

Universidad Nacional
“José Faustino Sánchez Carrión”

Folio
90



“Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica”
Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

TESIS

“SEPARACION SOLIDOS – LIQUIDOS EN ESPESADORES DE
RELAVES DE LA MINERA SHOUXIN S.A 2020”

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico

Autor:

TICSE VILA, KENYO

JARA ROJAS, CARMEN YESSSENIA

Asesor:

M(○) JUAN MANUEL IPANAQUE ROÑA

C.I.P. N.º 066303

JUAN M. IPANAQUE ROÑA
ING. METALURGISTA
B. CIP. 66303

Huacho - Perú

2022

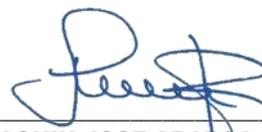
**“SEPARACION SOLIDOS – LIQUIDOS EN ESPESADORES DE
RELAVES DE LA MINERA SHOUXIN S.A 2020”**



Dr. ALBERTO IRHAAM SANCHEZ GUZMAN
Presidente del Jurado



M(o). CAYO EDUARDO GUERRA LAZO
Secretario del Jurado



M(o). JOAQUIN JOSE ABARCA RODRIGUEZ
Vocal del Jurado



M(o). JUAN MANUEL IPANAQUE ROÑA.
Asesor

DEDICATORIA

A Dios que siempre nos cuida y me guarda de todo lo malo y hace para no desistir de nuestros sueños.

A mis Padres, empeño en formar las personas de hoy, muchos de nuestros logros se los debemos a ellos incluyendo estos momentos. A nuestros(as) hermanas(o) por el apoyo incondicional y consejos. Por último, a nuestros primos y amigos que siempre estuvieron preocupados en nuestra formación, a todos ellos mil gracias.

Kenyo y Carmen.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, porque nos bendice en nuestro hogar lo cual me da la oportunidad con la persona que más amo, a su vez principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas.

Gracias, de corazón, al Ingeniero, Jorge Flores Silva y Minera Shouxin S.A., por darme la oportunidad de aprender y conocer de ello, la cual puse mi dedicación, motivación, y criterio para lo cual ha sido un privilegio contar con su guía y ayuda de verdad muchas gracias.

Kenyo y Carmen.

Índice general

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION	3
CAPÍTULO I.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
<i>1.1. Descripción de la Realidad Problemática.</i>	<i>4</i>
<i>1.2. Formulación del Problema</i>	<i>5</i>
<i>1.3. Objetivos de la Investigación</i>	<i>6</i>
<i>1.4. Justificación de la Investigación</i>	<i>6</i>
<i>1.5. Delimitación del Estudio.....</i>	<i>7</i>
<i>1.6. Viabilidad del Estudio</i>	<i>7</i>
CAPITULO II	8
MARCO TEORICO	8
2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
<i>2.1.1. Investigación Internacional.....</i>	<i>8</i>
<i>2.1.2. Investigación Nacional.</i>	<i>9</i>
2.2. Bases Teóricas.	11
<i>2.2.1 Separación Solido-Liquido.</i>	<i>11</i>
<i>2.2.2 Sedimentación o espesamiento.</i>	<i>12</i>
<i>2.2.3 Espesadores.</i>	<i>14</i>
<i>2.2.4 Floculantes y floculación.....</i>	<i>28</i>
<i>2.2.5 Relave.....</i>	<i>36</i>
<i>2.2.6. Definiciones conceptuales.....</i>	<i>39</i>
2.3. Hipótesis de la Investigación.....	40
<i>2.2.6 Operacionalización de Variables e Indicadores.....</i>	<i>41</i>
CAPITULO III.....	42

