del trabajo de campo, presentación, análisis e interpretación de resultados, prueba de hipótesis, discusión de resultados.

Las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema .....	1
1.2.	Delimitación de la investigación .....	4
1.3.	Formulación del problema.....	4
1.3.1.	Problema general .....	4
1.3.2.	Problemas específicos .....	4
1.4.	Formulación de objetivos .....	5
1.4.1.	Objetivo general .....	5
1.4.2.	Objetivos específicos.....	5
1.5.	Justificación de la investigación.....	5
1.5.1.	Justificación teórica .....	5
1.5.2.	Justificación Metodológica.....	5
1.5.3.	Justificación práctica .....	5
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	6

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1.	Antecedentes de estudio .....	8
2.1.1.	Antecedentes internacionales .....	8
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	10
2.2.	Bases teóricas – científicas .....	14
2.2.1.	Espesadores .....	14
2.2.2.	Floculante .....	17
2.2.3.	Floculante Matfloc.....	21
2.2.4.	Minerales de plomo .....	23
2.2.5.	Minerales de cobre .....	25
2.2.6.	Minerales de Zinc .....	26
2.3.	Definición de términos básicos .....	27
2.4.	Formulación de hipótesis.....	29
2.4.1.	Hipótesis general .....	29
2.4.2.	Hipótesis específica .....	29
2.5.	Identificación de variables.....	29
2.5.1.	Variable independiente .....	29
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores .....	30

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Tipo de investigación .....	31
3.2.	Nivel de investigación .....	32
3.3.	Métodos de investigación .....	32
3.4.	Diseño de investigación.....	33

3.5.	Población y muestra .....	33
3.5.1.	Población .....	33
3.5.2.	Muestra .....	34
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	35
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	37
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	37
3.9.	Tratamiento estadístico.....	40
3.9.1.	Técnicas de Tratamiento Estadístico .....	40
3.9.2.	Procedimiento General .....	41
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica .....	41

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Descripción del trabajo de campo .....	44
4.1.1.	Especificación Técnica Sistema de Dosificación de floculantes.....	45
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	49
4.2.1.	Preparación de reactivos.....	49
4.2.2.	Dosificación y Concentración .....	49
4.2.3.	Preparación del Floculante .....	50
4.3.	Prueba de hipótesis .....	51
4.3.1.	Pruebas de floculación con diferentes Matfloc .....	51
4.3.2.	Concentrado de plomo:.....	56
4.4.	Discusión de resultados .....	60
4.4.1.	Screening de Floculantes:.....	63
4.4.2.	Pruebas de Dilución:.....	70
4.4.3.	Optimización en el consumo de floculante: .....	76

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Concentración y dosificación del floculante .....	49
<b>Tabla 2</b> Características físicas y químicas de la pulpa .....	51
<b>Tabla 3</b> Valores de porcentaje de sólidos de la pulpa vs. FLUX (TN/m <sup>2</sup> /día) para determinar la concentración ideal de los sólidos.....	52
<b>Tabla 4</b> Valores de velocidad de sedimentación y turbidez con distintos floculantes de la línea “Matfloc” .....	53
<b>Tabla 5</b> Valores comparativos de tiempo y volumen para determinar la curva de sedimentación con los floculantes Matfloc MG-338 y Matfloc SR-N-300 y MT-6208.	54
<b>Tabla 6</b> Valores físicos y químicos de los sólidos del concentrado de plomo .....	56
<b>Tabla 7</b> Valores de velocidad de sedimentación y turbidez con distintos floculantes de la línea “Matfloc” .....	56
<b>Tabla 8</b> Valores comparativos de tiempo y volumen para determinar la curva de sedimentación con los floculantes “Matfloc SR-N-300 y Matfloc MT-6208” .....	58

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> Espesador de concentrado de plomo .....	17
<b>Gráfico 2</b> Esquema orientativo de la preparación del floculante.....	47
<b>Gráfico 3</b> Preparación de floculantes.....	50
<b>Gráfico 4</b> Curva de sedimentación de Flux versus % Sólidos.....	52
<b>Gráfico 5</b> Pruebas de sedimentación en vasos de precipitación .....	53
<b>Gráfico 6</b> Curva de sedimentación de Volumen versus tiempo .....	55
<b>Gráfico 7</b> Pruebas de sedimentación en probetas .....	55
<b>Gráfico 8</b> Pruebas de sedimentación en vasos de precipitado .....	57
<b>Gráfico 9</b> Curva de sedimentación de diferentes Matfloc .....	59
<b>Gráfico 10</b> Pruebas de sedimentación en probetas .....	59
<b>Gráfico 11</b> Muestra sin floculantes luego de 15 minutos de iniciada la prueba versus muestra con Floculantes luego de 15 minutos de iniciada la prueba para el concentrado de Cu.....	61
<b>Gráfico 12</b> Muestra sin floculantes luego de 15 minutos de iniciada la prueba vs muestras con Floculante luego de 15 minutos de iniciada la prueba para el concentrado de Pb y diferentes consumos específicos.....	62
<b>Gráfico 13</b> Muestra sin floculantes luego de 15 minutos de iniciada la prueba vs muestras con Floculante luego de 5 minutos de iniciada la prueba para el concentrado de Zn. ...	62
<b>Gráfico 14</b> Comparativa de sobrenadante y clarificados para los diferentes floculantes luego de 15 minutos de transcurrida la prueba .....	64
<b>Gráfico 15</b> Curva de sedimentación para el concentrado de Cu con diferentes tipos de polímeros. ....	64
<b>Gráfico 16</b> Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de floculante utilizados para el concentrado de Cu.....	65

<b>Gráfico 17</b> Comparativa de sobrenadante y clarificados para los diferentes floculantes en el concentrado de Pb, luego de 15 minutos de transcurrida la prueba.....	66
<b>Gráfico 18</b> Curva de sedimentación para el concentrado de Pb con diferentes tipos de polímeros. ....	67
<b>Gráfico 19</b> Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de floculante utilizados para el concentrado de Pb. ....	67
<b>Gráfico 20</b> Comparativa de sobrenadante y clarificados para los diferentes floculantes en el concentrado de Zn, luego de 5 minutos de transcurrida la prueba. ....	68
<b>Gráfico 21</b> Curva de sedimentación para el concentrado de Zn con diferentes tipos de polímeros. ....	69
<b>Gráfico 22</b> Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de floculante utilizados para el concentrado de Zn. ....	69
<b>Gráfico 23</b> Comparativa de entre las diferentes diluciones de pulpa y su comportamiento al mismo consumo específico de floculantes para el concentrado de Cu, luego de 5 minutos de transcurrida la prueba.....	71
<b>Gráfico 24</b> Curva de sedimentación a diferentes diluciones de la pulpa de concentrado de Cu.....	71
<b>Gráfico 25</b> Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de dilución de pulpa de concentrado de Cu. ....	72
<b>Gráfico 26</b> Comparativa de entre las diferentes diluciones de pulpa y su comportamiento al mismo consumo específico de floculantes para el concentrado de Cu, luego de 5 minutos de transcurrida la prueba.....	73
<b>Gráfico 27</b> Curva de sedimentación a diferentes diluciones de la pulpa de concentrado de Pb .....	73



<b>Gráfico 28</b> Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de dilución de pulpa de concentrado de Pb.....	74
<b>Gráfico 29</b> Comparativa de entre las diferentes diluciones de pulpa y su comportamiento al mismo consumo específico de floculantes para el concentrado de Zn, luego de 5 minutos de transcurrida la prueba.....	75
<b>Gráfico 30</b> Curva de sedimentación a diferentes diluciones de la pulpa de concentrado de Zn.....	75
<b>Gráfico 31</b> Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de dilución de pulpa de concentrado de Zn.....	76
<b>Gráfico 32</b> Comparativa entre los diferentes consumos específicos de floculante para el concentrado de Cu, luego de 5 minutos de transcurrida la prueba. ....	77
<b>Gráfico 33</b> Curva de sedimentación a diferentes consumos específicos de floculantes para la pulpa de concentrado de Cu.....	78
<b>Gráfico 34</b> Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de optimización de pulpa de concentrado de Cu.....	78
<b>Gráfico 35</b> Comparativa entre los diferentes consumos específicos de floculante para el concentrado de Pb, luego de 5 minutos de transcurrida la prueba. ....	79
<b>Gráfico 36</b> Curva de sedimentación a diferentes consumos específicos de floculantes para la pulpa de concentrado de Pb. ....	80
<b>Gráfico 37</b> Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de optimización de pulpa de concentrado de Pb. ....	80
<b>Gráfico 38</b> Comparativa entre los diferentes consumos específicos de floculante para el concentrado de Zn, luego de 5 minutos de transcurrida la prueba. ....	82
<b>Gráfico 39</b> Curva de sedimentación a diferentes consumos específicos de floculantes para la pulpa de concentrado de Zn. ....	82

<b>Gráfico 40</b> Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de optimización de pulpa de concentrado de Zn.....	83
---	----

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

La sedimentación en procesos mineros, especialmente en el espesamiento de concentrados de plomo, es un aspecto crítico que afecta la eficiencia de la recuperación de minerales y la calidad del producto final. En este contexto, el uso de floculantes, como el "Matfloc" de Mathiesen, se presenta como una solución para mejorar los parámetros operativos en el espesador de concentrado de plomo.

La sedimentación ineficiente puede resultar en una menor recuperación de sólidos y un aumento en el contenido de agua en los relaves. Esto no solo afecta la cantidad de mineral recuperado, sino que también incrementa los costos operativos debido al mayor consumo de floculantes y energía. (Palomino R. 2018 Pag. 48).

La presencia de plomo en concentrados de cobre puede generar penalidades económicas y afectar la calidad del producto. Se ha observado que el desplazamiento del plomo hacia el concentrado de cobre puede ser significativo,

lo que implica pérdidas económicas para las empresas mineras. (Cortez R. 2020 Pag. 35)

Un uso ineficaz o excesivo de floculantes no solo incrementa los costos, sino que también puede llevar a una sedimentación inadecuada, afectando la operación general del espesador. Es crucial optimizar la dosificación y el tipo de floculante utilizado para mejorar la sedimentación. (Gonzalez S. y Morales Y. 2019 Pág. 65)

La sedimentación en el espesador del concentrado de plomo es un proceso crítico que enfrenta diversos problemas, se describen los principales problemas identificados en este contexto.

La eficiencia de sedimentación en los espesadores puede verse comprometida por varios factores, incluyendo:

- La alta concentración de sólidos suspendidos puede dificultar el asentamiento adecuado de las partículas, lo que lleva a una menor eficiencia en la separación del líquido claro y el lodo concentrado. (Palomino R. 2018 Pag. 48).
- La diferencia en densidades entre las partículas sólidas y el líquido influye en la velocidad de sedimentación. Las partículas más densas, como la galena (plomo), tienden a sedimentarse más rápidamente, pero su comportamiento puede ser afectado por la presencia de otros minerales. (Ninanya C. y Ortiz C. 2019 Pág. 23).

Un problema significativo es el desplazamiento del plomo hacia los concentrados de cobre y zinc. Esto ocurre debido a:

- El plomo tiende a sufrir sobremolienda, lo que puede aumentar su flotabilidad y permitir que se desplace hacia otros concentrados, generando pérdidas económicas significativas. (Cortez R. 2020 Pag. 37) .
- La presencia de plomo en concentrados no deseados puede resultar en penalidades económicas y afectar la calidad del producto final. (Cortez R. 2020 Pag. 39).

El uso de floclantes es esencial para mejorar la sedimentación, pero su aplicación puede ser problemática:

- Una dosificación incorrecta puede llevar a una sedimentación ineficiente o a un consumo excesivo de reactivos, afectando los costos operativos. .
- La variabilidad en las características del lodo alimentado al espesador (como la concentración y tipo de sólidos) puede dificultar la optimización del uso de floclantes. (Vargas M. 2015 Pág. 54).

La falta de mantenimiento adecuado y una operación deficiente pueden contribuir a problemas adicionales:

- La acumulación excesiva de lodos en el fondo del espesador puede reducir la capacidad efectiva del equipo y afectar el flujo del proceso. (Ortiz M. 2020 Pág. 58).
- Un diseño deficiente del espesador que no considere adecuadamente los parámetros operativos puede resultar en una menor capacidad de clarificación y sedimentación.

<https://core.ac.uk/download/pdf/198127445.pdf>

## **1.2. Delimitación de la investigación**

El trabajo de investigación se realiza en la planta concentradora El Brocal, sus instalaciones estas en el distrito de Tinyahuarco de la provincia de Pasco.

El trabajo se desarrollará en los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio y julio del 2025.

El trabajo de investigación que se desarrollará es realizar pruebas de sedimentación utilizando el floculante Matfloc para que se mejoren los parámetros de sedimentación.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cómo realizar las pruebas de sedimentación con floculantes “Matfloc” de Mathiesen para el mejoramiento de los parámetros en el espesador de concentrado de plomo?

### **1.3.2. Problemas específicos**

1. ¿Cómo se hará la evaluación de los floculantes “Matfloc” de Mathiesen que mejoren la separación sólido/líquido en el espesador de concentrado de plomo y ver su performance con respecto al floculante actual?
2. ¿Cómo se podrá determinar la velocidad la sedimentación de los concentrados de plomo es necesario emplear un solo floculante o es preciso tener polímeros distintos para cada aplicación?

## **1.4. Formulación de objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Realizar las pruebas de sedimentación con floculantes “Matfloc” de Mathiesen para el mejoramiento de los parámetros en el espesador de concentrado de plomo.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Evaluar floculantes “Matfloc” de Mathiesen que mejoren la separación sólido/líquido en la etapa en el espesador de concentrado de plomo y ver su performance con respecto al floculante actual.
2. Determinar la velocidad de sedimentación de los concentrados de plomo es necesario emplear un solo floculante o es preciso tener polímeros distintos para cada aplicación.

## **1.5. Justificación de la investigación**

### **1.5.1. Justificación teórica**

Las pruebas de sedimentación con el floculante Matfloc que se van a realizar para el mejoramiento de los parámetros nos ayudará a tomar decisiones referentes a la sedimentación de diversos concentrados y relave.

### **1.5.2. Justificación Metodológica**

La aplicación de la metodología científica nos ayudara a aplicar el tipo y diseño de investigación adecuada para la sedimentación de partículas sólidas del concentrado de plomo, cobre y zinc y poder mejorar los parámetros del espesador.

### **1.5.3. Justificación práctica**

Las pruebas de sedimentación de partículas sólidas del concentrado de plomo, cobre y zinc mediante el uso del floculante Matfloc ayudará a controlar parámetros del espesador.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

La investigación sobre el uso de floculantes "Matfloc" de Mathiesen para mejorar los parámetros en el espesador de concentrado de plomo, cobre y zinc presenta varias limitaciones que pueden afectar la validez y aplicabilidad de los resultados obtenidos. A continuación, se detallan estas limitaciones:

### **1. Recursos Financieros**

La investigación puede estar limitada por la falta de financiamiento adecuado, lo que puede restringir la cantidad y calidad de los experimentos realizados. Esto puede resultar en un número limitado de pruebas o en el uso de equipos y materiales que no son óptimos para obtener resultados precisos.

### **2. Acceso a Información**

La investigación puede enfrentar dificultades para acceder a datos operativos relevantes sobre el funcionamiento del espesador y el uso de floculantes en condiciones industriales. Esta falta de información puede limitar la capacidad para realizar comparaciones efectivas y aplicar los hallazgos a situaciones reales en la planta concentradora.

### **3. Variabilidad en las Condiciones del Proceso**

Condiciones Variables: Las condiciones del proceso, como la composición del mineral alimentado, la temperatura y el pH, pueden variar significativamente durante las operaciones. Esto puede afectar la efectividad del floculante y dificultar la generalización de los resultados obtenidos en condiciones controladas a situaciones industriales.

### **4. Falta de Información sobre Floculantes**

Información Limitada sobre Matfloc: Puede haber una falta de información técnica detallada sobre el floculante "Matfloc", incluyendo su



comportamiento bajo diferentes condiciones operativas. Esto puede dificultar la optimización de su uso y limitar la capacidad para realizar recomendaciones precisas basadas en los resultados obtenidos.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

**Wang, W. entre otros (2023)** desarrollaron el estudio titulado “Study on the matching rules and control mechanisms between flocculants and slurry settlement characteristics”, donde *“Analizaron de manera experimental la relación entre las propiedades fisicoquímicas de distintos floculantes y el comportamiento de sedimentación de pulpas minerales finas. La investigación se centró en evaluar floculantes orgánicos e inorgánicos mediante pruebas de sedimentación en columnas, análisis de velocidad de asentamiento, compresibilidad del sedimento y calidad del sobrenadante. Los autores determinaron que los floculantes orgánicos basados en poliacrilamida presentan un mejor desempeño en términos de velocidad de sedimentación y claridad del overflow en comparación con floculantes inorgánicos, especialmente en pulpas con alto contenido de partículas finas. Asimismo, se concluyó que una dosificación inadecuada de floculante puede generar fenómenos de*

*sobredosificación, provocando la redisgregación de flóculos y una disminución de la eficiencia de separación sólido/líquido. El estudio resalta la importancia de ajustar el consumo específico del floculante según las características del sólido y la concentración de pulpa, aportando criterios técnicos aplicables al control operacional de espesadores industriales”.*

**Leiva, W. H. entre otros (2024)** publicaron el artículo “Clay Tailings Flocculated in Seawater and Industrial Water: Analysis of Aggregates, Sedimentation, and Supernatant Quality”, en el cual *“Evaluaron el efecto del tipo de agua y del floculante polimérico en el proceso de sedimentación de relaves con alto contenido de arcillas. La investigación incluyó ensayos de sedimentación estática, medición de velocidades de asentamiento, análisis del tamaño y estructura de los flóculos formados, así como la evaluación de la turbidez y calidad del agua clarificada. Los resultados demostraron que la correcta selección del floculante y su dosificación permiten incrementar significativamente la velocidad de sedimentación y mejorar la claridad del sobrenadante, incluso en condiciones de alta salinidad. Además, se evidenció que la dilución de la pulpa previo a la floculación favorece la formación de flóculos más estables y compactos. Los autores concluyen que el control de parámetros como concentración de sólidos, tipo de floculante y medio acuoso es determinante para optimizar el desempeño de los espesadores, aportando fundamentos técnicos aplicables a plantas concentradoras que buscan mejorar la recuperación de agua y la estabilidad operativa”.*

**Zhang, Y. entre otros (2023)** realizaron el estudio “Optimization of flocculation and sedimentation of microparticle-sized ilmenite tailings using the response surface method”, cuyo objetivo fue *“Optimizar el proceso de*

*floculación y sedimentación de colas finas mediante técnicas estadísticas avanzadas. Emplearon el método de superficie de respuesta para evaluar la influencia de variables como la concentración de sólidos, la dosificación del floculante y el tiempo de sedimentación sobre la velocidad de asentamiento y la concentración del underflow. Los resultados experimentales mostraron que la interacción entre la dosificación del floculante y el porcentaje de sólidos es crítica para lograr una sedimentación eficiente, evitando tanto la subdosificación como la sobredosificación del reactivo. Asimismo, se determinó que una adecuada condición de alimentación permite mejorar la compactación del sedimento y la estabilidad del proceso de espesamiento. Este trabajo demuestra que la optimización de parámetros operativos mediante herramientas estadísticas puede incrementar significativamente la eficiencia de separación sólido/líquido en espesadores, siendo directamente aplicable a procesos industriales de concentración de minerales sulfurados”.*

#### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

**Crespo M. C. y Muñoz B. A.** (2021) en su tesis titulada “Estudio de parámetros operativos en espesador de relaves para mejorar calidad de agua recuperada y efluentes en Minera El Brocal S.A.A”, en su resumen manifiestan que *“En el presente trabajo de investigación se realizó el estudio de los principales parámetros de operación en el espesador de relaves de Sociedad Minera El Brocal S.A.A., los cuales son: flujo y densidad de afluentes y efluentes, preparación y dosificación de floculante, velocidad de arenamiento de los relaves espesados, eficiencia de recuperación y calidad de agua clarificada. Un adecuado control de estos parámetros de operación minimiza las paradas de la planta procesadora de minerales, ocasionadas por una mala calidad de agua*

*clarificada y arenamiento en la línea de descarga de relaves espesados. Además, se asegura una disposición de relaves espesados de acuerdo a condiciones de diseño del espesador. Se evaluó 4 tipos de floculantes aniónicos, facilitados por Sociedad Minera El Brocal S.A.A., dentro de los cuales se determinó que el floculante más efectivo para obtener, en el agua clarificada, valores de turbidez menores a 30 NTU y con un tiempo de residencia máximo de 70 minutos en su preparación, es el Magnafloc-338. Se determinó que la densidad de la mezcla de los relaves de Cu y Pb Zn, que ingresan al espesador, con valores de entre 1200.0 y 1350.0 g/L, no es una variable representativa para evaluar la calidad de agua recuperada, al mantener la misma dosificación de floculante. Así mismo, se determinó que se debe mantener un flujo mínimo de bombeo de relaves espesados de 650 m<sup>3</sup>/h para mantener una velocidad de descarga por encima de la velocidad de arenamiento, cuyo valor es 2.75 m/s. Al terminar la presente investigación, se propone un balance de materia utilizando la herramienta “Solver” de Excel 2016, con el cual se puede relacionar y evaluar los principales parámetros de operación para mantenerlos dentro de los valores de diseño. Al mantener estos parámetros dentro de los valores de diseño, utilizando el floculante aniónico Magnafloc-338, se estima un ahorro anual en costo de floculante de entre 132.7 y 231.4 mil dólares y una disminución en uso de agua fresca de 69,350 m<sup>3</sup>/año”.*

**Osorio S. J. F.** (2023) tesis en la Universidad Nacional de Ingeniería  
Enlace del recurso: <http://hdl.handle.net/20.500.14076/24848> cuyo autor presenta su resumen que dice *El estudio de “Evaluación de la velocidad de sedimentación para la optimización del uso de floculantes en un espesador de relave de flotación de un mineral polimetálico” fue realizado en el laboratorio metalúrgico de la*

*planta concentradora Coricancha, que se encuentra ubicada en el distrito de San Mateo, provincia de Huarochirí y departamento de Lima, en la zona centro del Perú. El objetivo de esta tesis fue evaluar la velocidad de sedimentación para optimizar el uso de floculante para el tratamiento de relave de flotación, utilizando la metodología de diseño experimental, la estadística descriptiva y el software Minitab 19. Teniendo en consideración que el espesador del relave de flotación no presenta problemas operacionales y usa el floculante Mix, este presenta un alto consumo de floculante de 100 g/TMS. Se usó un diseño experimental de completamente aleatorizados para estudiar el performance de seis diferentes floculantes como Matfloc AS23, Ixofloc 2051, Ixofloc 3027, Magnafloc 338, H610 y Mix, y un diseño de bloques completamente aleatorizado para estudiar la influencia de su consumo g/TMS y concentración. Los resultados obtenidos de estas pruebas mostraron que los floculantes que presentan mayor velocidad de sedimentación y que estadísticamente trabajen de manera similares son: H610, Ixofloc 3027 y Mix con velocidades de 0.187, 0.181 y 0.168 m/h respectivamente, en tal razón el floculante Mix resulto seguir siendo una excelente alternativa para el tratamiento del relave de flotación debido a su bajo costo de 3.84 \$/kg en comparación de los dos floculantes ya mencionados, así mismo se determinó que al utilizar una concentración de floculante inferior a 0.076 % (variable usada en la operación) como 0.050 y 0.025 % se podrá obtener un ahorro promedio del 33.2 % o 1376.9 \$/mes y 59.1 % o 2451.0 \$/mes de floculante respectivamente.*

**Arguedas M. C.** (2019) en la tesis intitulada “Eficiencia de floculantes orgánicos en la biosorción de plomo y cadmio en muestras a nivel de laboratorio, Lima - 2018” en el resumen da a conocer que *En la presente investigación, se*

*evaluó la eficiencia de los floculantes orgánicos en la biosorción de plomo y cadmio en muestras a nivel de laboratorio, para ello se preparó una solución patrón de 1000 mg/l o ppm de Pb y Cd, la cual fue de base para las soluciones hijas de 50mg/l, 100 mg/l y 200 mg/l; respectivamente de cada metal, para este trabajo se definió tres concentraciones en caso de Pb a 0.2, 0.5 y 1 mg/l y para cadmio a 0.05, 0.25, 0.5mg/l. Se utilizó como instrumento el test de jarras para el primer tratamiento de las muestras, considerando constante el volumen de un 1L, mientras que la concentración del floculante orgánico vario se trabajó a 5 dosis diferentes para todas las frutas (0.5g, 1g, 1.5g, 2g y 2.5g), teniendo como desarrollo para la prueba, primera corrida ( $v_1=250$  RPM por 15 minutos), tiempo de reposo 1 ( $tr_1=5$  minutos), segunda corrida (50 RPM por 5 minutos), tiempo de reposo final ( $Tr_f=30$  minutos). Se determinó que la dosis con mayor eficiencia se presenta con 2.5g para cada floculante natural. Luego que la muestra ya fue tratada, se llevó a la plancha de calentamiento, para ello se tomó una alícuota de 100ml y se añadió 5ml de ácido nítrico, para la digestión de la muestra a una temperatura de 95°C, con un tiempo aproximado de 50 minutos, donde se observó que el volumen ha reducido a 20 a 30 ml, seguidamente de dejo enfriar, para luego así utilizar el equipo espectrofotómetro de absorción atómica. Se concluyó que los floculantes orgánicos en la remoción de plomo y cadmio tienen una eficiencia de 28.37% a 89.18%, siendo la carambola quien presento un 11.67% una menor eficiencia en la remoción de plomo mientras que la naranja, uva, pepino, cocona y manzana son las frutas con mayor eficiencia en el tratamiento de plomo, destacando la eficiencia de la manzana con un 89.18%. Así mismo para el cadmio las frutas como la cocona, toronja, mandarina, pepino y manzana son quienes presentaron una mayor eficiencia estadísticamente,*

*donde se destaca una vez más la manzana con una eficiencia de 88.69%, mientras que la uva presenta solo un 41.93% menor eficiencia en la remoción de cadmio.*

<https://hdl.handle.net/20.500.13084/3001>

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. Espesadores**

Son equipos cruciales en el procesamiento de concentrados de plomo, utilizados para aumentar la concentración de sólidos en una pulpa de mineral. Los aspectos más relevantes sobre su función y aplicación en la industria minera.