METODOLOGIA	42
3.1. Diseño Metodológico	42
<i>3.1.1. Tipo de Investigación.</i>	<i>42</i>
<i>3.1.2 Nivel de Investigación.</i>	<i>42</i>
<i>3.1.3 Diseño de la Investigación.</i>	<i>42</i>
<i>3.1.4 Enfoque de la Investigación.</i>	<i>42</i>
3.2. Población y Muestra.	42
<i>3.2.1 Población de la Investigación.....</i>	<i>42</i>
<i>3.2.2 Muestra de la Investigación.....</i>	<i>42</i>
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	43
<i>3.3.1 Técnicas a emplear.....</i>	<i>43</i>
<i>3.3.2 Descripción de los instrumentos.</i>	<i>43</i>
<i>3.3.3 Técnicas para el procesamiento de la información.....</i>	<i>43</i>
CAPITULO IV	44
RESULTADOS	44
4.1. Condiciones.....	44
<i>4.1.1 Generalidades.....</i>	<i>44</i>
4.2 Preparación y procedimiento de la muestra.....	45
4.3 Gravedad específica.	46
4.4 Características de Relave.	47
<i>4.4.1 Selección de floculantes.</i>	<i>48</i>
4.5 Procesamiento de los resultados.	49
<i>4.5.1 Procedimientos para la optimización.....</i>	<i>49</i>
<i>4.5.2 Preparación de los floculantes.....</i>	<i>49</i>
<i>4.5.3 Preparación de la pulpa (Relave)</i>	<i>50</i>
<i>4.5.4 Procedimiento experimental al seleccionar floculante</i>	<i>50</i>
<i>4.5.5 Dosificación de floculantes.....</i>	<i>50</i>

Folio
85

4.5.6 Pruebas en los circuitos. 53

4.5.7 Prueba de las velocidades en los circuitos...... 60

CAPÍTULO V...... 71

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES...... 71

5.1. Conclusiones 71

5.2. Recomendaciones..... 72

CAPÍTULO VI...... 73

FUENTES DE INFORMACIÓN...... 75

6.1. Fuentes Bibliográficas 75;Error! Marcador no definido.

Folio
84

Índice de Ilustración

Ilustración 1. Control de procesos entradas y salidas del espesador de relave	11
Ilustración 2. Modelo Físico de la sedimentación y consolidación	13
Ilustración 3. Diagrama espesador de alta capacidad (McKetta,1992)	14
Ilustración 4. Zona del espesador	15
Ilustración 5. Principio de operación de un espesador tipo High Rate.....	16
Ilustración 7. Elementos de un espesador.....	17
Ilustración 8. Partes de un espesador.....	18
Ilustración 9. Vista de la pared del tanque	20
Ilustración 10. Vista de la pared del tanque	23
Ilustración 11. Espesador de puente (izquierda) y de columna (derecha).....	24
Ilustración 12. Espesador de tracción periférica	24
Ilustración 13. Espesador convencional.....	25
Ilustración 14. Espesador de alta capacidad	26
Ilustración 15. Espesador de alta densidad	27
Ilustración 16. Disposición de relave en pasta en un poza de desecado.	27
Ilustración 17. Mecanismo de floculación.....	29
Ilustración 18. Mecanismo de floculación.....	30
Ilustración 19. Variación del esfuerzo de cedencia frente a la aplicación de un floculante convencional y un modificador reológico.	33
Ilustración 20. Diagrama simplificado de los rangos de espesamiento	38
Ilustración 21. Flujómetro de floculante.....	51
Ilustración 22. Flujómetro de floculante - Dosificación	51
Ilustración 23. Parámetros	52
Ilustración 24. Parámetros del sistema hidráulico.....	53
Ilustración 25. Tiempo de sedimentación con 15 gr de Floculante.....	61
Ilustración 26. Velocidad de Sedimentación con 25 gr de Floculante	64
Ilustración 27. Tiempo de sedimentación con 15 gr de Floculante.....	66
Ilustración 28. Tiempo de sedimentación con 20 gr de Floculante.....	68
Ilustración 29. Tiempo de sedimentación con 25 gr de Floculante.....	70