#### **Función de los Espesadores**

- **Concentración de Sólidos:** Los espesadores permiten separar los sólidos del líquido en suspensiones, aumentando así la densidad de la pulpa mineral. Esto es esencial para optimizar los procesos posteriores, como la filtración. 911Metalurgia. (2019) Pág. 65.
- **Recuperación de Agua:** Además de concentrar los sólidos, estos equipos recuperan agua que puede ser reutilizada en el proceso, lo que contribuye a la sostenibilidad y eficiencia operativa de las plantas concentradoras. 911Metalurgia. (2019) Pág. 65.

#### **Proceso de Espesamiento**

1. **Alimentación:** La pulpa proveniente de las celdas de flotación, que contiene concentrados de plomo y otros minerales, se alimenta al espesador.
2. **Sedimentación:** En el espesador, se permite que los sólidos se sedimenten por gravedad. Esto genera un lodo concentrado en la parte inferior y un efluente clarificado en la parte superior.



3. Descarga: La descarga inferior del espesador contiene entre el 55% y el 70% de sólidos, dependiendo del tipo de mineral y las condiciones operativas. 911Metalurgia. (2019) Pág. 65
4. Filtración: Posteriormente, el lodo concentrado es enviado a filtros para eliminar el exceso de agua, logrando un producto final con una humedad entre el 5% y el 8%, adecuado para su manipulación y transporte. (Herrera C. (2018) Pág. 67).

### **Tipos de Espesadores**

- Espesadores Mecánicos: Utilizados comúnmente en plantas concentradoras para tratar minerales polimetálicos como plomo-zinc.
- Filtros Prensa: En algunos casos, se utilizan filtros prensa para deshidratar aún más los concentrados obtenidos del espesamiento, alcanzando humedades residuales muy bajas (6-7%) en productos finales. (Revista minería (2020) Pág. 5).

### **Aplicaciones en la Industria**

Los espesadores son utilizados no solo en la minería del plomo y zinc, sino también en otras industrias donde se requiere la separación eficiente de sólidos y líquidos. Su versatilidad los hace esenciales en procesos que van desde la gestión ambiental hasta la producción mineral. Revista minería (2020) Pág. 5.

### **Partes de un espesador**

1. Tanque: Generalmente tiene forma de cono invertido, con un diámetro mayor que su altura. Su diseño facilita el movimiento de los sólidos concentrados y su descarga desde la parte inferior. Revista minería (2020) Pág. 5.
2. Rastra o Rastrillo: Este componente está formado por varillas y se conecta al eje principal. Su función es mover los sólidos hacia el fondo del tanque,

evitando que se sedimenten excesivamente y no puedan ser descargados.

Revista minería (2020) Pág. 5.

3. Cono de Descarga: Situado en el centro del espesador, permite la descarga de los sólidos hacia las bombas, ya sea para concentrados o colas.
4. Canal de Rebose: Es un anillo que recoge el agua "limpia" del espesador y la dirige hacia el proceso o filtrado. Revista minería (2020) Pág. 5.
5. Mecanismos de Elevación y Movimiento: Estos sistemas proporcionan la elevación y fuerza necesarias al rastrillo, asegurando que no se atore ni levante el material ya asentado.
6. Pozo de Alimentación: Donde se introduce la pulpa en el espesador, ayudando a minimizar turbulencias durante la alimentación.
7. Sistema de Dosificación Química: En algunos modelos, se añaden productos químicos como floculantes para facilitar la sedimentación de partículas finas. Revista minería (2020) Pág. 5
8. Estructura de Soporte: Proporciona estabilidad al conjunto del espesador y puede incluir pasarelas para acceso y mantenimiento. Revista minería (2020) Pág. 5.

### **Funcionamiento General**

El funcionamiento del espesador implica varias zonas clave:

- Zona de Clasificación: Aquí, el agua clarificada sube y rebosa hacia el canal de rebose.
- Zona de Sedimentación: La alimentación entra en esta zona, donde los sólidos comienzan a asentarse.
- Zona de Compresión: Los sólidos se comprimen naturalmente mientras son movidos por el rastrillo, liberando agua en el proceso.

Cada uno de estos componentes y zonas es crucial para garantizar un proceso eficiente de separación sólido-líquido, optimizando tanto la recuperación de recursos como la gestión de residuos.

*Gráfico 1 Espesador de concentrado de plomo*



**Nota:** Elaborado por los tesistas

### **2.2.2. Flocculante**

La floculación es un proceso químico fundamental en el tratamiento de aguas, que implica la aglutinación de partículas coloidales presentes en un líquido. Este proceso se lleva a cabo mediante la adición de sustancias conocidas como flocculantes, que ayudan a desestabilizar las partículas en suspensión, facilitando su posterior sedimentación y filtrado.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>

### **Proceso de Floculación**

La floculación generalmente sigue a un proceso de coagulación, donde se utilizan coagulantes para neutralizar las cargas electrostáticas de las partículas coloidales. Esto permite que las partículas se agrupen formando microflóculos y,

posteriormente, flóculos más grandes que pueden ser fácilmente eliminados del agua. <https://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>

Los factores que influyen en la eficacia de estos procesos incluyen:

- Gradiente de velocidad: Aumenta la probabilidad de unión entre partículas.
- Tiempo: Proporciona un mayor periodo para que las partículas sedimenten.
- pH: Afecta la acción desestabilizadora de los floculantes.

<https://contyquim.com/blog/importancia-de-los-floculantes-en-procesos-industriales>

### **Clasificación de Floculantes**

Los floculantes se clasifican en varias categorías según su origen y composición:

- Floculantes minerales: Incluyen compuestos como el hidróxido de calcio, que son efectivos en condiciones alcalinas y útiles para precipitar metales pesados. <https://peru.pochteca.net/que-son-los-floculantes/>
- Floculantes orgánicos: Compuestos por polímeros naturales, como alginatos extraídos de algas. Se utilizan comúnmente en el tratamiento de agua potable. <https://peru.pochteca.net/que-son-los-floculantes/>
- Floculantes inorgánicos: Generalmente sales metálicas como el sulfato de aluminio y el cloruro férrico, utilizados por su capacidad para coagular y flocular eficientemente. <https://contyquim.com/blog/coagulante-y-floculante-en-el-tratamiento-de-aguas>
- Floculantes sintéticos: Derivados de polímeros sintéticos, estos son utilizados para mejorar la densidad y velocidad de sedimentación de los flóculos. <https://peru.pochteca.net/que-son-los-floculantes/>

## Usos Comunes

Los floculantes son esenciales en diversas aplicaciones, incluyendo:

- Tratamiento de aguas residuales: Permiten obtener agua limpia y apta para consumo o uso industrial.
- Mantenimiento de piscinas: Ayudan a clarificar el agua al eliminar partículas en suspensión. <https://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>
- Procesos industriales: Se utilizan para clarificar líquidos y separar sólidos en diversas industrias. <https://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>

## Tipos de Floculantes

Los floculantes son sustancias químicas esenciales en el tratamiento de aguas, ya que facilitan la aglomeración de partículas en suspensión, formando flóculos que pueden ser fácilmente eliminados. Se clasifican según diferentes criterios, incluyendo su composición química, origen y carga eléctrica. A continuación, se presentan las principales categorías de floculantes.

### Clasificación por Composición Química

#### 1. Floculantes Inorgánicos:

- Compuestos principalmente de sales metálicas como el sulfato de aluminio y sulfato de hierro.
- Actúan neutralizando las cargas eléctricas de las partículas, lo que permite la formación de flóculos más grandes y pesados.

#### 2. Floculantes Orgánicos Sintéticos:

- Polímeros sintéticos que pueden ser catiónicos, aniónicos o no iónicos.
- Son eficaces para eliminar sólidos en suspensión y contaminantes orgánicos, y se utilizan ampliamente en el tratamiento de aguas residuales industriales.

### 3. Floculantes Naturales:

- Derivados de fuentes vegetales (como algas y gomas naturales) o producidos biológicamente.
- Son biodegradables y menos agresivos con el medio ambiente, aunque su eficiencia puede ser inferior a la de los floculantes sintéticos.

## **Clasificación por Carga Eléctrica**

### 1. Floculantes Catiónicos:

- Tienen una carga positiva y son efectivos para neutralizar partículas con carga negativa.
- Utilizados en la eliminación de sustancias orgánicas y en el tratamiento de aguas residuales que contienen compuestos orgánicos.

### 2. Floculantes Aniónicos:

- Poseen carga negativa y son eficaces en la coagulación de partículas con carga positiva.
- Se utilizan comúnmente para reducir la turbidez en el agua.

### 3. Floculantes No Iónicos:

- No tienen carga eléctrica y funcionan mediante interacciones físicas con las partículas en suspensión.
- Su uso es menos común, pero pueden ser útiles en aplicaciones específicas donde se requiere un enfoque diferente.

## **Aplicaciones Específicas**

- Tratamiento de Aguas Residuales: Los floculantes son cruciales para eliminar contaminantes y sólidos suspendidos, mejorando la calidad del agua tratada.
- Industria Minera: Se utilizan para clarificar soluciones y recuperar agua durante los procesos mineros.

- Industria Alimentaria: Ayudan a clarificar líquidos y eliminar impurezas durante la producción.

La elección del tipo adecuado de floculante depende de las características específicas del agua a tratar y los objetivos del proceso. Cada categoría tiene sus ventajas y limitaciones, por lo que es fundamental realizar un análisis previo para determinar la opción más efectiva en cada caso particular.

<https://quimicosindustriales.basf.com/contenido/tipos-de-floculantes/>

### **2.2.3. Floculante Matfloc**

Matfloc es una marca de floculantes que se utiliza en diversas aplicaciones industriales, especialmente en el tratamiento de aguas. Se presentan las características y aplicaciones de Matfloc, así como su clasificación dentro de los floculantes.

#### **Características de Matfloc**

- Tipo: Los floculantes Matfloc son generalmente polímeros orgánicos sintéticos. Estos compuestos están diseñados para mejorar la coagulación y floculación en procesos de tratamiento de agua.
- Carga Eléctrica: Pueden ser catiónicos, lo que significa que tienen una carga positiva, permitiendo la neutralización de partículas con carga negativa en suspensión. Esto facilita la aglomeración de partículas y la formación de flóculos más grandes, que son más fáciles de separar del líquido.
- Eficiencia: Los floculantes Matfloc son conocidos por su alta eficiencia en la eliminación de sólidos suspendidos y turbidez, lo que los hace ideales para aplicaciones donde se requiere una clarificación efectiva del agua.

[https://www.danafloat.com/es/mining\\_ores/lead\\_zinc](https://www.danafloat.com/es/mining_ores/lead_zinc)

### **Aplicaciones de Matfloc**

- **Tratamiento de Aguas Residuales:** Se utilizan para mejorar la separación sólido-líquido en el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. Su capacidad para aglomerar partículas finas ayuda a reducir el volumen de lodos generados y a facilitar su manejo.
- **Industria Minera:** En la minería, Matfloc se emplea para la clarificación del agua utilizada en procesos de extracción y procesamiento de minerales, contribuyendo a la recuperación eficiente del agua.
- **Fabricación de Papel:** En esta industria, los floculantes ayudan a eliminar impurezas y mejorar la calidad del producto final al clarificar el agua utilizada en el proceso.
- **Tratamiento de Agua Potable:** Son utilizados para eliminar partículas finas y otros contaminantes del agua destinada al consumo humano, garantizando su calidad y seguridad.

### **Ventajas del Uso de Matfloc**

- **Mejora en la Claridad del Agua:** Facilitan la eliminación de sólidos suspendidos, mejorando significativamente la claridad del agua tratada.
- **Reducción de Costos Operativos:** Al optimizar el proceso de tratamiento, pueden contribuir a una reducción en los costos asociados con la gestión y eliminación de lodos.
- **Versatilidad:** Se pueden aplicar en diversas industrias y adaptarse a diferentes condiciones del agua, lo que los hace muy versátiles.

[https://www.danafloat.com/es/mining\\_ores/lead\\_zinc](https://www.danafloat.com/es/mining_ores/lead_zinc)



En resumen, Matfloc representa una solución efectiva para el tratamiento de aguas en múltiples sectores industriales, destacándose por su capacidad para mejorar la clarificación y separación de partículas en suspensión.

#### **2.2.4. Minerales de plomo**

Los minerales de plomo son depósitos naturales que contienen plomo en diversas concentraciones. El plomo, un metal pesado y blando, se extrae principalmente de estos minerales a través de procesos mineros. A continuación, se describen los minerales más relevantes que contienen plomo.

##### **Minerales principales de plomo**

###### **1. Galena (PbS):**

- Es el mineral más importante y común del plomo, constituyendo aproximadamente el 86.6% de su composición.
- Se presenta en forma de cristales cúbicos con un brillo metálico y un color que varía entre gris y negro.
- La galena es la principal fuente de plomo en el mundo y se encuentra en diversas formaciones geológicas.

<https://es.geologyscience.com/minerales-minerales/mineral-de-plomo/>

###### **2. Cerusita (PbCO<sub>3</sub>):**

- Este mineral es un carbonato de plomo que se forma en la zona oxidada de los depósitos de galena.
- Generalmente se presenta como cristales prismáticos o masas granulares, con colores que pueden ser incoloros, blancos o grises.
- Aunque menos común que la galena, la cerusita es un mineral secundario importante en algunos depósitos.

<https://es.geologyscience.com/minerales-minerales/mineral-de-plomo/>

3. Anglesita ( $\text{PbSO}_4$ ):

- Un sulfato de plomo que también se forma en la zona oxidada de los depósitos.
- Se encuentra típicamente como cristales prismáticos o masas fibrosas y puede ser incoloro, blanco o gris.
- Al igual que la cerusita, es menos común que la galena, pero puede ser significativo en ciertos contextos. Wikipedia

4. Piromorfita ( $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ ):

- Este mineral es un fosfato de plomo que se desarrolla en la zona oxidada de los depósitos de plomo.
- Suele presentarse como cristales prismáticos o masas botrioidales, con colores que varían desde verde hasta marrón o amarillo.
- Es menos frecuente que los anteriores, pero puede encontrarse en algunos depósitos como mineral secundario. Wikipedia.

**Características Generales del Plomo**

- Propiedades Físicas:
- Dureza: 2,5 – 2,75 en la escala de Mohs.
- Densidad: 7,2 – 7,6 g/cm<sup>3</sup>.
- Color: Generalmente gris a gris plateado con brillo metálico.
- Sistema cristalino: Cúbico, con escisión cúbica perfecta.

**Proceso de Extracción:**

- Los minerales son triturados y concentrados mediante flotación para obtener concentraciones más altas de plomo.
- Aunque muchos minerales contienen menos del 10% de plomo, aquellos con tan solo un 3% pueden ser explotados económicamente.

## **Distribución Global**

Los principales países productores de plomo incluyen China, Estados Unidos, Rusia y Canadá. Actualmente, más de la mitad del plomo utilizado proviene del reciclaje. [https://www.danafloat.com/es/mining\\_ores/lead\\_zinc](https://www.danafloat.com/es/mining_ores/lead_zinc)

Estos minerales no solo son fundamentales para la producción de plomo metálico, sino que también tienen aplicaciones en diversas industrias debido a sus propiedades únicas.

### **2.2.5. Minerales de cobre**

Los minerales sulfurados de cobre son esenciales para la extracción de este metal, siendo las principales fuentes de cobre primario. Principales Minerales Sulfurados de Cobre son:

#### **1. Calcopirita**

- Fórmula química:  $\text{CuFeS}_2$
- Descripción: Es el mineral de cobre más común y representa una importante mena de este metal. Tiene un color amarillo latón y un brillo metálico. Se forma en ambientes hidrotermales y es frecuentemente asociado con otros sulfuros. (Museo virtual de mineralogía 2019)

#### **2. Bornita**

- Fórmula química:  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$
- Descripción: Conocida como "piedra de la alegría", es un mineral de cobre que presenta un color que varía entre el marrón y el púrpura. Es menos común que la calcopirita pero también es una fuente significativa de cobre, (Museo virtual de mineralogía 2019)

#### **3. Calcosina**

- Fórmula química:  $\text{Cu}_2\text{S}$

- Descripción: Este sulfuro se forma en condiciones reductoras y es un mineral secundario que puede encontrarse en depósitos oxidantes. Tiene un color negro y es opaco. (Museo virtual de mineralogía 2019)

#### 4. Covelina

- Fórmula química:  $\text{CuS}$
- Descripción: Es un mineral que se forma a partir de la alteración de otros minerales sulfurados como la calcopirita. Presenta un color azul oscuro y es menos común en comparación con otros sulfuros (Museo virtual de mineralogía 2019)

#### 5. Enargita

- Fórmula química:  $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$
- Descripción: Este mineral es un sulfuro de arsénico y cobre, a menudo encontrado en depósitos hidrotermales. Es importante por su contenido en cobre y arsénico. (Museo virtual de mineralogía 2019)

#### 6. Tetraedrita

- Fórmula química:  $(\text{Cu,Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$
- Descripción: Este sulfuro complejo contiene cobre, hierro y antimonio, y se encuentra frecuentemente en depósitos minerales junto con otros sulfuros. (Museo virtual de mineralogía 2019)

### 2.2.6. Minerales de Zinc

Los minerales sulfurados de zinc son fundamentales en la minería y metalurgia, siendo la principal fuente de zinc. Los principales minerales sulfurados de zinc y sus características son:

#### **Principales Minerales Sulfurados de Zinc**

##### 1. Esfalerita (Blenda)

- Fórmula química:  $\text{ZnS}$
- Descripción: Es el mineral más importante del zinc. Su color puede variar desde amarillo hasta negro, dependiendo de la presencia de impurezas como el hierro (formando marmatita). La esfalerita tiene una estructura cristalina cúbica y es altamente valorada por su contenido en zinc, que puede llegar hasta el 67% en su forma pura. (Wikipedia 2020)

## 2. Marmatita

- Fórmula química:  $(\text{Zn,Fe})\text{S}$
- Descripción: Es una variedad de esfalerita rica en hierro, lo que resulta en un menor contenido de zinc. Su color es generalmente más oscuro debido a la presencia de hierro, y su uso es menos eficiente en la extracción de zinc puro. (Wikipedia 2020)

### 2.3. Definición de términos básicos

**Tanque de espesamiento:** Es un dispositivo utilizado en el tratamiento de aguas residuales y en procesos industriales para aumentar la concentración de sólidos en una suspensión líquida, reduciendo así el volumen de agua libre.

**Espesado de concentrado:** es un proceso crucial en la minería y el tratamiento de minerales, que se lleva a cabo en equipos llamados espesadores.

**Agua clarificada:** Se refiere al agua que ha pasado por un proceso de clarificación, diseñado para eliminar turbidez y partículas en suspensión, mejorando así su calidad y transparencia.

**Concentrado de plomo:** Es un producto intermedio en la industria minera que se obtiene a través de procesos de concentración de minerales que contienen plomo, principalmente la galena ( $\text{PbS}$ ).

**Concentrado de cobre:** Es un producto intermedio crucial en la industria minera, obtenido principalmente a través del proceso de flotación de minerales sulfurados de cobre,

**Concentrado de Zinc:** Es un mineral que contiene una alta concentración de zinc, generalmente entre el 30 % y el 60 % en peso, dependiendo de la pureza del yacimiento del que proviene (ZnS).

**Floculante:** Es una sustancia química que se utiliza para facilitar el proceso de floculación, que consiste en la aglomeración de partículas finas en una solución, formando flóculos más grandes que pueden ser fácilmente separados del líquido.

**Pruebas:** Para análisis más detallados y precisos, se envían muestras a laboratorios donde se utilizan técnicas avanzadas para determinar la composición química y biológica del agua y del mineral.

**Sedimentación:** Es un proceso físico fundamental en el tratamiento de aguas, que se utiliza para separar sólidos suspendidos de un líquido mediante la acción de la gravedad.

**Floculantes Matfloc** de Mathiesen son productos químicos diseñados para mejorar el proceso de floculación en el tratamiento de aguas. Estos floculantes son especialmente útiles en diversas aplicaciones industriales, incluyendo el tratamiento de aguas residuales y la clarificación de agua potable.

**Mejoramiento de los parámetros:** Es un proceso esencial para garantizar que el parámetro y a usos industriales cumpla con las normativas vigentes medio ambiente.

**Espesador de concentrado de plomo:** Es un componente crucial en el proceso de concentración de minerales, específicamente diseñado para separar los sólidos del líquido en la producción de concentrados de plomo.

**Espesador de concentrado de cobre:** Es un equipo esencial en el proceso de concentración de minerales, diseñado para separar sólidos suspendidos en una pulpa mediante sedimentación.

**Espesador de concentrado de zinc:** Es un equipo clave en la industria minera, utilizado para separar los sólidos del líquido en el proceso de concentración de minerales.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Si realizamos pruebas de sedimentación con floculantes “Matfloc” de Mathiesen entonces se hará el mejoramiento de los parámetros en el espesador de concentrado de plomo.

### **2.4.2. Hipótesis específica**

1. Si evaluamos los floculantes “Matfloc” de Mathiesen que mejoren la separación sólido/líquido en la etapa de deposición de relaves y en el espesador de concentrado de plomo y ver su performance con respecto al floculante actual.
2. Si determinamos la velocidad de sedimentación de los concentrados de plomo es necesario emplear un solo floculante o es preciso tener polímeros distintos para cada aplicación.

## **2.5. Identificación de variables**

### **2.5.1. Variable independiente**

Pruebas de sedimentación con floculantes “Matfloc” de Mathiesen

### 2.5.2. Variable dependiente

Mejoramiento de los parámetros en el espesador de concentrado de plomo.

### 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
Pruebas de sedimentación con floculantes “Matfloc” de Mathiesen	Tecnología usada en la separación sólido líquido de minerales	Proceso sedimentación con floculante de partículas finas de plomo	Toneladas por día	Toneladas
Mejoramiento de los parámetros en el espesador de concentrado de plomo	Revisar los parámetros de sedimentación en un espesador	Proceso de control de parámetros en sedimentación	Toneladas de extracción	Porcentaje



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación a aplicar en pruebas de sedimentación con el floculante Matfloc es predominantemente **experimental**. Este enfoque permite evaluar cómo diferentes concentraciones y dosificaciones del floculante afectan la velocidad de sedimentación y el porcentaje de sólidos finales en las pulpas tratadas.[http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2917/1/T026\\_46996403\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2917/1/T026_46996403_T.pdf)

#### **Metodología:**

- **Pruebas de Sedimentación:** Se llevan a cabo ensayos en laboratorio utilizando diferentes dosis de Matfloc y se mide la velocidad de sedimentación y el porcentaje de sólidos finales. Esto incluye el uso de equipos como buretas y espesadores para simular condiciones industriales.
- **Análisis Comparativo:** Se comparan los resultados obtenidos con el floculante Matfloc frente a otros floculantes, como el MT-4219, para determinar cuál proporciona mejores resultados en términos de velocidad de

sedimentación y eficiencia.

[http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2917/1/T026\\_46996403\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2917/1/T026_46996403_T.pdf)

### 3.2. Nivel de investigación

La presente investigación corresponde a un nivel experimental, debido a que se realizaron pruebas de sedimentación en laboratorio, en las cuales se realizó de manera controlada la dosificación y el tipo de floculante de la línea Matfloc de Mathiesen, con la finalidad de evaluar su efecto sobre los parámetros de sedimentación del concentrado de plomo, tales como la velocidad de sedimentación, la turbidez del overflow y la concentración de sólidos en el underflow.

### 3.3. Métodos de investigación

Para llevar a cabo pruebas de sedimentación utilizando el floculante Matfloc, se puede aplicar el método científico **aplicada**, que implica una serie de pasos sistemáticos para asegurar la validez y reproducibilidad de los resultados.

#### 1. Observación

- Se observa que la sedimentación de partículas en suspensiones puede ser mejorada mediante el uso de floculantes, como Matfloc. Se plantea la necesidad de optimizar su uso en procesos industriales para mejorar la eficiencia y reducir costos.

#### 2. Pregunta de Investigación

- ¿Cuál es la dosis óptima de Matfloc que maximiza la velocidad de sedimentación en suspensiones de relaves?

### 3.4. Diseño de investigación

Para el diseño de investigación en pruebas de sedimentación con el floculante Matfloc, se sugiere un enfoque **experimental** que permita evaluar su efectividad en la mejora de la sedimentación de relaves.

#### Metodología

##### 1. Diseño Experimental:

- Se utilizará un diseño completamente aleatorizado para evaluar diferentes concentraciones de Matfloc y su efecto en la velocidad de sedimentación.

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_1f37cc01525aa239cf2b30be6fa1bfa8](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_1f37cc01525aa239cf2b30be6fa1bfa8)

### 3.5. Población y muestra

#### 3.5.1. Población

La población considerada en el presente estudio está constituida por todos los materiales y condiciones operativas involucradas en el proceso de sedimentación del concentrado de plomo en la unidad minera. En términos específicos, la población comprende:

- **El concentrado de plomo proveniente del circuito de flotación**, caracterizado por su granulometría fina, alta presencia de lamas y variabilidad en el porcentaje de sólidos.
- **El agua de proceso empleada en el espesamiento**, cuyas características fisicoquímicas (pH, conductivas
- **Las condiciones operativas del espesador de concentración**, incluyendo el flujo de alimentación, densidad de descarga, velocidad del rascador, carga hidráulica

- **Los floculantes de la línea Matfloc (Mathiesen), con**

Esta población representa el conjunto total de variables y materiales que intervienen en la formación y compactación de flóculos en el espesador de concentrado de plomo, y sobre los cuales se busca evaluar el desempeño de los diferentes floculantes Matfloc con el fin de optimizar la operación del equipo.

### **3.5.2. Muestra**

La muestra utilizada en el presente estudio estuvo conformada por alícuotas representativas del **concentrado de plomo proveniente del underflow del espesador y de la descarga del circuito de flotación**, recolectadas en condiciones normales de operación. Las muestras fueron tomadas de manera puntual durante distintos turnos para asegurar la representatividad del material, considerando la variabilidad operacional del proceso.

Cada muestra fue homogenizada y acondicionada para ser utilizada en las pruebas de sedimentación en laboratorio. Para los ensayos se emplearon volúmenes comprendidos entre **1 000 y 1 500 mL** por prueba, manteniendo el **porcentaje de sólidos original** del proceso con el fin de reproducir fielmente las condiciones de espesamiento industrial.

Asimismo, se seleccionaron como muestra los floculantes pertenecientes a la línea **Matfloc de Mathiesen**, en sus diferentes formulaciones disponibles para minerales sulfurosos, los cuales fueron preparados a distintas concentraciones de dosificación con el propósito de evaluar su efecto sobre:

- **la velocidad de sedimentación,**
- **la claridad del sobrenadante,**
- **la formación y resistencia del flóculo,**

- **y la densidad final del sedimento.**

La combinación de estas muestras permitió estudiar el comportamiento del concentrado de plomo bajo la acción de los floculantes Matfloc y generar información confiable para el mejoramiento de los parámetros operativos del espesador industrial.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para llevar a cabo pruebas de sedimentación con el floculante Matfloc, se pueden aplicar diversas técnicas e instrumentos de recolección de datos que aseguren la obtención de información precisa y relevante. Describimos las principales técnicas e instrumentos que se pueden utilizar en este tipo de investigación.

- Técnicas de Recolección de Datos a aplicarse:

#### **1. Pruebas de Sedimentación**

- Cilindros Graduados: Se utilizan para medir la altura del sedimento a intervalos regulares. Permiten observar el proceso de sedimentación y calcular la velocidad de sedimentación.
- Buretas: Útiles para realizar adiciones controladas de floculante y medir su efecto en la sedimentación.

#### **2. Análisis Granulométrico**

- Tamizaje: Para determinar el tamaño de las partículas en la suspensión, lo que influye en la sedimentación.
- Microscopía: Se puede usar para observar las características morfológicas de los flóculos formados.

#### **3. Mediciones Físico-Químicas**

- Turbidez: Utilizar un turbidímetro para medir la turbidez del efluente antes y después del tratamiento con floculante, lo que indica la eficacia del proceso.
- Densidad y Gravedad Específica: Medir estas propiedades para entender mejor las características de la suspensión tratada.

#### 4. Monitoreo de Parámetros Ambientales

pH y Temperatura: Utilizar medidores de pH y termómetros para controlar condiciones que pueden afectar la sedimentación.

### **Instrumentos Específicos**

#### 1. Equipos de Prueba de Jarras

- Permiten realizar pruebas rápidas en laboratorio para evaluar diferentes dosis de floculante en condiciones controladas, facilitando el análisis comparativo.

#### 2. Tanques de Sedimentación

- Para realizar pruebas a escala más grande y simular condiciones industriales, donde se puede observar el comportamiento del floculante en un entorno más realista.

### **Procedimiento General**

1. Preparación de Muestras: Se preparan suspensiones con diferentes concentraciones de sólidos y dosis del floculante Matfloc.
2. Realización de Pruebas: Se llevan a cabo las pruebas utilizando los instrumentos mencionados, registrando datos sobre la sedimentación, turbidez y otros parámetros.
3. Análisis de Datos: Los datos recolectados se analizan estadísticamente para determinar la efectividad del floculante bajo diferentes condiciones.

Este enfoque integral permite obtener una comprensión detallada del rendimiento del floculante Matfloc en procesos de sedimentación, contribuyendo a optimizar su uso en aplicaciones industriales.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

Los instrumentos de investigación fueron seleccionados de acuerdo con los objetivos del estudio y la naturaleza experimental de las pruebas de sedimentación realizadas en laboratorio. Para la medición de la velocidad de sedimentación se emplearon probetas, cronómetro y vasos precipitados; asimismo, se utilizó un turbidímetro para la determinación de la turbidez del overflow.

La validación de los instrumentos se realizó mediante juicio técnico, considerando la evaluación y experiencia de los ingenieros que laboran en la planta concentradora de la Sociedad Minera El Brocal S.A.A, quienes verificaron la pertinencia, funcionalidad y adecuación de los instrumentos utilizados para el desarrollo de las pruebas experimentales, garantizando la confiabilidad de los resultados obtenidos.

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para las pruebas de sedimentación con el floculante Matfloc, se pueden aplicar diversas técnicas y métodos de procesamiento y análisis de datos. Estas técnicas permitirán evaluar la efectividad del floculante en la mejora de la sedimentación y proporcionar datos significativos para el análisis. Pasamos a describir las principales técnicas e instrumentos que se pueden utilizar en este contexto.

## **Técnicas de Procesamiento y Recolección de Datos Experimentales**

- Cilindros Graduados y Conos Imhoff: Utilizados para medir la altura del sedimento a intervalos regulares. Los datos recolectados permiten calcular la velocidad de sedimentación y el volumen de sólidos sedimentados.
- urbidímetros: Para medir la turbidez del efluente antes y después del tratamiento con floculante, proporcionando una indicación clara de la efectividad del proceso.

## **Análisis Estadístico**

Software Estadístico (como Excel o Minitab): Se pueden usar para realizar análisis estadísticos que determinen la significancia de los resultados. Esto incluye:

Regresión Lineal: Para analizar la relación entre la dosis de floculante y la velocidad de sedimentación, permitiendo predecir resultados bajo diferentes condiciones.

### **3. Curvas de Sedimentación**

- Método Talmage y Fitch: Este método permite construir curvas de sedimentación a partir de las lecturas de altura del sólido en función del tiempo, facilitando el cálculo de parámetros como la velocidad de sedimentación y el área unitaria requerida para el proceso.

<https://www.redalyc.org/journal/2235/223547677010/html/>

### **4. Visualización de Datos**

- Gráficos y Tablas: Utilizar gráficos para representar visualmente los resultados obtenidos, como la relación entre la dosis del floculante y la reducción en turbidez o el aumento en la velocidad de sedimentación.



Las tablas pueden resumir los resultados experimentales para facilitar su interpretación.

## **5. Análisis Comparativo**

- Comparar los resultados obtenidos con Matfloc frente a otros floculantes mediante un diseño experimental factorial, lo que permite evaluar múltiples variables simultáneamente.

<https://www.redalyc.org/journal/2235/223547677010/html/>

Esto puede incluir comparaciones sobre:

- Eficiencia en la reducción de sólidos en suspensión.
- Velocidad de sedimentación alcanzada.

## **6. Monitoreo Continuo**

- Sistemas Automáticos de Dosificación: Implementar sistemas que ajusten automáticamente la dosis del floculante basado en mediciones continuas de turbidez o concentración de sólidos suspendidos, optimizando así el proceso en tiempo real.

<https://www.matecindustries.com/es/como-el-floculante-se-convierte-en-la-clave-de-nuestra-clarificacion/>

## **Procedimiento General**

1. Preparación y Adición: Preparar las suspensiones con diferentes concentraciones y dosis del floculante Matfloc.
2. Realización de Pruebas: Llevar a cabo las pruebas utilizando los algunos instrumentos mencionados, registrando datos sobre sedimentación y turbidez.
3. Análisis y Procesamiento: Utilizar software estadístico para analizar los datos recolectados, generando gráficos y tablas que faciliten la interpretación.

4. Evaluar los resultados para determinar la efectividad del floculante Matfloc en comparación con otros tratamientos.
5. Este enfoque integral permitirá obtener una comprensión detallada del rendimiento del floculante Matfloc en procesos de sedimentación, contribuyendo a optimizar su uso en aplicaciones industriales relacionadas con el tratamiento de aguas residuales o relaves mineros.

[https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6019/mod\\_resource/content/1/Tema\\_06\\_COAGULACION\\_Y\\_FLOCULACION.pdf](https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6019/mod_resource/content/1/Tema_06_COAGULACION_Y_FLOCULACION.pdf)

### **3.9. Tratamiento estadístico**

Para el tratamiento estadístico de los datos obtenidos en pruebas de sedimentación con el floculante Matfloc, se pueden aplicar diversas técnicas que permitan analizar y validar los resultados de manera efectiva. Describimos las principales técnicas de análisis estadístico que se pueden utilizar en este contexto.

#### **3.9.1. Técnicas de Tratamiento Estadístico**

##### **1. Análisis Descriptivo**

- Estadística Básica: Calcular medidas de tendencia central (media, mediana) y medidas de dispersión (desviación estándar, rango) para resumir los datos recolectados sobre la velocidad de sedimentación y la turbidez.
- Visualización Gráfica: Utilizar histogramas, diagramas de caja y gráficos de dispersión para explorar la distribución de los datos y detectar posibles anomalías.

##### **2. Regresión Lineal**

- Utilizar análisis de regresión para modelar la relación entre la dosis del floculante y la velocidad de sedimentación. Esto ayuda

a predecir cómo cambios en la dosis afectan el rendimiento del floculante.

### **3.9.2. Procedimiento General**

1. Recolección y Preparación de Datos: Recopilar todos los datos experimentales obtenidos durante las pruebas, asegurándose de que estén organizados adecuadamente para el análisis.
2. Aplicar Análisis Descriptivo: Realizar un análisis inicial para comprender las características básicas del conjunto de datos.

Este enfoque sistemático permitirá obtener conclusiones válidas sobre el rendimiento del floculante Matfloc, contribuyendo a optimizar su uso en aplicaciones industriales relacionadas con la sedimentación y tratamiento de aguas residuales o relaves mineros.

<https://www.redalyc.org/pdf/4277/427739443010.pdf>

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

La orientación ética en la realización de pruebas de sedimentación con el floculante Matfloc es fundamental para asegurar que el proceso se lleve a cabo de manera responsable y sostenible. Presentamos los principios éticos que deben considerarse en este tipo de investigación.

#### **Principios Éticos**

1. Transparencia
  - Divulgación de Métodos y Resultados: Es esencial que los métodos utilizados en las pruebas de sedimentación sean claramente documentados y accesibles. Esto incluye la descripción de las concentraciones de floculante utilizadas, los procedimientos

experimentales y los resultados obtenidos. La transparencia fomenta la reproducibilidad y la confianza en los resultados.

## 2. Responsabilidad Ambiental

- Impacto Ecológico: Se debe evaluar el impacto ambiental del uso del floculante Matfloc, considerando su biodegradabilidad y efectos potenciales en ecosistemas acuáticos. Es importante minimizar cualquier daño ambiental asociado con el tratamiento de relaves y asegurar que los residuos generados sean gestionados adecuadamente.

## 3. Seguridad

- Manipulación Segura de Químicos: Los investigadores deben seguir protocolos de seguridad al manejar floculantes y otros productos químicos, asegurando que se utilicen equipos de protección personal (EPP) adecuados y que se sigan las normativas de seguridad química.

## 4. Integridad Científica

- Evitar Manipulación de Datos: Es crucial mantener la integridad en la recolección y análisis de datos, evitando cualquier forma de manipulación o sesgo que pueda alterar los resultados. Esto incluye reportar resultados negativos o inesperados.

## 5. Colaboración y Respeto

- Trabajo en Equipo: Fomentar un ambiente colaborativo entre investigadores, técnicos y otros interesados en el proceso puede enriquecer la investigación. Además, es importante respetar las contribuciones y derechos de todos los involucrados.

## 6. Consideraciones Sociales

- Beneficio a la Comunidad: Evaluar cómo los resultados de las pruebas pueden beneficiar a la comunidad local, especialmente si se trata de una planta concentradora ubicada en áreas donde las comunidades dependen del agua tratada para sus actividades diarias.

### **Implementación Práctica**

1. Evaluación Inicial: Antes de comenzar las pruebas, realizar una evaluación del impacto ambiental potencial del floculante Matfloc.
2. Capacitación del Personal: Asegurar que todo el personal involucrado esté capacitado en prácticas seguras y éticas.
3. Documentación Detallada: Mantener registros detallados de todos los procedimientos, resultados y análisis para garantizar la transparencia.
4. Revisión por Pares: Considerar la revisión por pares o la consulta con expertos externos para validar los métodos y resultados obtenidos.

Al aplicar estos principios éticos, se puede llevar a cabo una investigación rigurosa y responsable sobre el uso del floculante Matfloc en pruebas de sedimentación, contribuyendo no solo al avance del conocimiento científico, sino también al bienestar ambiental y social.

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_1f37cc01525aa239cf2b30be6fa1bfa8](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_1f37cc01525aa239cf2b30be6fa1bfa8)

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

Sociedad Minera El Brocal es una empresa minera polimetálica, que se dedica a la extracción, concentración y comercialización de minerales de plata, plomo, zinc y cobre. La unidad minera está ubicada en Colquijirca y en la planta concentradora de Huaracaca, en el distrito de Tinyahuarco, provincia, departamento y región de Pasco. El giro de negocio corresponde a la clase 0729, de acuerdo con la clasificación industrial internacional uniforme, establecida por las Naciones Unidas; es una empresa de mediana minería y se rige por la Ley General de Minería. Trabajan en dos minas: Tajo Norte, operación a tajo abierto que extrae minerales de plata, plomo, zinc y cobre; y Marcapunta, mina subterránea de minerales de cobre. Procesan el mineral extraído en dos plantas concentradoras, con capacidad instalada de tratamiento de 18,000 TM por día. Las operaciones se desarrollan en concesiones mineras de la empresa, agrupadas en las unidades económicas administrativas denominadas: Colquijirca N° 1 y N° 2; mientras que las actividades metalúrgicas se llevan adelante en la concesión

Hacienda de Beneficio Huaraucaca. Además de esto cuentan con concesiones mineras adicionales, también en el distrito de Tinyahuarco, Pasco. (Memoria anual de Sociedad Mineral El Brocal – 2022).

Al realizar nuestras prácticas preprofesionales se nos ha presentado el reto de realizar pruebas de laboratorio con los concentrados de zinc, cobre y plomo con la finalidad de encontrar los parámetros para una correcta operación del sistema de espesadores. Con la finalidad de realizar mejoras operacionales y de equipamiento.

Actualmente la planta cuenta con 4 espesadores para el manejo de concentrados, 1 espesador de 25 m de diámetro para el Zn, 1 espesador de 18 m de diámetro para el Cu y 2 espesadores de 12 m y 11.6 m para el Pb, de los cuales sólo el espesador de Zn es de fondo cónico. De la visita a Planta se destaca:

- Tanques de los Espesadores de Cu y Pb con Fondo Plano.
- Alta generación de sólidos suspendidos en el overflow.
- Uso de agua para el control de espumas.
- Disminución en su capacidad de trabajo debido a que no se utiliza floculantes continuamente y no tiene una adecuada preparación y dosificación.
- Diseño no adecuado de los cajones distribuidores.
- Feedwell actuales no tienen sistema de autodilución y se observan reboces de pulpa durante la operación.