Índice de tablas

Tabla 1. <u>(Tipo de Floculante.)</u>	35
Tabla 2. <u>(Tipificar los relaves a continuacion)</u>	37
Tabla 3. <u>(Operacionalización de las variables de estudio)</u>	41
Tabla 4. <u>(Equipos de espesamiento y bombeo de relaves.)</u>	46
Tabla 5. <u>(Gravedad especifica de muestra)</u>	47
Tabla 6. <u>(Distribución granulométrica del Relave)</u>	47
Tabla 7. <u>(Características metalúrgicas de relave)</u>	48
Tabla 8. <u>(Condiciones físicas y químicas del relave)</u>	49
Tabla 9. <u>(I.1. Velocidad de sedimentación con 15 gr de Floculante)</u>	54
Tabla 10. <u>(I.2. Velocidad de sedimentación con 20 gr de Floculante)</u>	55
Tabla 11. <u>(I.3. Velocidad de sedimentación con 25 gr de Floculante)</u>	56
Tabla 12. <u>(I.4. Velocidad de sedimentación con 15 gr de Floculante)</u>	57
Tabla 13. <u>(I.5. Velocidad de sedimentación con 20 gr de Floculante)</u>	58
Tabla 14. <u>(I.6. Velocidad de sedimentación con 25 gr de Floculante)</u>	59
Tabla 15. <u>(Velocidad de Sedimentación con 15gr de Floculante)</u>	60
Tabla 16. <u>(Velocidad de Sedimentación con 20 gr de Floculante)</u>	62
Tabla 17. <u>(Velocidad de Sedimentación con 25 gr de Floculante)</u>	63
Tabla 18. <u>(Velocidad de Sedimentación con 15gr de Floculante)</u>	65
Tabla 19. <u>(Velocidad de Sedimentación con 20gr de Floculante)</u>	67
Tabla 20. <u>(Velocidad de Sedimentación con 25gr de Floculante)</u>	69

RESUMEN

La investigación “**Separación sólidos – líquidos en espesadores de relaves de la Minera Shouxin S.A 2020**” es determinar el proceso de optimizar la separación sólido líquido para obtener en los espesadores la velocidad de sedimentación de relaves dentro de los parámetros establecidos, evaluar la dosificación de floculantes y el porcentaje de sólidos en la separación de sus concentrados, el **Objetivo**, es evaluar la separación sólido líquido en espesadores de relave de MINERA SHOUXIN S.A 2020. **Metodología**, mencionada empresa se desarrolla el proceso de flotación de concentrado de cobre, hierro y zinc, produciendo los relaves mineros de cobre en suspensión fina sólido en líquido y tratado mediante los espesadores por la empresa. Los **Resultados** se prepararon las muestras pulpa registrando los tiempos y niveles de sedimentación de relaves de cobre, el cálculo de dosis de floculantes para 100 g/ton, siendo apropiado el DIAMOND A95, velocidad de sedimentación es 90 g/tn 38.93%, La hipótesis de investigación, afirma que, al efectuar la separación de sólidos líquidos, influye en la velocidad de sedimentación en los espesadores de relave de la minera SHOUXIN S.A 2020. La **Conclusión** a través del procedimiento de separación de sólidos líquidos, se obtiene altas velocidades de sedimentación en los relaves de concentrados de cobre y con baja pérdida de mineral en el relave.

Palabras clave: sedimentaciones, espesadores, relaves y agua.

ABSTRACT

The research "Solid-liquid separation in tailings thickeners of Minera Shouxin SA 2020" is to determine the process of optimizing the solid-liquid separation to obtain sedimentation speed in the tailings thickeners within the established parameters, evaluate the dosage of flocculants and the percentage of solids in the separation of its concentrates, the Objective, is to evaluate the solid-liquid separation in tailing thickeners of MINERA SHOUXIN SA 2020. Methodology, the aforementioned company develops the process of flotation of copper, iron and zinc concentrate, producing copper mining tailings in fine solid suspension in liquid and treated by means of thickeners by the company. The Results The pulp samples were prepared recording the times and sedimentation levels of copper tailings, the calculation of flocculant doses for 100 g/ton, DIAMOND A95 being appropriate, sedimentation rate is 90 g/tn 38.93%, The hypothesis of investigation, affirms that, when carrying out the separation of liquid solids, it influences the sedimentation velocity in the tailing thickeners of the SHOUXIN SA 2020 mining company. The Conclusion through the liquid solid separation procedure, high sedimentation velocities are obtained in the tailings of copper concentrates and with low ore loss in the tailings.