#### **4.1.1. Especificación Técnica Sistema de Dosificación de floculantes**

##### **Condiciones de servicio y Parámetros de diseño:**

Caudal máximo posible a suministrar: 1000 (l/h)

##### **Alcance de suministro:**

**Equipo SDM de la serie POLYPACK® APX-1000-TTSS**

El conjunto comprende los siguientes elementos:

1 depósito en AISI 304 L, con capacidad útil 1000 L, formado por:

3 compartimentos cerrados con tapas abisagradas (preparación, maduración y trasiego)

3 válvulas de vaciado con colector y rebosadero

1 conjunto "Llegada de agua" que incluye:

1 válvula reductora de presión con un manómetro y un presostato

1 válvula de regulación manual

1 electroválvula

1 filtro en "Y"

1 caudalímetro

1 dispersador abierto en continuo anti-obturable (rampa sin salpicaduras ni obstrucciones)

1 toma aspiración bomba en compartimento trasiego

1 sensor de nivel ultrasónico

1 dosificador de Polielectrolito en Polvo

3 agitadores mecánicos

1 panel de control y potencia

**Opcionales disponibles:**

Grupo post-dilución

Sistema calefactor

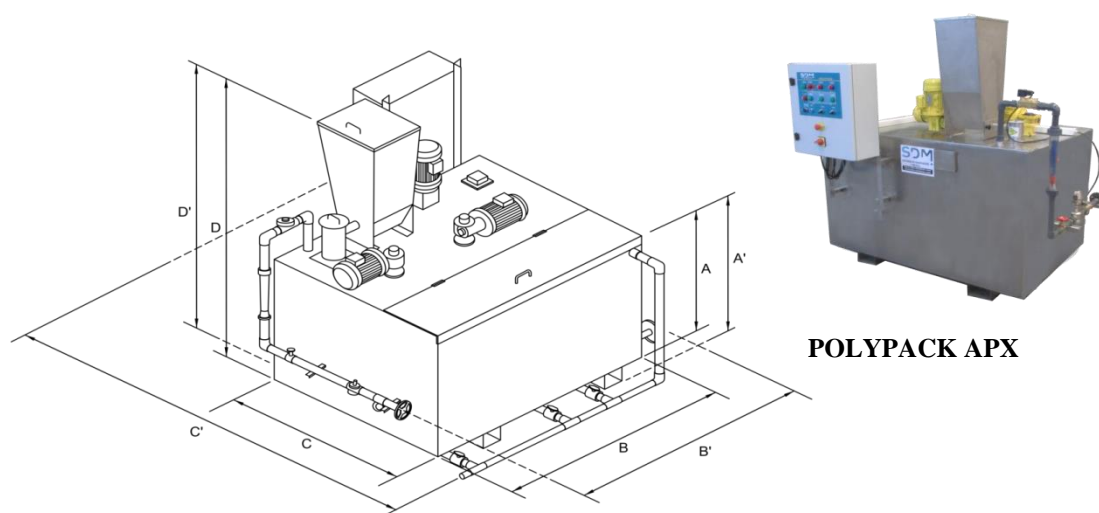
1 interruptor nivel mínimo (Tolva)

**Descripción de los componentes:**



Agitador 1er compartimento	Dosificador de Polielectrolito en Polvo
Agitador 2º y 3º compartimento	Panel de control y potencia con un manómetro y un presostato
Dosificador de Polielectrolito en Polvo	Válvula de regulación manual
	Electroválvula
	Filtro en "Y"
	Caudalímetro
	Dispersador abierto en continuo antiobturable
Toma aspiración bomba en compartimento trasiego	2º Agitador: AISI 316L; 3º
Sensor de nivel ultrasónico	Agitador: AISI 316L. De diseño optimizado para preparación de floculante
Grupo postdilución	Tornillo N° 4, Motoreductor 0,4j Kw 230/400 V -III- 50Hz-IP55- Cámara del dosificador con tolva integrada de alimentación con tapa, con capacidad de 100 L (AISI 304L).
Sistema calefactor	DPS 320-4 (e-fluido ®)
(Dosificador)	Regulación del caudal de dosificación mediante un autómata programable con display situado en el interior del armario que garantiza la máxima precisión en la concentración de preparación de polielectrolito, con funcionamiento temporizado
Bombas extracción	Modular y configurable según normativa seguridad CEE, incluyendo cableado mediante tubo flexible a todos los elementos eléctricos y motores
Sistema de Aspiración de Polvo	Modular y configurable según normativa seguridad CEE, incluyendo cableado mediante tubo flexible a todos los elementos eléctricos y motores
Motorreductor 0.99 Kw, 230/400 V -III-50Hz-IP55 , longitud de eje	AH-VCR0M00EL10B
SDM Modelo: VR4B-020/075/E0.37- 750 mm, 2 Hélices de Alta Eficiencia diámetro 200 mm en AISI 316L	Para dosificador de polvo + 3 agitadores Diámetro ¾ " en PVC-U, con colector y rebosadero Diámetro ¾ ", en aleación según norma UNE EN 12165, Manómetro con rango 0-16 en INOX y presostato para el control adicional de entrada de agua. Sistema de detección de nivel con protección anticondensación integrada y de fácil calibración
De diseño 028/A00 optimizado	AH-VRP4S74NL10M Diámetro ¾ ", en aleación según norma UNE EN 121650

**Gráfico 2** Esquema orientativo de la preparación del floculante



Dimensiones en mm

<b>A</b>	<b>940</b>	<b>A'</b>	<b>1060</b>
<b>B</b>	<b>1500</b>	<b>B'</b>	<b>2000</b>
<b>C</b>	<b>1000</b>	<b>C'</b>	<b>1800</b>
<b>D</b>	<b>1690</b>	<b>D'</b>	<b>1850</b>

**Nota:** Elaborado por los tesistas

### **Panel de control y mando SDM**

Para dosificador de polvo + 3 agitadores

Envolvente: Armario metálico mural, grado de protección IP66. La entrada y salida de cables se realiza mediante prensaestopas

- Controlador programable
- Fuente alimentación 24 Vdc
- Elementos protección:
  - o Interruptores magnetotérmicos para protección de motores
  - o Interruptores magnetotérmicos en circuito de control 24 Vdc
- Elementos maniobra:
  - o Relés 24 Vdc (marcha/paro, fallo general, habilitación bomba externa)
  - o Contactores 24 Vdc (dosificador y agitadores)
- Elementos en puerta:
  - o Pantalla de texto
  - o Interruptor seccionador
  - o Pulsador de paro de emergencia enclavable
  - o Selector luminoso tres posiciones (Manual-0-Auto)
  - o Selector verde luminoso por agitador (Marcha agitador)
  - o Pulsador rasante negro (Reset)
  - o Pilotos verdes (Marcha dosificador, electroválvula abierta)

- Piloto rojo (Alarma general) - Bornero para interconexión de elementos
- Señales disponibles en bornero:
  - Entradas
  - Salidas

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

La planta concentradora de la Sociedad Minera El Brocal cuenta con su laboratorio de química y metalúrgica.

### 4.2.1. Preparación de reactivos

El área de Reactivos es la encargada de informar la correcta preparación y la dosificación del floculante a cada una de los espesadores a las condiciones que se tiene actualmente y los posibles cambios que se pueda hacer.

- Tipo de Floculante : Magnafloc 338
- Puntos de Dosificación : Espesadores de Concentrados

### 4.2.2. Dosificación y Concentración

Según lo sugerido por la superintendencia y las pruebas realizadas en el laboratorio metalúrgico se muestra los siguientes datos:

**Tabla 1** Concentración y dosificación del floculante

Descripción	Conc. Floculante	Ton Promedio	Dosificación	
	%	t/día	g/t	litros/ min
Espesador Cu 60 x 10	0,05	490	15	10,2
Espesador 1 Pb 40 x 10	0,05	90	20	2,5
Espesador 2 Pb 40 x 10	0,05	20	10	0,3
Espesador Zn 80 x 40	0,05	340	15	7,1

**Nota: Elaborado por los tesisistas**

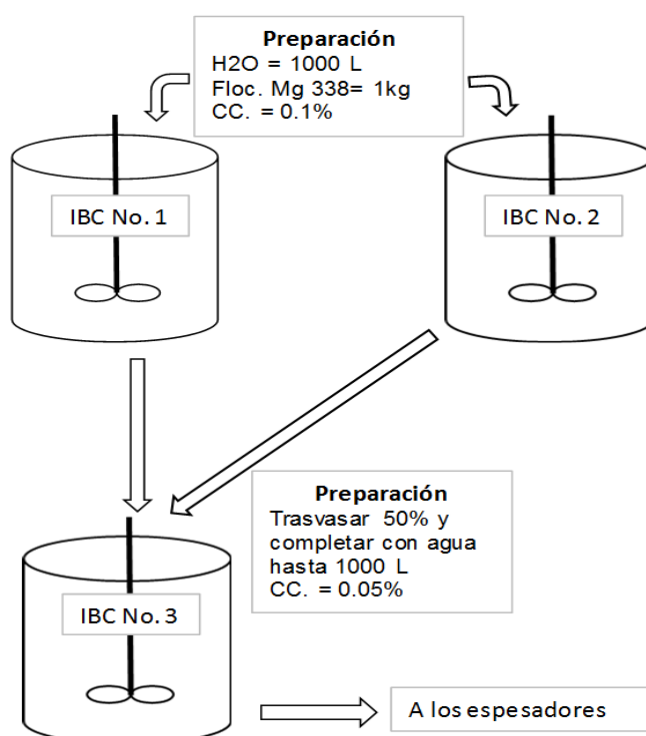
La concentración de 0,05% del polímero mejora la dispersión y la mezcla polímero – pulpa

#### 4.2.3. Preparación del Floculante

Actualmente se cuenta con tres tanques de preparación de polímeros (IBC) de los cuales dos son destinados para la preparación del polímero (mezcla del polímero y el agua) y 1 para la dosificación a los espesadores Pb y Cu; adicionalmente en el espesador de Zn cuenta con su propio tanque de preparación/dosificación (1,6 m<sup>3</sup>).

Para la dosificación de floculante en los espesadores de Pb y Cu se recomienda en los tanques de preparación se mezcle 1 kg de floculante y 1000 litros de agua de tal manera que la concentración pueda ser 0,1 %, al trasvasar al tanque N° 3, solamente se trasvase el 50 % y se complete con agua para llegar a una concentración de 0,05 %.

*Gráfico 3 Preparación de floculantes*



**Nota:** Elaborado por los tesisas

Para la dosificación de floculante en el espesador de Zn se tendría que contar con un tanque más, el que se cuenta actualmente funciona como tanque de preparación y de dosificación el cual deja de dosificar al momento que se prepara (aproximadamente 2 horas).

La preparación del polímero debe ser 1,5 kg de floculante en 1500 litros de agua, se tendría una concentración de 0,1%, luego se trasvasaría al segundo tanque (por implementar) 50 % y se completaría con agua para tener una concentración de 0,05 %.

### 4.3. Prueba de hipótesis

#### 4.3.1. Pruebas de floculación con diferentes Matfloc

**Tabla 2: Características físicas y químicas de la pulpa**

*Tabla 2 Características físicas y químicas de la pulpa*

Parámetros	Planta N°1 (Cu)	Planta N°2 (Pb)	Ponderado de la pulpa nueva
Caudal (m <sup>3</sup> /h):	610	580	1190
Gravedad específica de sólidos (g/cm <sup>3</sup> ):	3,50	2,90	3,32
Densidad inicial de la pulpa (g/l):	1246,83	1080,67	1163,75
% Sólidos:	27,70%	11,40%	20,14%
pH:	10,86	10,20	10,56

**Nota: Elaborado por los tesisistas**

#### **Concentración ideal de los sólidos:**

De los resultados obtenidos de las pruebas de dilución de pulpa se recomienda trabajar en el rango de 10 a 12 % la concentración de sólidos, a fin de que el floculante tenga mejor performance y mejorar la velocidad de sedimentación, compactación de lodos y turbidez de la solución clarificada.

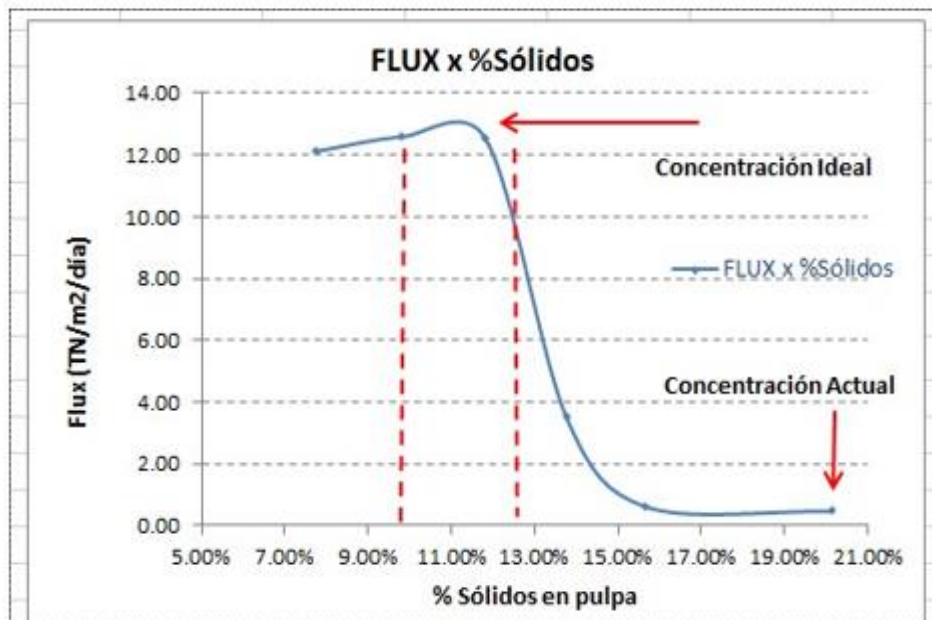
**Tabla 3: Valores de porcentaje de sólidos de la pulpa vs. FLUX (TN/m<sup>2</sup>/día) para determinar la concentración ideal de los sólidos.**

*Tabla 3 Valores de porcentaje de sólidos de la pulpa vs. FLUX (TN/m<sup>2</sup>/día) para determinar la concentración ideal de los sólidos.*

Densidad pulpa (g/t)	% Sólidos	Velocidad (m/h)	Turbidez 10' (NTU)	FLUX (TN/m <sup>2</sup> /día)
1163,8	20,14	0,086	47,3	0,48
1122,8	15,65	0,152	56,8	0,64
1106,4	13,77	0,960	66,7	3,51
1090,1	11,82	4,050	76,6	12,53
1073,7	9,82	4,985	94,3	12,61
1057,3	7,76	6,171	103,4	12,15

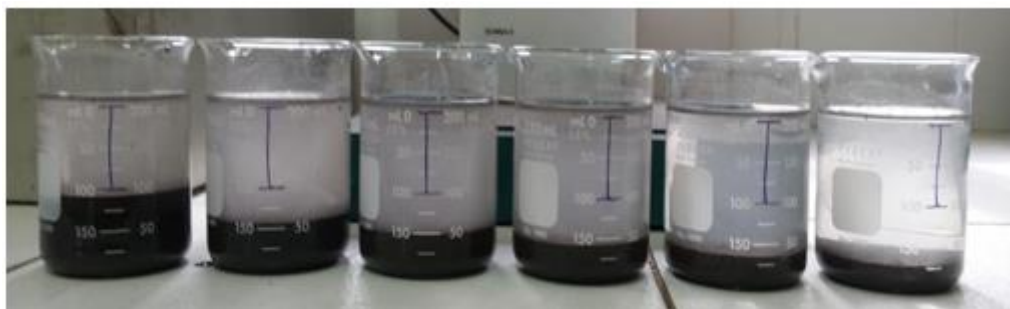
**Nota: Elaborado por los tesisistas**

**Gráfico 4** Curva de sedimentación de Flux versus % Sólidos



**Nota: Elaborado por los tesisistas**

**Gráfico 5** Pruebas de sedimentación en vasos de precipitación



**Nota:** Elaborado por el tesista

De las pruebas de dilución se determinó que para una mejor humectación y floculación de las partículas del concentrado de plomo se recomienda trabajar en el rango de 10 a 12 % de sólidos. Para efecto de evaluación de los floculantes “Matfloc” y para las pruebas comparativas de test en probetas se diluyó la pulpa a 11% de sólidos.

**Pruebas de Test de jarras – Determinación del floculante “Matfloc” para el proceso:**

**Tabla 4** Valores de velocidad de sedimentación y turbidez con distintos floculantes de la línea “Matfloc”

Floculante Matfloc	Tiempo (min)	Velocidad (m/h)	Turbidez 10'(NTU)	Compactación de lodos
MG-338	0,22	14,95	81,0	Buena
SR-N-300	0,20	16,20	66,8	Buena
MT-6208	0,28	11,44	82,9	Buena
AS-12	0,23	13,89	112,0	Regular
AS-13	0,27	12,15	74,3	Regular
AS-22	0,33	9,72	77,7	Mala
AS-23	0,27	12,15	54,1	Mala
AS-27	0,35	9,26	75,5	Mala

**Fuente:** Elaborado por los tesistas

Después de efectuar el screening con distintos floculantes de la línea “Matfloc” se determinó que los polímeros Matfloc MG-338 y Matfloc SR-N-300 y MT-6208, tienen buena performance en términos de velocidad de sedimentación, compactación de lodos en el Underflow y

turbidez del Overflow. Los floculantes mencionados fueron seleccionados para ser evaluados en test de probetas para determinar los parámetros de sedimentación del relave de flotación.

### Pruebas de Test en probetas – Determinación de los parámetros de sedimentación

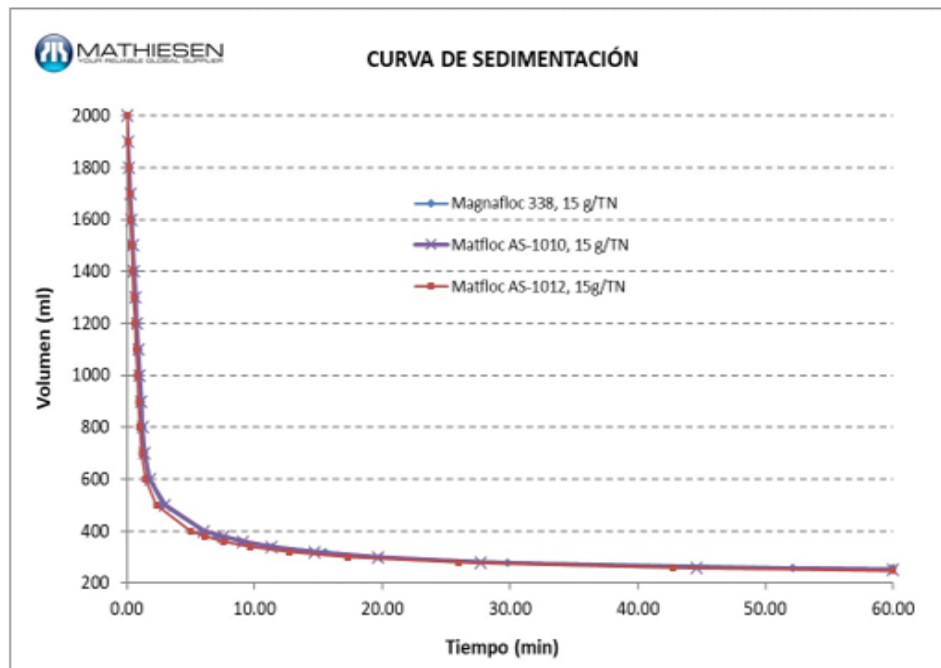
**Tabla 5** Valores comparativos de tiempo y volumen para determinar la curva de sedimentación con los floculantes Matfloc MG-338 y Matfloc SR-N-300 y MT-6208.

Volumen pulpa	Tiempo (min)		
	Magnafloc MG-338	Matfloc SR-N-300	Matfloc MT-6208
2000	0,00	0,00	0,00
1900	0,10	0,08	0,08
1800	0,20	0,17	0,13
1700	0,28	0,27	0,20
1600	0,38	0,37	0,28
1500	0,48	0,47	0,35
1400	0,58	0,57	0,43
1300	0,68	0,68	0,52
1200	0,78	0,77	0,62
1100	0,90	0,90	0,72
1000	1,00	1,00	0,82
900	1,12	1,12	0,92
800	1,23	1,20	1,02
700	1,38	1,40	1,15
600	1,75	1,80	1,43
500	2,80	2,97	2,32
400	5,90	6,05	5,00
380	7,05	7,53	6,12
360	8,95	9,12	7,55
340	11,37	11,30	9,63
320	15,53	14,67	12,75
300	19,87	19,67	17,33
280	29,83	27,72	26,00
260	52,13	44,58	42,78
258	60,00	---	---
253	---	60,00	---
248	---	---	60,00
%S (U/F), 60´	52,7%	53,3%	54,0%
Turbidez (NTU), 60´	207	136	215

**Nota:** Elaborado por los tesisistas



**Gráfico 6** Curva de sedimentación de Volumen versus tiempo



**Nota:** Elaborado por los tesistas

**Gráfico 7** Pruebas de sedimentación en probetas



**Nota:** Elaborado por los tesistas

#### 4.3.2. Concentrado de plomo:

##### Características físicas y químicas de la pulpa:

**Tabla 6** Valores físicos y químicos de los sólidos del concentrado de plomo

Parámetros	Concentrado de plomo
Gravedad específica de sólidos (g/cm <sup>3</sup> ):	4,95
Densidad inicial de la pulpa (g/l):	1165,11
% Sólidos:	17,76%
pH:	7,91

**Nota:** Elaborado por los tesisistas

##### Pruebas de Test de jarras – Determinación del floculante “Matfloc” para el proceso:

**Tabla 7** Valores de velocidad de sedimentación y turbidez con distintos  
floculantes de la línea “Matfloc”

Floculante “Matfloc”	Tiempo (min)	Velocidad (m/h)	Turbidez, 10' (NTU)	Compactación lodos
Matfloc MG-338	0,08	14,58	94,1	Buena
Matfloc SR-N-300	0,07	18,23	108,3	Buena
Matfloc MT-6208	<b>0,05</b>	<b>24,30</b>	<b>85,2</b>	<b>Buena</b>
Matfloc AS-22	0,18	6,63	79,3	Mala
Matfloc AS-23	0,05	24,30	92,6	Buena
Matfloc AS-27	0,28	4,29	77,8	Mala

**Nota:** Elaborado por el tesisista

**Gráfico 8 Pruebas de sedimentación en vasos de precipitado**



**Nota: Elaborado por los tesistas**

Después de efectuar el screening con distintos floculantes de la línea “Matfloc” se determinó que el polímero “Matfloc MG-338” tienen buena performance en términos de velocidad de sedimentación, compactación de lodos en el Underflow y turbidez del Overflow. El floculante en mención fue seleccionado para ser evaluado en test de probetas para determinar los parámetros de sedimentación del relave de flotación. Cabe indicar que para las pruebas en probeta se evaluó un floculante líquido “Matfloc MT-6208” para observar su performance con respecto a los floculantes en polvo.

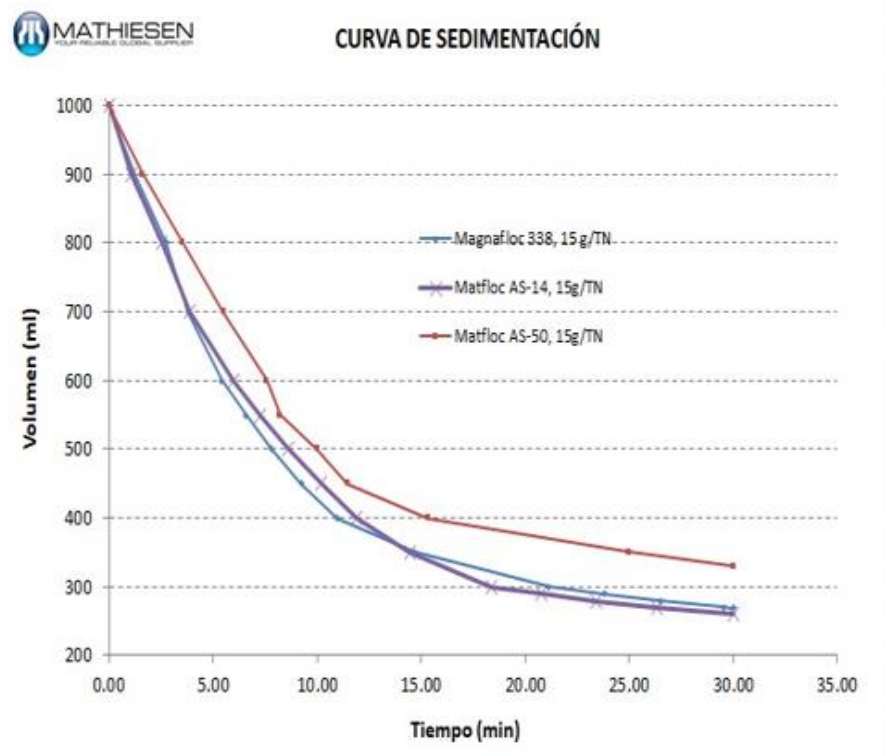
**Pruebas de Test en probetas – Determinación de los parámetros de sedimentación:**

**Tabla 8** Valores comparativos de tiempo y volumen para determinar la curva de sedimentación con los floculantes “Matfloc SR-N-300 y Matfloc MT-6208”

Volumen pulpa (ml)	Tiempo (min)		
	Magnafloc MG-338	Matfloc SR-N-300	Matfloc MT-6208
1000	0,00	0,00	0,00
900	1,20	1,05	1,62
800	2,75	2,50	3,53
700	3,78	3,88	5,50
600	5,42	6,00	7,58
550	6,57	7,25	8,20
500	7,82	8,60	9,98
450	9,25	10,18	11,47
400	10,95	11,88	15,33
350	14,67	14,47	24,98
330	---	---	30,00
300	21,13	18,37	---
290	23,83	20,78	---
280	26,50	23,42	---
270	29,55	26,32	---
269	30,00	---	---
260	---	30,00	---
%S (U/F), 30'	47,7%	48,7%	41,8%
Turbidez (NTU), 30'	92,0	72,8	11,6

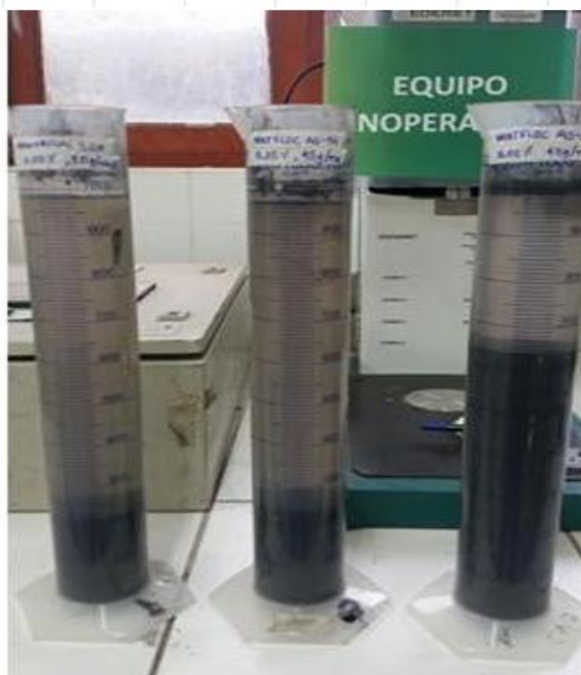
**Nota:** Elaborado por los tesisistas

**Gráfico 9** Curva de sedimentación de diferentes Matfloc



**Nota:** Elaborado por los tesistas

**Gráfico 10** Pruebas de sedimentación en probetas



**Nota:** Elaborado por los tesistas

#### **4.4. Discusión de resultados**

Las pruebas se llevaron a cabo en el Laboratorio de Metalurgia de la Sociedad Minera El Brocal, donde fuimos apoyados y supervisados por los ingenieros Ronald Quispe y Samuel Apolinario, con el suministro de muestras, acceso a instalaciones para realizar el trabajo, disponibilidad de floculantes y agua de proceso.

El objetivo de estas pruebas fue determinar la velocidad de sedimentación, realizar una comparativa entre estas velocidades con y sin floculantes; seleccionar el floculante más adecuado para operar en Planta. Con los resultados finales orientar respecto de la mejor forma de operar las diferentes líneas de producción ( Pb y otros).

Se reciben muestras de concentrado Pb con las cuales se preparan las muestras de pulpa a las concentraciones de operación actual de la planta; 22 % de sólidos para el Zn, 31 % de sólidos para el Cu y 14 % de sólidos para el Pb.

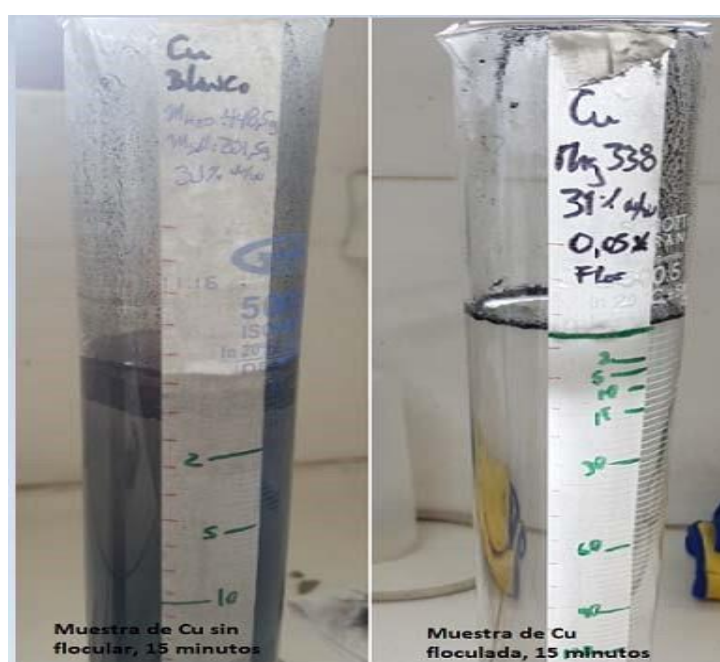
En estas pulpas se llevaron a cabo las pruebas de screening de floculante, dilución de pulpa en operación y de optimización de operación y de reactivo. El screening se realizó a los 3 tipos de floculantes con que contaba la planta (MG-338, SR-N-300 y MT6208), una vez seleccionado el floculante se continúa con las etapas siguientes.

Las muestras fueron tratadas con solución de floculantes al 0,05 % y considerando un consumo específico de 15 g/t de mineral, de acuerdo a lo informado por personal de operaciones.

En primer lugar, se realiza una prueba con pulpa sin dosificar floclulantes, de modo de poder conocer la condición normal de sedimentación de la pulpa de concentrado, siendo la base comparativa con el uso de floclulantes en pulpa.

En las imágenes siguientes se muestra parte del comportamiento de los diferentes concentrados con y sin la adición de floclulantes.

**Gráfico 11** Muestra sin floclulantes luego de 15 minutos de iniciada la prueba versus muestra con Floclulantes luego de 15 minutos de iniciada la prueba para el concentrado de Cu.



**Nota:** Elaborado por los tesisistas

**Gráfico 12** Muestra sin floculantes luego de 15 minutos de iniciada la prueba vs muestras con Floculante luego de 15 minutos de iniciada la prueba para el concentrado de Pb y diferentes consumos específicos.



**Nota:** Elaborado por los tesistas

**Gráfico 13** Muestra sin floculantes luego de 15 minutos de iniciada la prueba vs muestras con Floculante luego de 5 minutos de iniciada la prueba para el concentrado de Zn.



**Nota:** Elaborado por los tesistas



#### **4.4.1. Screening de Floculantes:**

En una primera etapa, se realiza un screening de floculantes entre los tres tipos de floculantes presentes en Planta: MG-338, SR-N-300 y MT6208.

Obteniéndose que los mejores resultados se tienen con el Floculante MG-338 para todos los concentrados obtenidos en planta. Lo anterior considerando los resultados presentados en términos de velocidad de sedimentación, menor turbidez y menor presencia de sólidos suspendidos residuales en superficie.

- **Screening de Floculantes para el Concentrado de Cu:**

Respecto de los diferentes floculantes utilizados, se puede indicar:

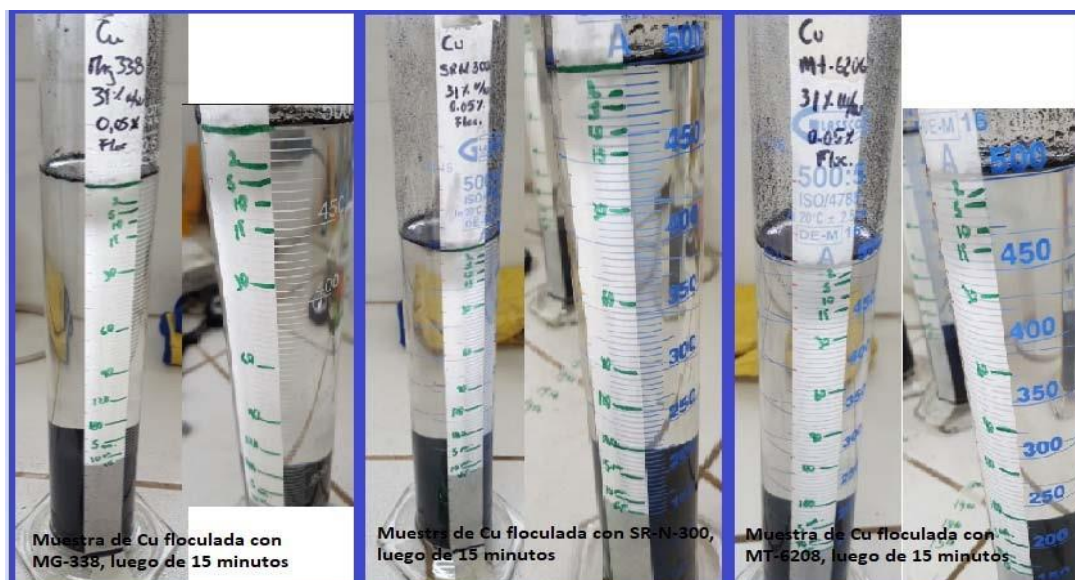
**MG-338:** Presenta una adecuada velocidad de sedimentación, el contenido de finos y/o T.S.S., se mantiene los primeros 10 minutos, descendiendo considerablemente transcurridos los 15 minutos, bajo contenido de sólidos superficiales. (T.S.S. = total de sólidos suspendidos)

**SR-N-300:** Presenta un comportamiento equivalente al MG-338 en cuanto a velocidad de sedimentación y contenido de sólidos suspendidos (T.S.S.), su clarificación es óptima luego de transcurridos 15 minutos.

**MT-6208:** Presenta buena velocidad de sedimentación, similar a anteriores, pero con mayor contenido de T.S.S. Sólido superficial residual un poco mayor.

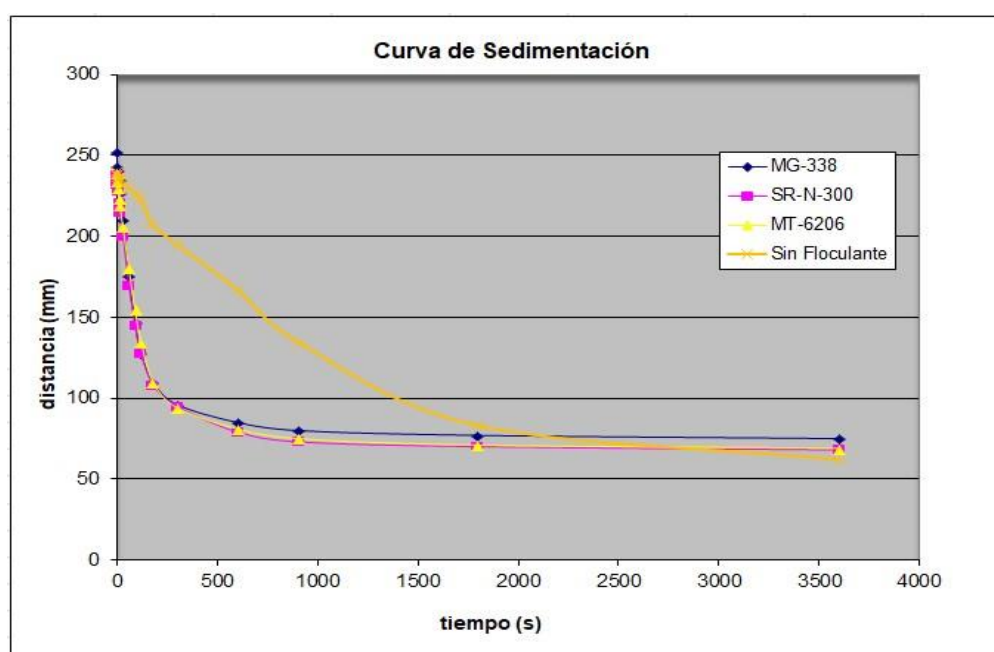
*Se determina continuar pruebas de dilución con MG-338.*

**Gráfico 14** Comparativa de sobrenadante y clarificados para los diferentes floculantes luego de 15 minutos de transcurrida la prueba



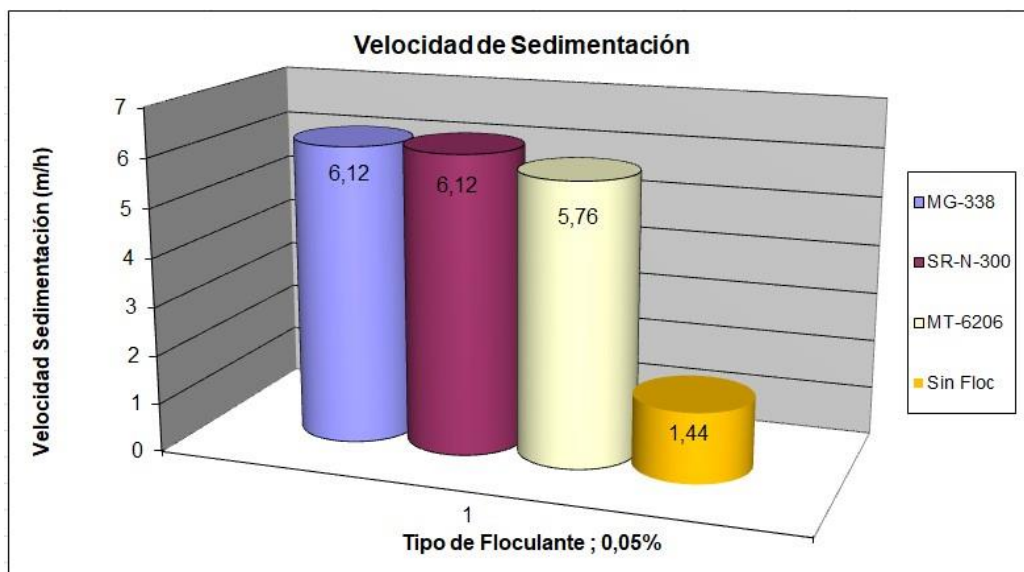
**Nota:** Elaborado por los tesistas

**Gráfico 15** Curva de sedimentación para el concentrado de Cu con diferentes tipos de polímeros.



**Nota:** Elaborado por los tesistas

**Gráfico 16** Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de floculante utilizados para el concentrado de Cu.



Nota: Elaborado por los tesistas

- **Screening de Floculantes para el Concentrado de Pb:**

Respecto de los diferentes floculantes utilizados, se puede indicar:

Inicialmente los floculantes fueron probados al consumo especificado por Planta, es decir 15 g/t, sin embargo, al realizar la primera prueba, el concentrado de plomo presenta muy baja velocidad de sedimentación, alto contenido de sólidos que dificultan ver y localizar la interfase, tendiendo a aclarar levemente luego de más de 3 minutos. Motivo por el cual se opta por aumentar el consumo específico a 30 g/t.

**MG-338:** Presenta una adecuada velocidad de sedimentación, Se aprecia material particulado flotando en el clarificado, aparentemente partículas de carbón orgánico de acuerdo a lo comentado por operaciones, buen clarificado

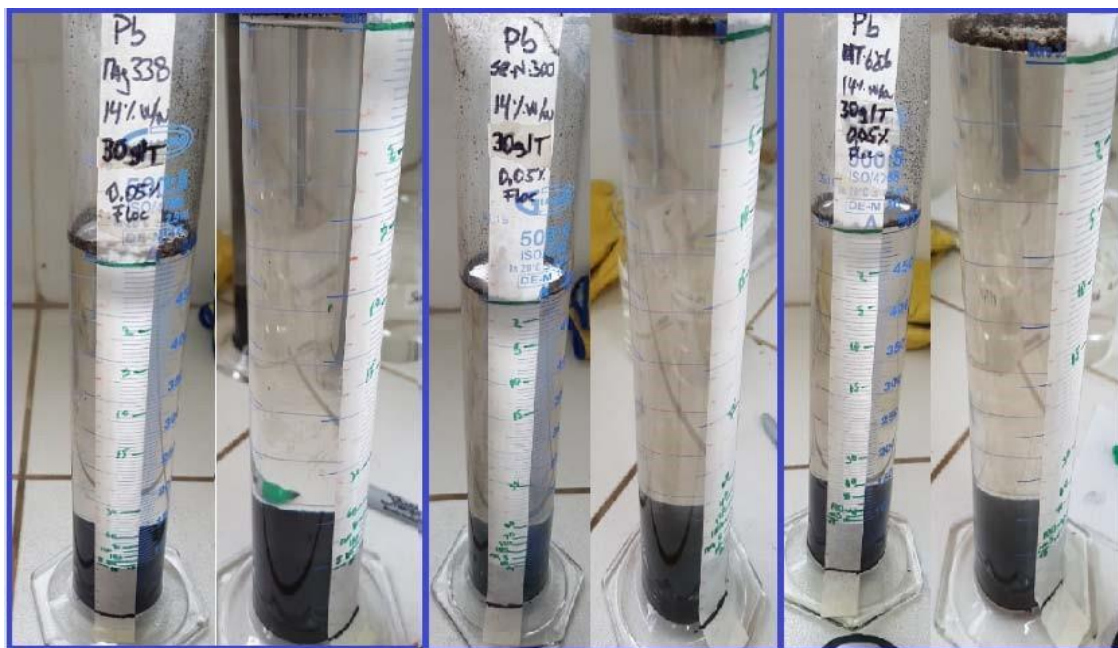
**SR-N-300:** Presenta buena velocidad de sedimentación, levemente menor al MG-338, presenta mayor contenido de T.S.S., clarifica bien luego de 15 minutos.

**MT-6208:** Presenta buena velocidad de sedimentación, superior a SR-N-300, similar en comportamiento a MG-338, solo presenta un mayor contenido de T.S.S que el MG-338.

*Se determina continuar pruebas de dilución con MG-338.*

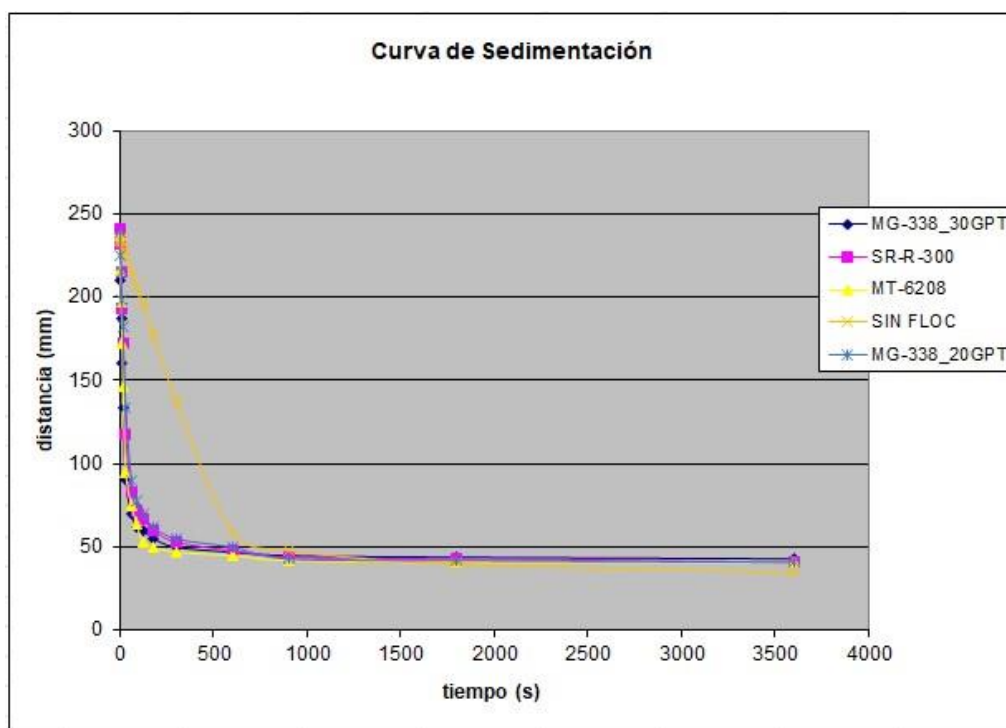
Adicionalmente se decide bajar el consumo específico de floculantes al MG-338, utilizando 20 g/t, se tiene buena velocidad de sedimentación, aunque mayor turbidez, la cual se pretende mejorar con las pruebas de Dilución y optimización del reactivo.

*Gráfico 17 Comparativa de sobrenadante y clarificados para los diferentes floculantes en el concentrado de Pb, luego de 15 minutos de transcurrida la prueba.*



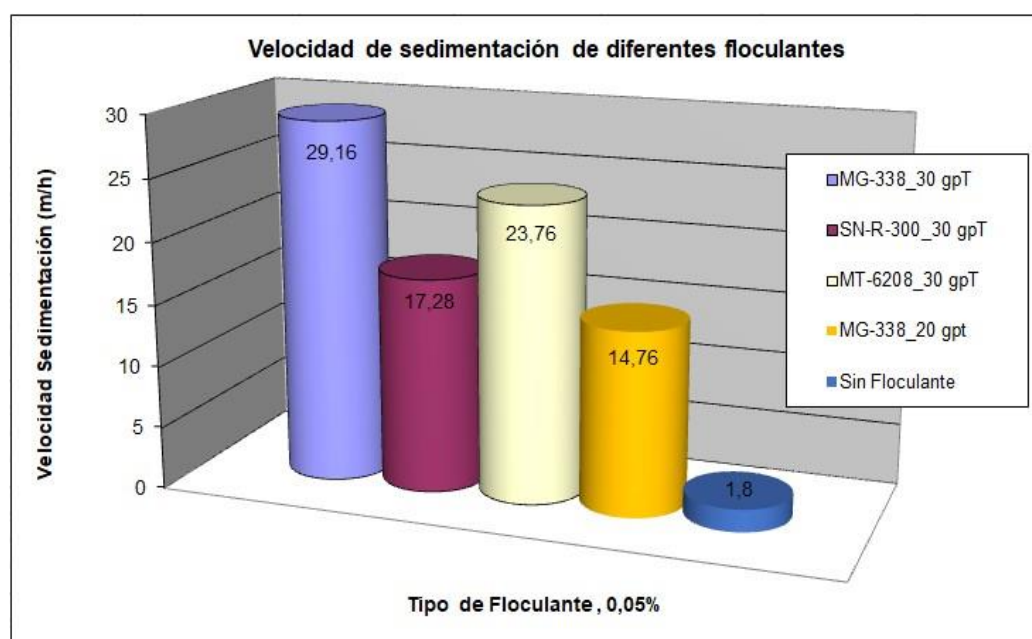
**Nota:** Elaborado por los tesisistas

**Gráfico 18** Curva de sedimentación para el concentrado de Pb con diferentes tipos de polímeros.



**Nota:** Elaborado por los tesistas.

**Gráfico 19** Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de floculante utilizados para el concentrado de Pb.



**Nota:** Elaborado por los tesistas.



- **Screening (chequeo) de Floculantes para el Concentrado de Zn:**

Respecto de los diferentes floculantes utilizados, se puede indicar:

**MG-338:** Presenta una adecuada velocidad de sedimentación, el contenido de finos y/o T.S.S., se mantiene los primeros 3 minutos, descendiendo considerablemente transcurridos los 15 minutos, bajo contenido de sólidos superficiales.

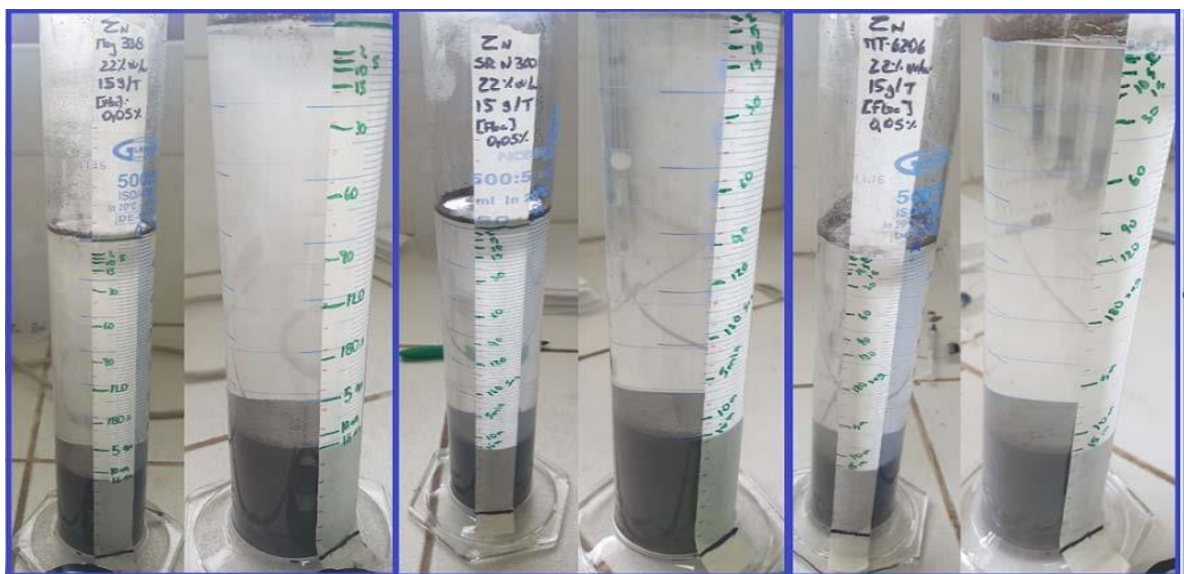
**SR-N-300:** Presenta una velocidad de sedimentación adecuada, aunque con mayor contenido de solidos suspendidos (T.S.S.), su clarificación es óptima luego de transcurridos 15 minutos., presenta comportamiento equivalente al MG-338.

**MT-6208:** Presenta velocidad de sedimentación menor, mayor contenido de T.S.S.

Solido superficial residual un poco mayor.

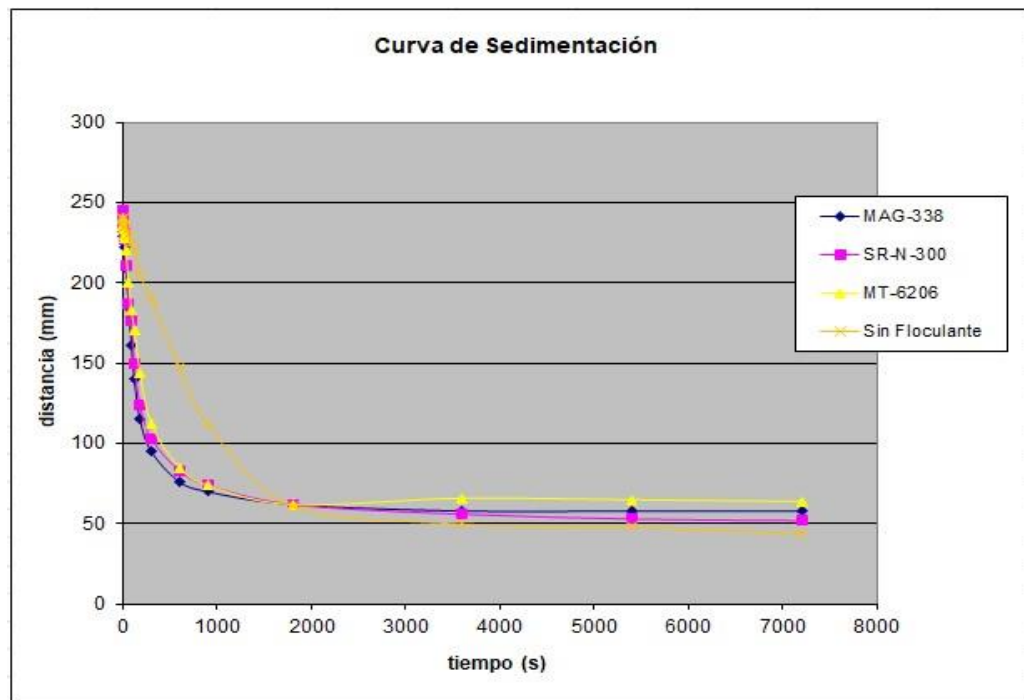
*Se determina continuar pruebas de dilución con MG-338.*

**Gráfico 20** Comparativa de sobrenadante y clarificados para los diferentes floculantes en el concentrado de Zn, luego de 5 minutos de transcurrida la prueba.



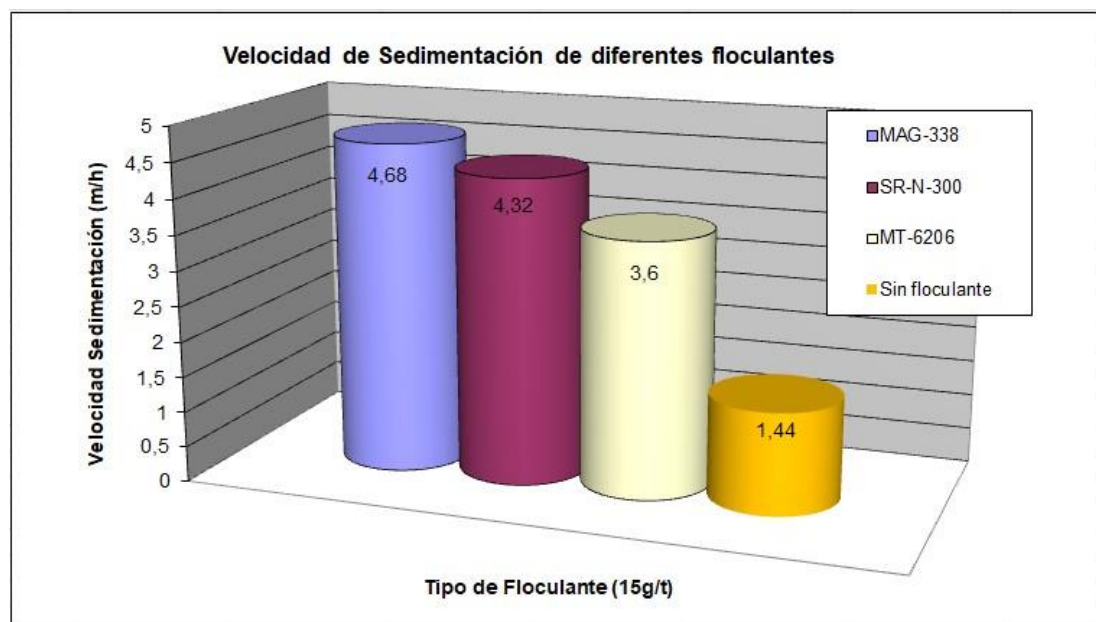
**Nota:** Elaborado por los tesisistas

**Gráfico 21** Curva de sedimentación para el concentrado de Zn con diferentes tipos de polímeros.



**Nota:** Elaborado por los tesistas

**Gráfico 22** Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de floculante utilizados para el concentrado de Zn.



**Fuente:** Elaborado por los tesistas

#### **4.4.2. Pruebas de Dilución:**

Una vez seleccionado el tipo de floculante a utilizar, se realizan pruebas de dilución de la pulpa de alimentación, con la finalidad de encontrar la óptima concentración de sólidos, que permitan una buena sedimentación y menor contenido de T.S.S., mejorando el rendimiento del floculante seleccionado.

##### **Dilución del Concentrado de Cu:**

En esta etapa se preparó la muestra de concentrado de Cu desde un 31 % de sólidos a 25 %, 20 % y 15 % de sólidos y se verificó el comportamiento de la pulpa floculada con una dosificación de 15 g/t.

Al respecto podemos señalar:

**Dilución con un 25% de sólidos – 15 g/T:** Presenta buena sedimentación, se mantiene algo de T.S.S., a los 10 minutos se muestra con buen clarificado y algo de sólido suspendido residual.

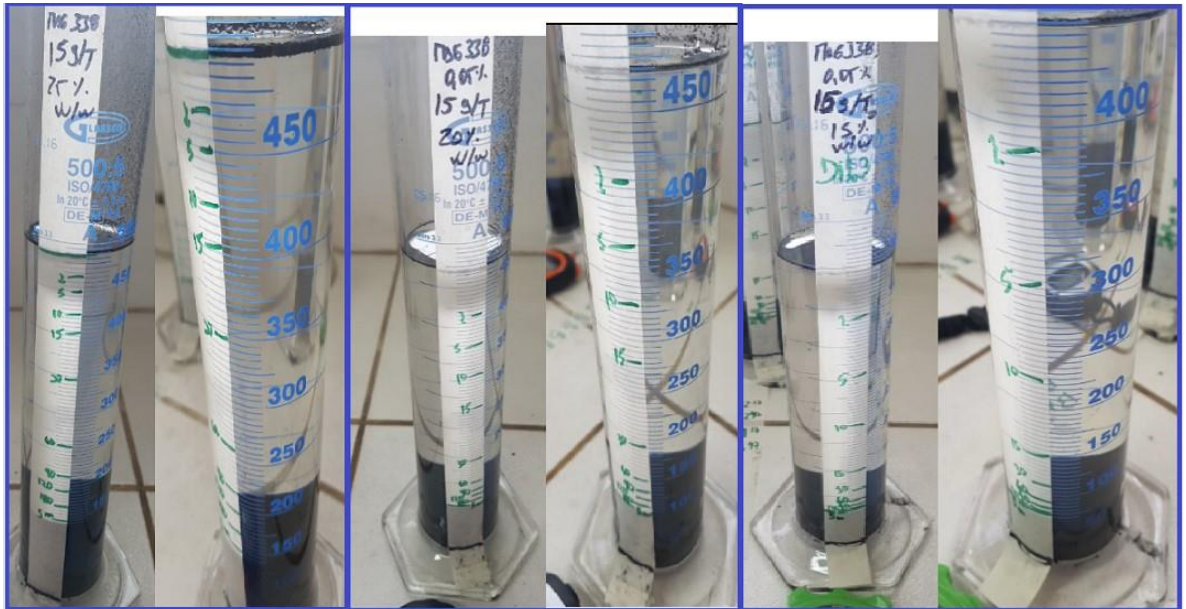
**Dilución con un 20% de sólidos – 15 g/T:** Presenta una mejor velocidad de sedimentación, con menor contenido de T.S.S., solución cristalina a partir de los 5 minutos.

**Dilución con un 15% de sólidos – 15 g/T:** Alta velocidad de sedimentación, presenta menor contenido de T.S.S. que las muestras anteriores, mejor clarificación y menor sólido suspendido residual.

**Se considera la dilución de pulpa a un 15 % de sólido como óptima para trabajar en el feedwell. (pozo de alimentación).**

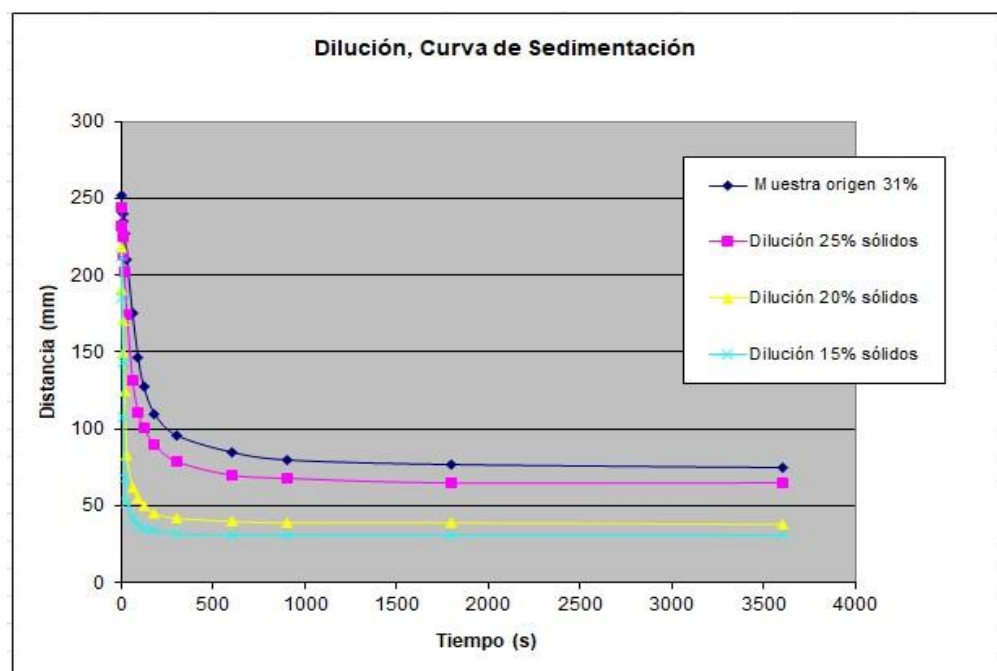


**Gráfico 23** Comparativa de entre las diferentes diluciones de pulpa y su comportamiento al mismo consumo específico de floculantes para el concentrado de Cu, luego de 5 minutos de transcurrida la prueba.



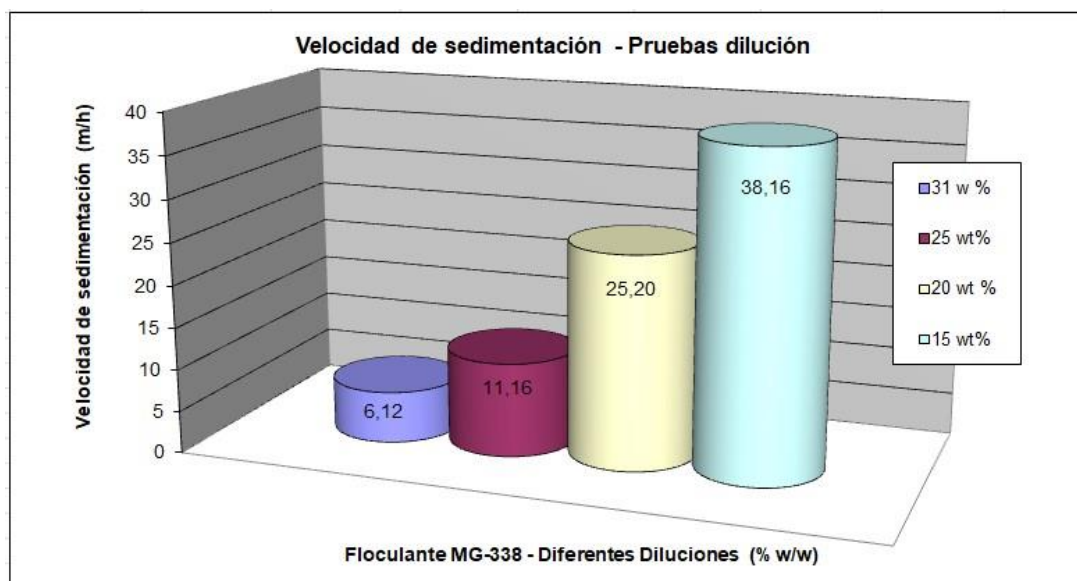
**Nota:** Elaborado por los tesistas.

**Gráfico 24** Curva de sedimentación a diferentes diluciones de la pulpa de concentrado de Cu.



**Nota:** Elaborado por los tesistas.

**Gráfico 25** *Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de dilución de pulpa de concentrado de Cu.*



**Nota:** Elaborado por los tesisistas.

#### **Dilución del Concentrado de Pb:**

En esta etapa se preparó la muestra de concentrado de Pb desde un 14 % de sólidos a 10 % y 5 % de sólidos y se verificó el comportamiento de la pulpa floculada con una dosificación de 20 g/t.

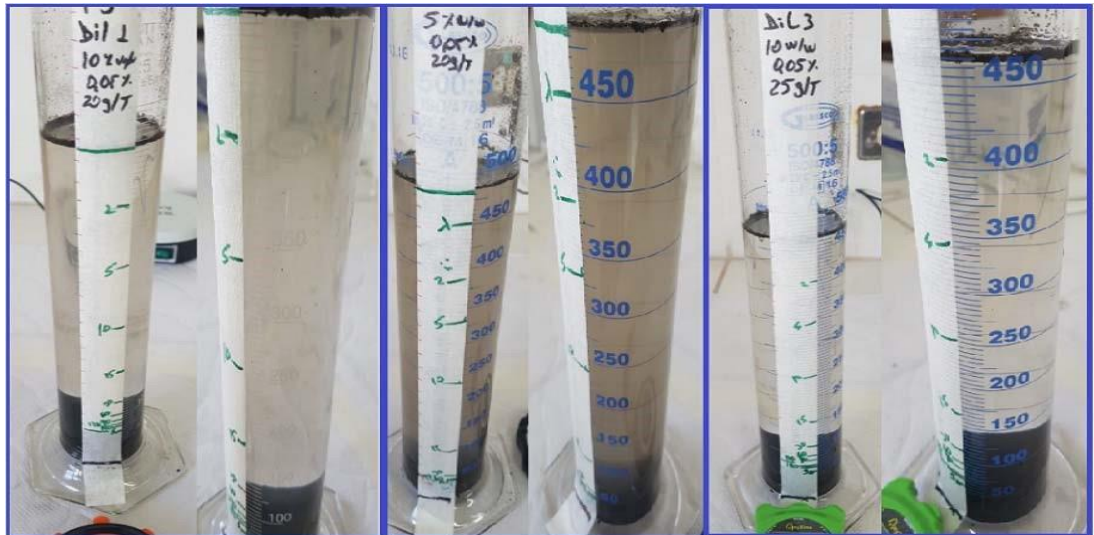
**Dilución con un 10 % de sólidos – 20 g/t:** Pulpa presenta buena velocidad de sedimentación, aunque mantiene una alta turbidez en el tiempo.

**Dilución con un 5 % de sólidos – 20 g/t:** Pulpa con buena velocidad de sedimentación del particulado más grueso, se mantiene y perdura el T.S.S., entregando una solución de alta turbidez.

**En base a las pruebas anteriores, se opta por aumentar el consumo específico de floculante a 25 g/t.**

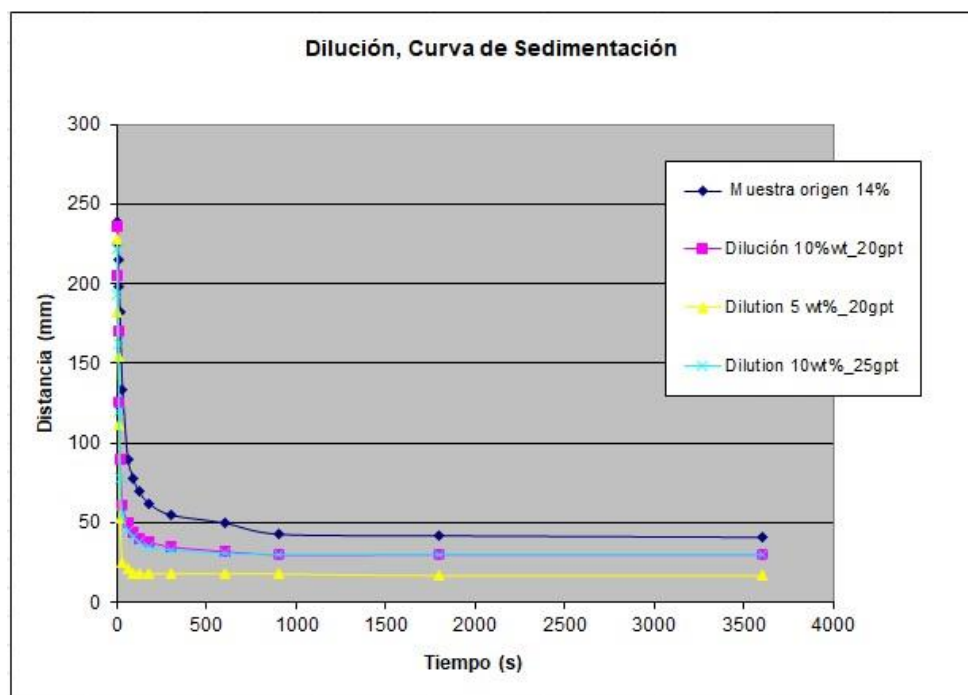
**Dilución con un 10 % de sólidos – 25 g/t:** Muestra con buena velocidad de sedimentación, se logra controlar los T.S.S. mejorando la turbidez de la solución, se opta continuar pruebas de optimización bajo estas condiciones.

**Gráfico 26** Comparativa de entre las diferentes diluciones de pulpa y su comportamiento al mismo consumo específico de floculantes para el concentrado de Cu, luego de 5 minutos de transcurrida la prueba.



**Nota:** Elaborado por los tesistas

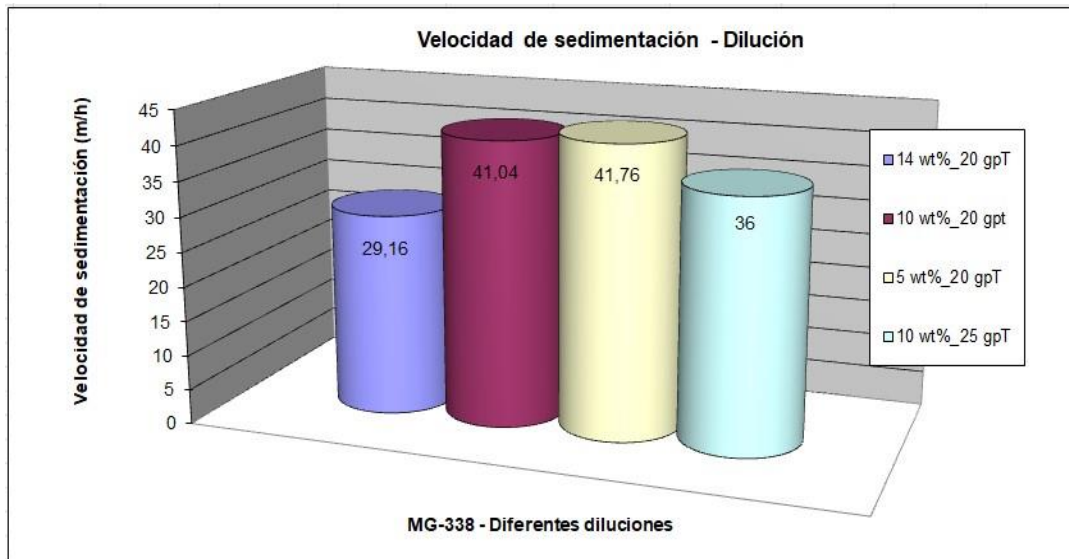
**Gráfico 27** Curva de sedimentación a diferentes diluciones de la pulpa de concentrado de Pb



**Nota:** Elaborado por los tesistas

**Gráfica 28: Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de dilución de pulpa de concentrado de Pb.**

*Gráfico 28 Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de dilución de pulpa de concentrado de Pb.*



**Nota:** Elaborado por los tesistas

- **Dilución del Concentrado de Zn:**

En esta etapa se preparó la muestra de concentrado de Zn desde un 22 % de sólidos a 15 %, 10 % y 5 % de sólidos y se verificó el comportamiento de la pulpa floculada con una dosificación de 15 g/t.

**Dilución con un 15 % de sólidos – 15 g/t:** Pulpa presenta buena velocidad de sedimentación, bajo contenido de T.S.S., buen clarificado, nivel de sólido residual en superficie bajo.

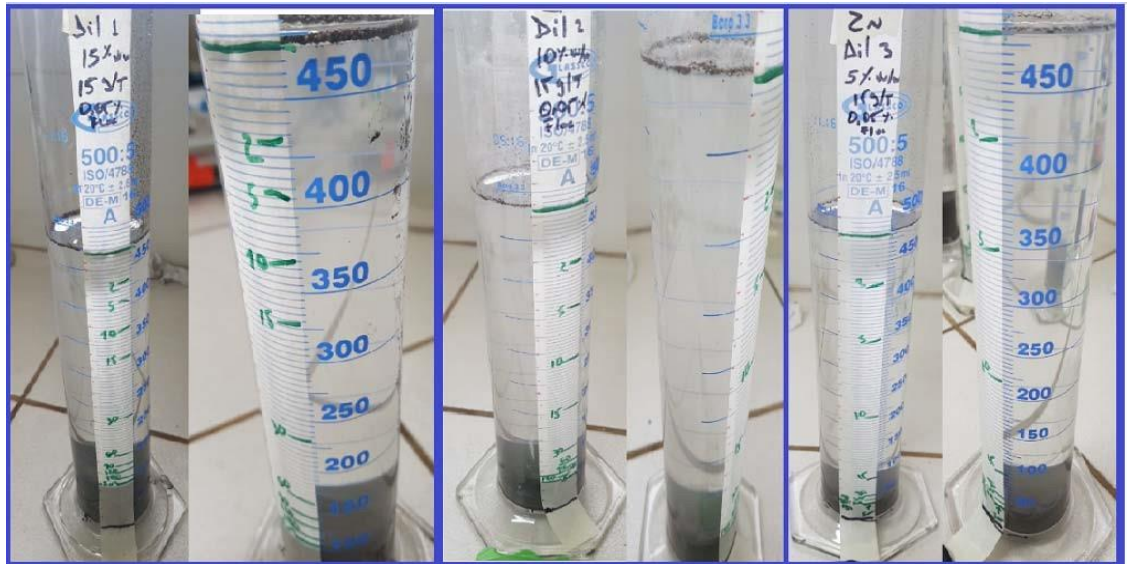
**Dilución con un 10 % de sólidos – 15 g/t:** Pulpa con buena sedimentación, bajo contenido de T.S.S., buena clarificación.

**Dilución con un 5 % de sólidos – 20 g/t:** Pulpa con una altísima velocidad de sedimentación, clarifica rápidamente, aunque quedan trazas



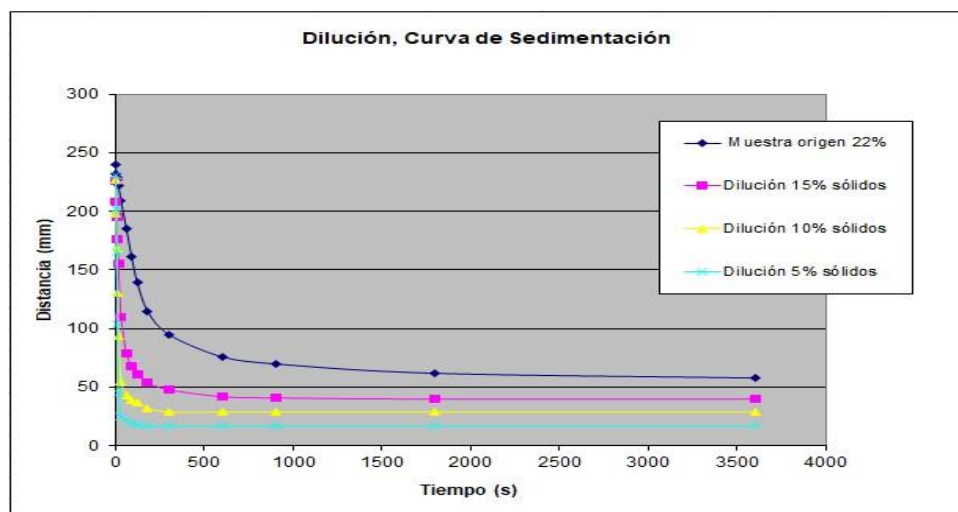
de sólidos suspendidos que se mantienen por mayor tiempo que la dilución al 10%.

**Gráfico 29** Comparativa de entre las diferentes diluciones de pulpa y su comportamiento al mismo consumo específico de floculantes para el concentrado de Zn, luego de 5 minutos de transcurrida la prueba.



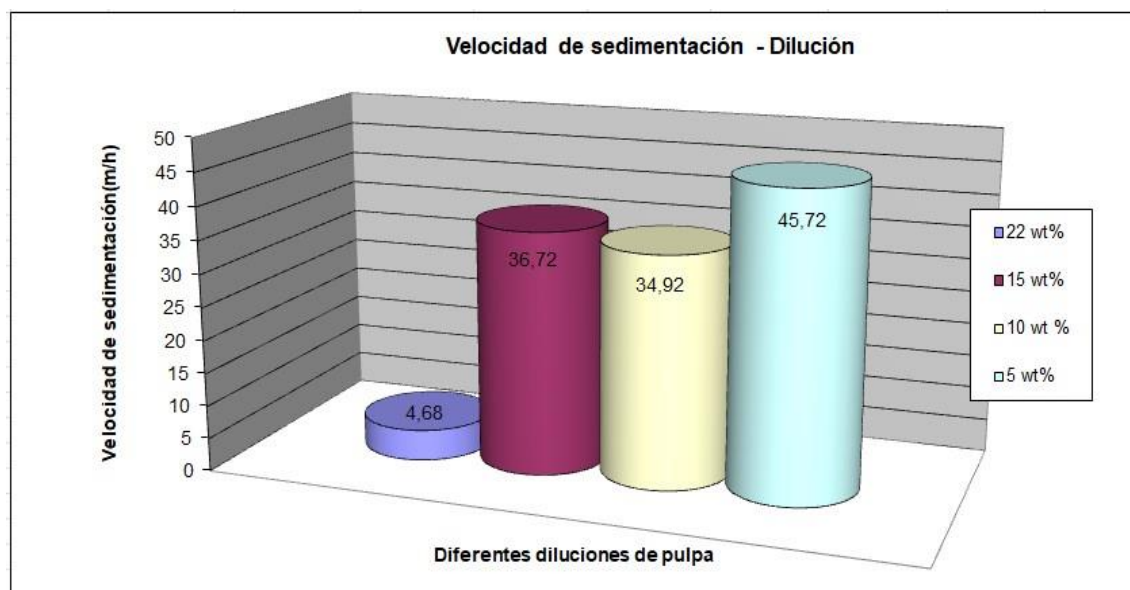
**Nota:** Elaborado por los tesistas

**Gráfico 30** Curva de sedimentación a diferentes diluciones de la pulpa de concentrado de Zn.



**Nota:** Elaborado por los tesistas

**Gráfico 31** *Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de dilución de pulpa de concentrado de Zn.*



**Nota;** Elaborado por los tesisistas

#### **4.4.3. Optimización en el consumo de floculante:**

Las muestras de pulpa diluida seleccionadas en la etapa anterior, son nuevamente trabajadas, esta vez a diferentes consumos específicos de floculantes, de manera

que de optimizar el uso del reactivo y lograr la mejor condición de operación. Con lo anterior, se obtiene un consumo específico ideal para los diferentes concentrados.

Al igual en las etapas anteriores, adicionalmente a la velocidad de Sedimentación se consideran parámetros tales como turbidez y sólidos suspendidos residuales, para validar el mejor comportamiento y sedimentación.

#### **Optimización del consumo de floculante sobre la pulpa de concentrado de Cu:**

La pulpa diluida a un 15 % de sólidos es trabajada a diferentes consumos específicos de floculante, 10 g/t y 5 g/t.

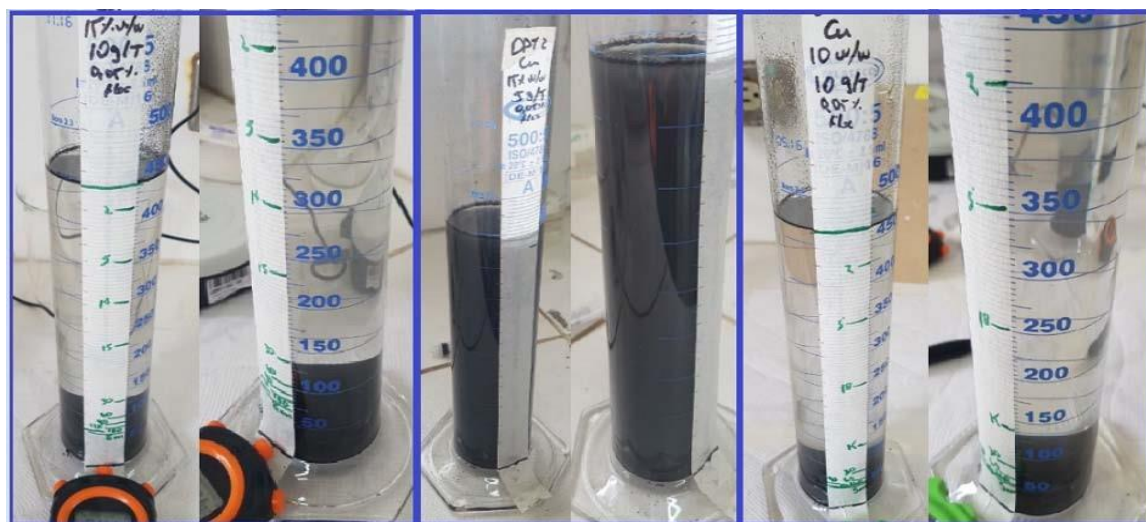
**Optimización operación, 15 % de sólidos – 10 g/t:** Presenta buena velocidad de sedimentación, bajo contenido de sólidos suspendidos y baja turbidez y sólidos residuales superficiales.

**Optimización operación, 15 % de sólidos – 5 g/t:** No presenta buenos resultados, solución se mantiene con alta turbidez y se reduce velocidad de sedimentación.

En base a estos resultados se decide realizar una prueba adicional, reduciendo el contenido de sólidos y utilizando el mismo consumo específico de floculantes que en la prueba 1.

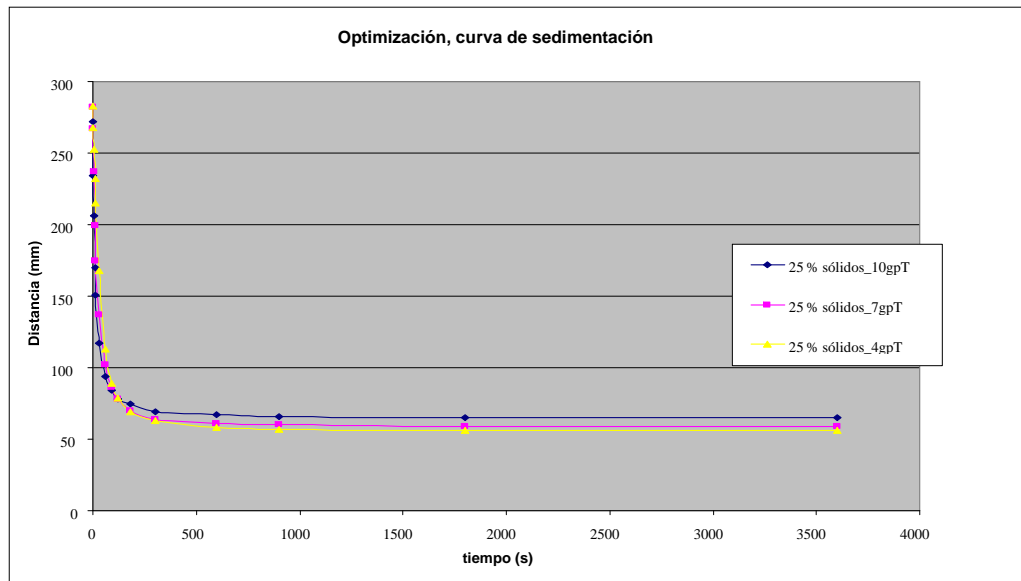
**Optimización operación, 10% de sólidos – 10 g/T:** Presenta similar desempeño que con un 15% de sólidos, buena velocidad de sedimentación y baja turbidez, menor contenido de sólidos residuales en superficie, buen clarificado.

*Gráfico 32 Comparativa entre los diferentes consumos específicos de floculante para el concentrado de Cu, luego de 5 minutos de transcurrida la prueba.*



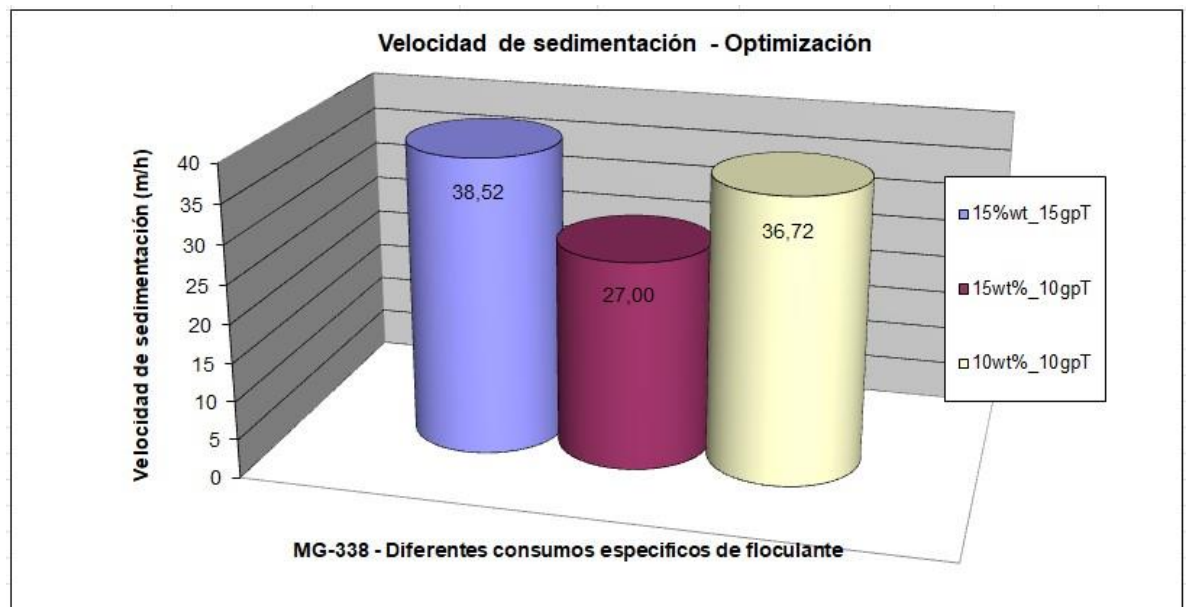
**Nota:** Elaborado por los tesisistas.

**Gráfico 33** Curva de sedimentación a diferentes consumos específicos de  
floculantes para la pulpa de concentrado de Cu.



**Nota:** Elaborado por los tesistas.

**Gráfico 34** Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de  
optimización de pulpa de concentrado de Cu.



**Nota:** Elaborado por los tesistas.



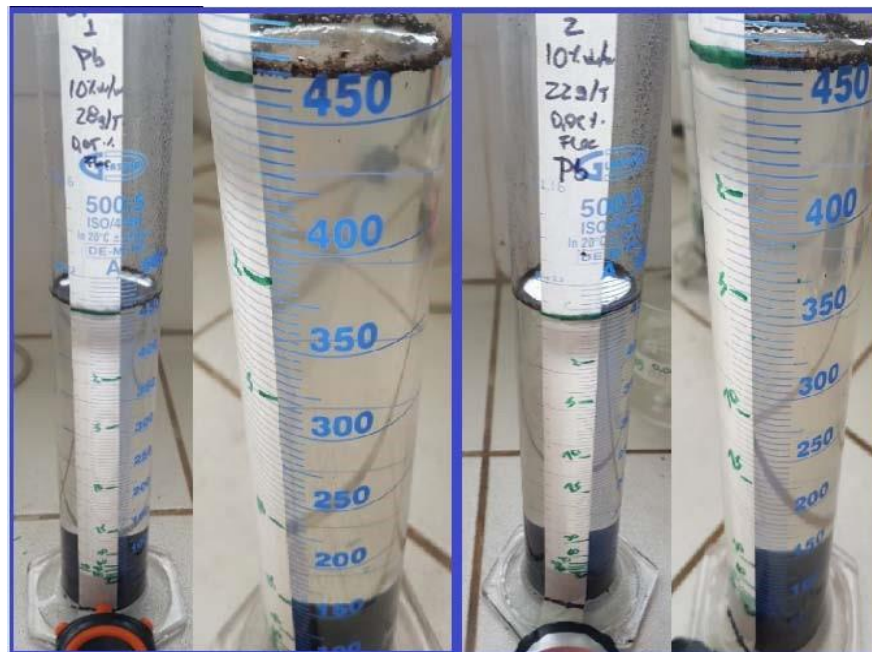
- **Optimización del consumo de floculante sobre la pulpa de concentrado de Pb:**

La pulpa diluida a un 10 % de sólidos es trabajada a diferentes consumos específicos de floculante, 22 g/t y 28 g/t, lo anterior en vista que el consumo especificado por planta está bajo el consumo experimental obtenido y la prueba anterior con 25 g/t, presento buenas condiciones de operación.

**Optimización operación, 10 % de sólidos – 22 g/t:** Presenta buena velocidad de sedimentación, aunque aumenta la turbidez respecto de la prueba con 25g/T, sólido residual en superficie bajo.

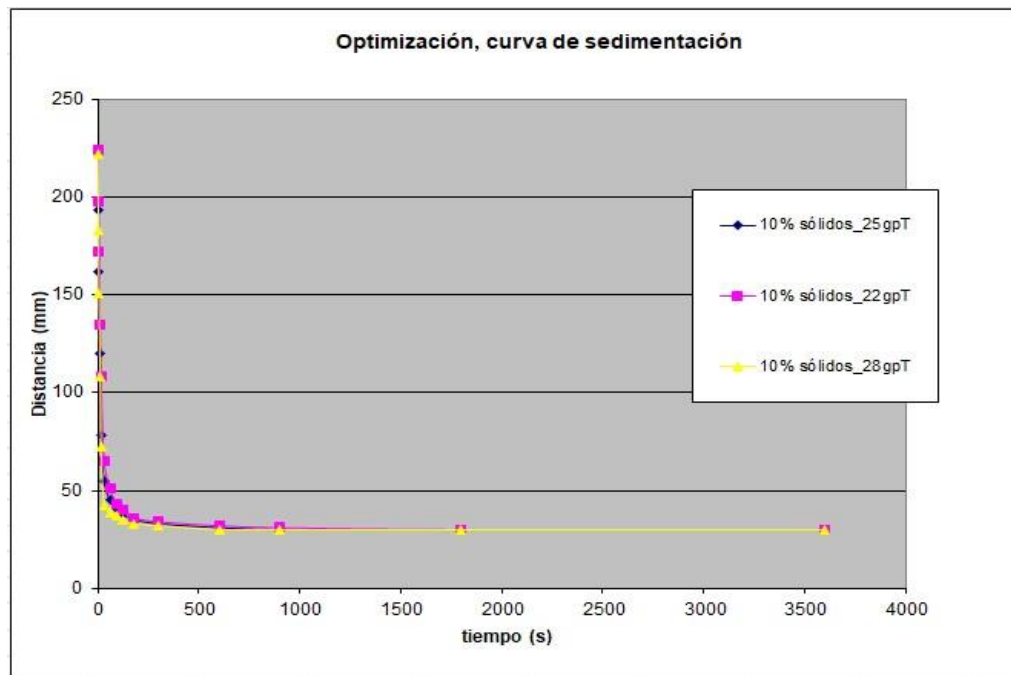
**Optimización operación, 10 % de sólidos – 28 g/t:** Presenta buena velocidad de sedimentación, solución con bajo sólido suspendido, mejor clarificación y bajo contenido de sólidos residuales en superficie.

**Gráfico 35** Comparativa entre los diferentes consumos específicos de floculante para el concentrado de Pb, luego de 5 minutos de transcurrida la prueba.



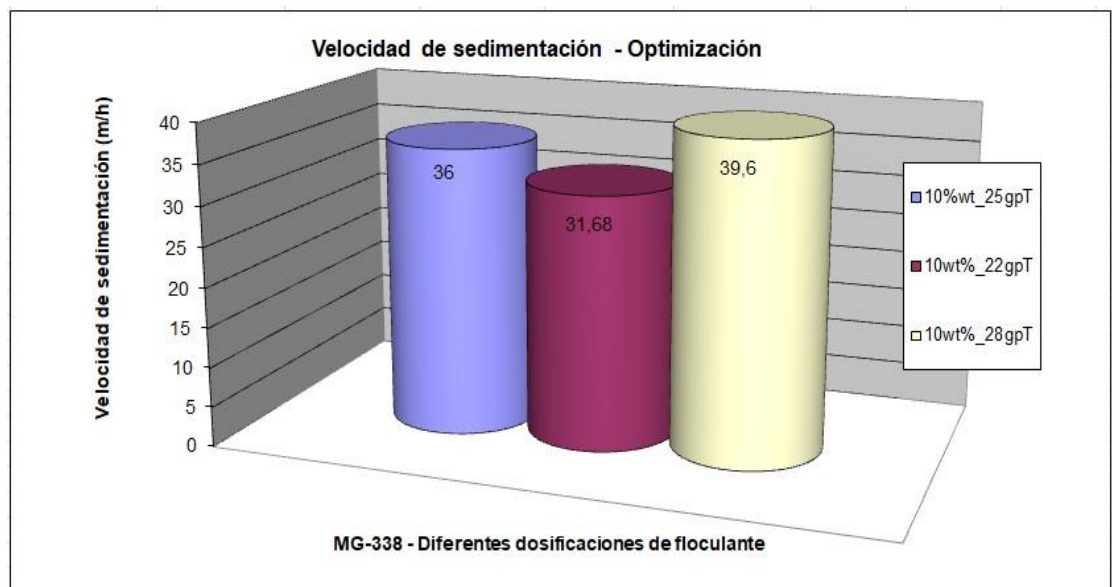
**Nota:** Elaborado por los tesisistas

**Gráfico 36** Curva de sedimentación a diferentes consumos específicos de  
floculantes para la pulpa de concentrado de Pb.



**Nota:** Elaborado por el tesista.

**Gráfico 37** Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de  
optimización de pulpa de concentrado de Pb.



**Nota:** Elaborado por los tesistas.

- **Optimización del consumo de floculante sobre la pulpa de concentrado de Zn:**

La pulpa diluida a un 10 % de sólidos es trabajada a diferentes consumos específicos de floculante, 10 g/t, 5 g/t y 20 g/t.

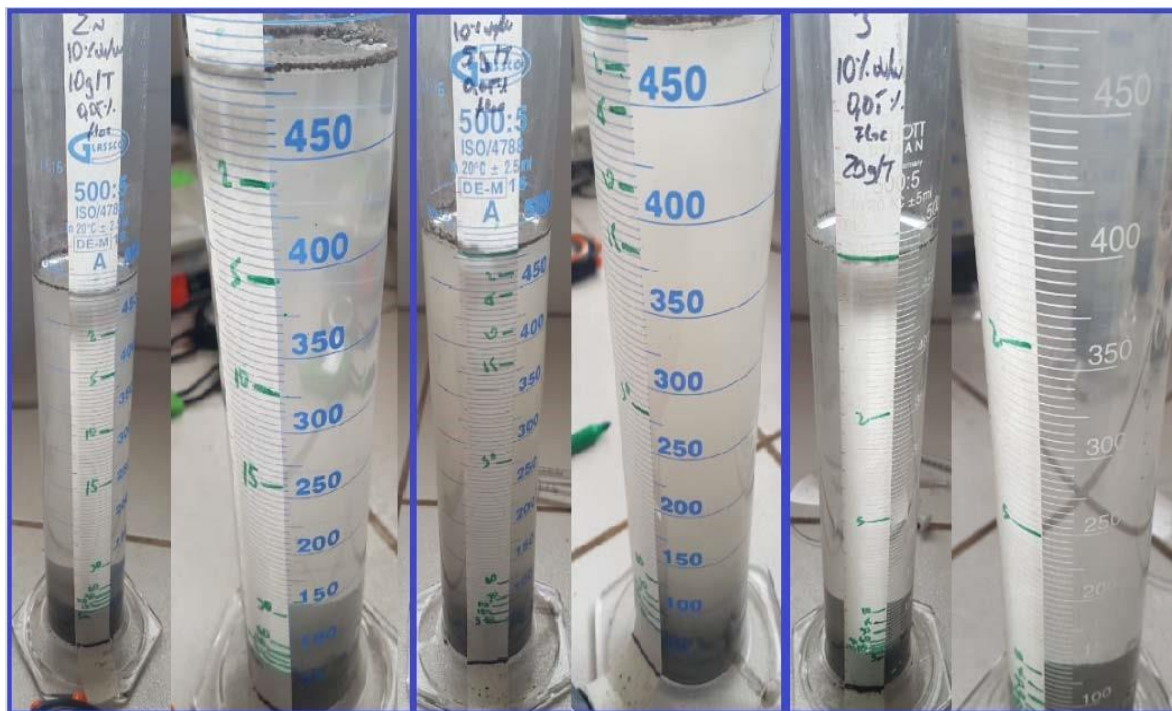
**Optimización operación, 10 % de sólidos – 10 g/t:** Presenta buena velocidad de sedimentación, bajo contenido de sólidos residuales en superficie, mantiene turbidez en durante primero 15 minutos.

**Optimización operación, 10 % de sólidos – 5 g/t:** Presenta buena velocidad de sedimentación, aunque contenido de T.S.S. es mucho mayor que en prueba anterior y se mantiene a lo largo del tiempo.

En base a estos resultados se opta por realizar una prueba adicional, aumentando el consumo específico de floculante a 20 g/t.

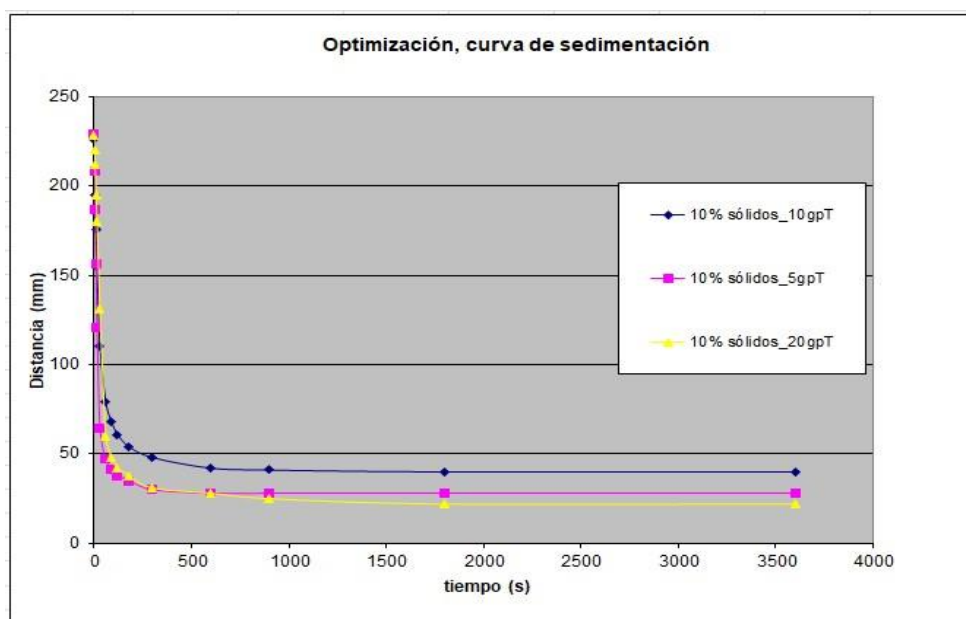
**Optimización operación, 10 % de sólidos – 20 g/t:** Presenta buena velocidad de sedimentación, se reducen sólidos suspendidos superficiales y se logra clarificar la solución reduciendo considerablemente el grado de turbidez.

**Gráfico 38** Comparativa entre los diferentes consumos específicos de floculante para el concentrado de Zn, luego de 5 minutos de transcurrida la prueba.



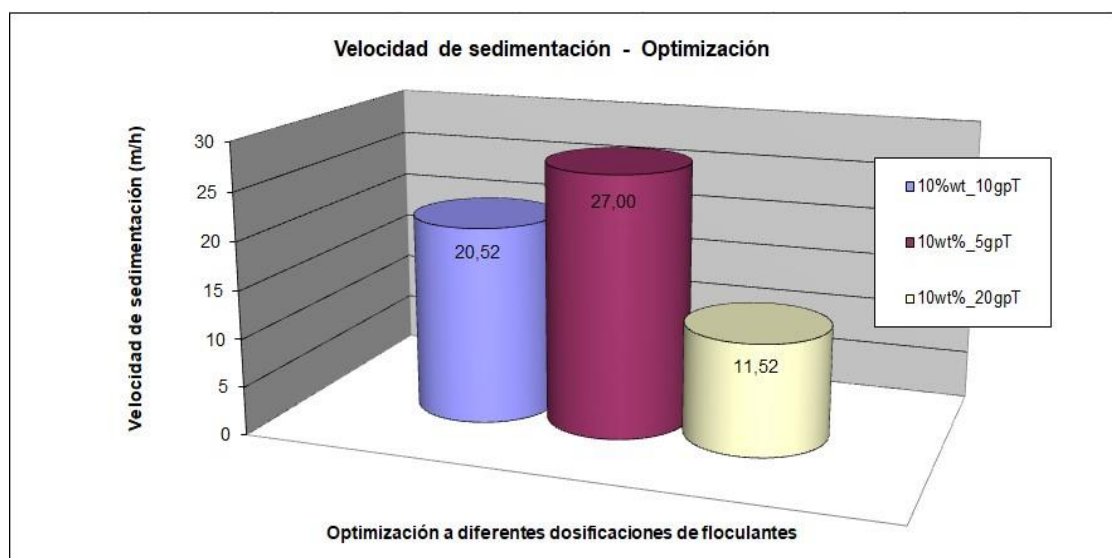
**Nota:** Elaborado por los tesisistas

**Gráfico 39** Curva de sedimentación a diferentes consumos específicos de floculantes para la pulpa de concentrado de Zn.



**Nota:** Elaborado por los tesisistas.

**Gráfico 40** *Velocidad de sedimentación para las distintas alternativas de optimización de pulpa de concentrado de Zn.*



**Nota:** Elaborado por los tesisistas.

## **CONCLUSIONES**

1. La evaluación de los floculantes de la línea Matfloc evidenció que los floculantes SR-N-300 y MT-6208 presentan un mejor desempeño en la separación sólido/líquido en el espesador de concentrado de plomo, obteniendo mayores velocidades de sedimentación y menor turbidez del overflow, en comparación con el floculante Magnafloc (MG-338), el cual mostró deficiente formación de flóculos.
2. El estudio de la de la velocidad de sedimentación demostró que es necesario emplear floculantes específicos según el tipo de concentrado, ya que el desempeño del proceso de espesamiento depende del tipo de polímero, su carga y peso molecular, no siendo recomendable utilizar un solo floculante para todas las aplicaciones.
3. Las pruebas de optimización permitieron establecer que la preparación del floculante Matfloc a una concentración de 0,05 % y una dosificación de 15 g/t resultan adecuadas para lograr una operación eficiente del espesador

## **RECOMENDACIONES**

1. Evaluar la modificación de los feedwell existentes, los cuales actualmente no permiten controlar una autodilución in situ, la cual mejora considerablemente la operación del espesador, logrando un aumento en la velocidad de sedimentación, clarificación de overflow y optimizando la dosificación del reactivo.
2. Mejorar las líneas de piping de alimentación a los espesadores, se observan cajones alimentadores en los cuales las líneas que van hacia los feedwell no operan llenas, favoreciendo la formación de espumas. En otros casos la alimentación no es tangencial al feedwell.
3. Revisar el sistema de preparación y dosificación de floculantes, de modo de asegurar una correcta preparación y dosificación.
4. Que el personal conozca y realice una adecuada preparación - dosificación del floculante.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avaria, (2014) “División Andina: Innovación y solución para la minería”, Revista Construcción Minera, [En línea]. Disponible en:  
<http://www.construccionminera.cl/division-andina-innovacion-y-solucion-para-la-mineria/>
- Bürger, M. C. Bustos, y F. Concha, (1999). “Settling velocities of particulate systems: 9. Phenomenological theory of sedimentation processes: numerical simulation of the transient behaviour of flocculated suspensions in an ideal batch or continuous thickener”, Int. J. Miner. Process., vol. 55, pp. 267–282.
- CODELCO, (2016) “Codelco, la empresa de todos los chilenos y chilenas”, [En línea]. Disponible en: [https://www.codelco.com/codelco-la-empresa-de-todos-los-chilenos-y-chilenas/prontus\\_codelco/2015-12-30/171746.html](https://www.codelco.com/codelco-la-empresa-de-todos-los-chilenos-y-chilenas/prontus_codelco/2015-12-30/171746.html).
- Cochilco, (2020) “Proceso del Cobre”, (2006). [En línea]. Disponible en: [www.cochilco.cl](http://www.cochilco.cl).
- Cortez R. (2020) Concentración de minerales II Pag. 37
- Concha F. y R. Bürger, (2003) “Thickening in the 20th century: a historical perspective”, Miner. Metall. Process., vol. 20, N° 2, pp. 57–67.
- Concha F. (2014) Solid-Liquid Separation in the Mining Industry. Springer.
- China Gold Mining, (2016) “Equipos de espesamiento”, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://es.chinagoldminingmachinery.com/thickening-equipment/>.
- Ebrahimzadeh M. Gheshlaghi, A. Soltani Goharrizi, A. Aghajani Shahrivar, y H. Abdollahi, (2013) “Modeling industrial thickener using computational fluid dynamics (CFD), a case study: Tailing thickener in the Sarcheshmeh copper mine”, Int. J. Min. Sci. Technol., vol. 23, no 6, pp. 885–892.
- Flotation D. A. (2018) “Chapter 3: Sludge thickening”.



Gonzales S. y Morales Y. (2019) Procesamiento de minerales Editorial UNI Lima Pág. 65

Herrera C. (2018) Manual de concentración de minerales Volcan Cía, Minera Pág. 67

Informe Anual (2023) de la S.M. El Brocal

Memoria anual de Sociedad Mineral El Brocal – (2022)

Ninanya C. y Ortiz C. (2019) Concentración de minerales sulfurados San Marcos Lima Pág. 23

Palomino R. (2018). Tratamiento metalúrgico de minerales 3ra Edición Lima – Perú Pag. 48

Portal Minero (2006) Ediciones, Manual General de Minería y Metalurgia, Primera Ed.

Rahimi M., Abdollahzadeh A., y Rezai B., (2016) “International Journal of Mineral Processing Dynamic simulation of tailing thickener at the Tabas coal washing plant using the phenomenological model”, Int. J. Miner. Process., vol. 154, pp. 35–40

Ramachandran P. S. y Herle A., (1996). “Solid-liquid separation”, Chem. Eng. World, vol. 31, no 10, pp. 75–79.

Revista minería (2020) Pág. 5

Tanguay M., Fawell P., y Adkins A., (2014) “Modelling the impact of two different flocculants on the performance of a thickener feedwell”, Appl. Math. Model., vol. 38, no 17–18, pp. 4262–4276.

Vargas M. (2015) Manual de procesamiento de minerales 2da Edición UNI Pág. 54

911Metalurgia. (2019) Pág. 65

911Metallurgist, (2016) “How to Operate a Thickener”, 2016. [En línea]. Disponible en: [https://www.911metallurgist.com/blog/wpcontent/uploads/2016/04/Typical\\_gravity\\_thickener.png](https://www.911metallurgist.com/blog/wpcontent/uploads/2016/04/Typical_gravity_thickener.png).

Wills B. A. y Partner S., (2016) Mineral Processing Technology An Introduction to the Practical Aspects.

## **BIBLIOGRAFÍA DE PAGINA WEB**

<https://core.ac.uk/download/pdf/198127445.pdf>

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7620/ad0e8f>

<https://www.mdpi.com/2073-4360/16/10/1441>

<https://www.mdpi.com/2075-163X/15/11/1216>

<http://hdl.handle.net/20.500.14076/24848>

<https://hdl.handle.net/20.500.13084/3001>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>

<https://contyquim.com/blog/importancia-de-los-floculantes-en-procesos-industriales>

<https://peru.pochteca.net/que-son-los-floculantes/>

<https://contyquim.com/blog/coagulante-y-floculante-en-el-tratamiento-de-aguas>

<https://peru.pochteca.net/que-son-los-floculantes/>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>

<https://quimicosindustriales.basf.com/contenido/tipos-de-floculantes/>

[https://www.danafloat.com/es/mining\\_ores/lead\\_zinc](https://www.danafloat.com/es/mining_ores/lead_zinc)

[https://www.danafloat.com/es/mining\\_ores/lead\\_zinc](https://www.danafloat.com/es/mining_ores/lead_zinc)

<https://es.geologyscience.com/minerales-minerales/mineral-de-plomo/>

<https://es.geologyscience.com/minerales-minerales/mineral-de-plomo/>

[https://www.danafloat.com/es/mining\\_ores/lead\\_zinc](https://www.danafloat.com/es/mining_ores/lead_zinc)

[http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2917/1/T026\\_46996403\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2917/1/T026_46996403_T.pdf)

[http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2917/1/T026\\_46996403\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2917/1/T026_46996403_T.pdf)

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_1f37cc01525aa239cf2b30be6fa1bf](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_1f37cc01525aa239cf2b30be6fa1bf)

<https://www.redalyc.org/journal/2235/223547677010/html/>

<https://www.redalyc.org/journal/2235/223547677010/html/>

<https://www.matecindustries.com/es/como-el-floculante-se-convierte-en-la-clave-de-nuestra-clarificacion/>

[https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6019/mod\\_resource/content/1/Tema\\_06\\_COAGULACION Y FLOCULACION.pdf](https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6019/mod_resource/content/1/Tema_06_COAGULACION_Y_FLOCULACION.pdf)

<https://www.redalyc.org/pdf/4277/427739443010.pdf>

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_1f37cc01525aa239cf2b30be6fa1bf](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_1f37cc01525aa239cf2b30be6fa1bf)

a8

## **ANEXOS**

## INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS


INFORMACION ADICIONAL	
<b>1. UBICACIÓN:</b>	<i>Tinyahuarco - Huaraucaca</i>
<b>2. ALTURA (msnm):</b>	<i>4300</i>
<b>3. MINERAL BASE:</b>	<i>Plomo-Zinc y Cobre</i>
<b>4. PROCESO DE EXTRACCION:</b>	<i>Tajo abierto y Subterránea</i>
<b>5. PRODUCCION:</b>	<i>Plomo, Zinc y Cobre</i>
<b>6. OBSERVACIONES Y OTROS</b>	<i>Tinyahuarco - Huaraucaca</i>
<i>Adjuntar plano o arreglo general de la planta de procesamiento. Tentativo del área donde se ubicara la planta de preparación de floculantes</i>	

INFORMACION TECNICA		
<b>1. EQUIPOS:</b>	<b>2. CARACTERISTICAS</b>	<b>3. CANT.</b>
<b><i>PLANTA DE PREPARACIÓN DE FLOCULANTE</i></b>	<i>SISTEMA COMPLETO</i>	<i>01</i>

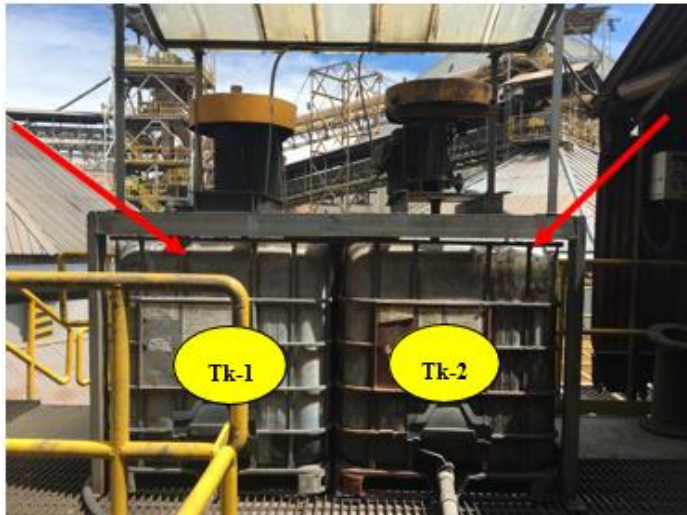
INFORMACION TECNICA		
DISEÑO		
<b>1.</b>	Tipo de floculante.	<i>Anionico</i>
<b>2.</b>	Densidad aparente del floculante.	<i>500Kg/m<sup>3</sup></i>
<b>3.</b>	Capacidad de preparación (t/día o kg/día) de polímero en base seca.	<i>0.84 a 1.9 Kg/h</i>
<b>4.</b>	Tiempo de maduración.	<i>2 horas</i>
<b>5.</b>	Cantidad permitida de Batch al día (TecProMin puede recomendar).	<i>TecProMin Recomendara</i>
<b>6.</b>	Preferencia en método de transporte y preparación: <ul style="list-style-type: none"> <li>Eductor húmedo</li> <li>Eductor Seco + Hidratador (Blower).</li> </ul>	<i>TecProMin Recomendara</i>
<b>7.</b>	Autonomía del TK de almacenamiento en horas.	<i>TecProMin Recomendara</i>
<b>8.</b>	Concentración de preparación % o gr/l.	<i>0.25 a 0.5 %</i>
<b>9.</b>	Concentración en post dilución de mezclador estático.	<i>0.05 %</i>
<b>10.</b>	<b>Caudal y TDH de bombas de dosificación.</b>	
<b>11.</b>	Cantidad de Puntos de dosificación	<i>4</i>

12.	Voltaje / Fases / ciclos (motores)	460/3/60
13.	Voltaje / Fases / ciclos (instrumentación)	220/1/60
14.	Temperatura max y min del ambiente.	15 a -5 °C
15.	Alcances en el sistema de automatización y control (Paneles local o control desde DCS)	Por TecProMin
16.	Altura geográfica	4300

INFORMACION ADICIONAL	
<b>1. UBICACIÓN:</b>	Tinyahuarco - Huaraucaca
<b>2. ALTURA (msnm):</b>	4300
<b>3. MINERAL BASE:</b>	Plomo-Zinc y Cobre
<b>4. PROCESO DE EXTRACCION:</b>	Tajo abierto y Subterránea
<b>5. PRODUCCION:</b>	Plomo, Zinc y Cobre
<b>6. OBSERVACIONES Y OTROS</b>	Tinyahuarco - Huaraucaca
Adjuntar plano o arreglo general de la planta de procesamiento. Tentativo del área donde se ubicara la planta de preparación de floculantes	

	<b>SIG INSTRUCTIVO</b>	Código	:
	<b>PREPARACIÓN DE FLOCULANTE AL 0.05%</b>	Versión	: 01
		Fecha	12/02/2023
		Página	: 1 de 2

1. Verificar que el tanque (IBC) en el que se va a preparar el floculante se encuentre completamente vacío y limpio.



2. Llenar el IBC con agua fresca hasta aproximadamente 60% del nivel, abriendo la válvula manual





3. Arrancar el agitador del tanque desde el tablero



4. Medir con vaso tara de 500 gramos, el floculante Magnafloc-338 en polvo. (vaso al ras)



5. Adicionar lentamente los 500 gramos de floculante en polvo al tanque.  
**IMPORTANTE:** Evitar en todo momento que se formen grumos.



6. Una vez adicionado los 500 gramos de floculante en polvo, enrasar el tanque con agua fresca hasta la medida de 1000 Lt marcada en el IBC.



7. **IMPORTANTE:** Agitar por 2 horas para su completa homogenización (maduración)



8. Finalmente, el floculante al 0.05% ya está listo para ser trasvasado por gravedad al tanque de distribución.



## MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: Pruebas de sedimentación con floculantes “Matfloc” de Mathiesen para el mejoramiento de los parámetros en el espesador de concentrado de plomo – en la planta concentradora El Brocal - Pasco – 2025				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
GENERAL	GENERAL	GENERAL	INDEPENDIENTE	MÉTODO
¿Cómo realizar las pruebas de sedimentación con floculantes “Matfloc” de Mathiesen para el mejoramiento de los parámetros en el espesador de concentrado de plomo?	Realizar las pruebas de sedimentación con floculantes “Matfloc” de Mathiesen para el mejoramiento de los parámetros en el espesador de concentrado de plomo.	Si realizamos pruebas de sedimentación con floculantes “Matfloc” de Mathiesen entonces se hará el mejoramiento de los parámetros en el espesador de concentrado de plomo.	Pruebas de sedimentación con floculantes “Matfloc” de Mathiesen	Aplicada -
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	DEPENDIENTE	TIPO
1. ¿Cómo evaluar los floculantes no-iónicos y aniónicos de distintas cargas y peso molecular de la línea de floculantes “Matfloc” de Mathiesen que mejoren la separación sólido/líquido en el espesador de concentrado de plomo y ver su performance con respecto al floculante actual?  2. ¿Cómo se podrá verificar la sedimentación de los concentrados de plomo es necesario emplear un solo floculante o es preciso tener polímeros distintos para cada aplicación?	1. Evaluar floculantes no-iónicos y aniónicos de distintas cargas y peso molecular de la línea de floculantes “Matfloc” de Mathiesen que mejoren la separación sólido/líquido en la etapa de deposición de relaves y en el espesador de concentrado de plomo y ver su performance con respecto al floculante actual.  2. Verificar si para las etapas de relaves, concentrados de plomo es necesario emplear un solo floculante o es preciso tener polímeros distintos para cada aplicación.  .	1. Si evaluamos los floculantes no-iónicos y aniónicos de distintas cargas y peso molecular de la línea de floculantes “Matfloc” de Mathiesen que mejoren la separación sólido/líquido en la etapa de deposición de relaves y en el espesador de concentrado de plomo y ver su performance con respecto al floculante actual.  2. Si verificamos los concentrados de plomo es necesario emplear un solo floculante o es preciso tener polímeros distintos para cada aplicación.	Mejoramiento de los parámetros en el espesador de concentrado de plomo.	Experimental
				<b>DISEÑO</b>
				Experimental