Keywords: Thickeners, Optimization, Tailings, Water recovery.

INTRODUCCION

La investigación, detalla proceso optimización de recuperación al ser contenida el agua de relaves de cobre y hierro, al tratarse en la empresa Shouxin con espesadores, mediante recirculación, procesos, operaciones principales a ejecutar.

Capítulo I, sustento al describir problema, lograr objetivos, justificación de investigación, delimitación al enmarcar y la viabilidad del estudio que desarrollo en mi tesis.

El capítulo II, se toma como referencia los antecedentes, marco teórico y hipótesis al recopilar algunas teorías usadas en las investigaciones.

El capítulo III, se referencia el diseño metodológico, tipos, nivel y enfoque investigación. La población y muestra se limita, describiendo técnicas los instrumentos al usar en recolección de datos del presente estudio.

El capítulo IV, en la investigación mediante los cuadros, graficas se detalla los resultados obtenidos en el estudio y su interpretación.

El capítulo V, después del análisis de resultado, se genera la discusión; determinando las conclusiones y recomendaciones.

Capítulo VI, las informaciones obtenidas y fuentes bibliográficas, fueron el soporte al realizar el estudio; y se anexa, algunos datos relevantes de la investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.Descripción de la Realidad Problemática.

Plantas mineras, flotación se obtiene residuos sólidos cual denominamos relaves al contener el líquido una suspensión fina de sólidos, y se extrae una pequeña fracción de valioso mineral del yacimiento, que se forma una pulpa, al final se desecha.

Aproximado el comportamiento y características de la pulpa va depender a razón del agua/sólidos del relave en orden 1:1 a 2:1. También se involucra en partículas sólidas las características, que se muestran a continuación:

La masa del relave más el agua contenida discurre si dificultad en pequeñas pendientes. Masa de relaves, al contener deficiente agua (relaves filtrados) no escurrirá gravitacionalmente. Se tiene partículas sólidas pequeñas (aproximadamente a arcillas), va demorar en sedimentar y va estar en suspensión, logrando alcanzar una cierta distancia antes de sedimentar al punto de descarga.

Cuando partículas sólidas, de gran tamaño (ejemplo arenas) va sedimentar rápido, acumulándose a pequeña distancia al punto de descarga. La Minera Shouxin S.A Perú, es una planta de beneficio, en producción de concentrados Cu, Fe y Zn a partir de los relaves que contienen minerales de cobre principalmente en forma de calcopirita, seguidos de covelina y ocasionalmente malaquita, la presencia de Fierro se encuentra en forma de magnetita, piritita y pequeñas cantidades en forma de hematita y limonita. Los principales compuestos de zinc son esfalerita y pequeña cantidad es smithsonita obtenida de nueva planta de beneficio de Shougang Hierro Perú. Dentro del aspecto operativo de la planta de proceso o beneficio tienen dificultades en el área de espesadores producto de la etapa de la separación magnética y de la desulfurización por flotación son el relave final de la planta de SHOUXIN Siendo el área de

espesadores de gran importancia este último proceso donde ingresa la alimentación con un contenido de sólidos de 24% y un pH 9 (no siempre se da a cabo esos parámetros) en la cual será bombeada hacia el depósito de relaves Choclón 2 con un contenido de sólidos de 58.5%.

Los parámetros de separación sólido líquido están determinados por la adición de floculante, porcentaje de sólido y pH, se realiza una evaluación experimental para desarrollar medidas de control, a fin de mejorar los resultados requeridos en el proceso de sedimentación. El gasto de floculante en los espesadores varía considerablemente con la granulometría y depende de los factores como el porcentaje de sólidos y pH del mineral que llegan.

El objetivo de la separación sólido líquido no reside solamente en obtener una buena sedimentación, sino que este dentro de los parámetros preestablecidos con la finalidad de obtener sólidos con un porcentaje mayor a 59%.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo influyen la separación sólidos – líquidos en los espesadores de relaves de MINERA SHOUXIN S.A. 2020?

1.2.2 Problemas Específicos

¿De qué manera influye el % sólidos en separación sólidos líquidos en los espesadores de relaves de la Minera Shouxin S.A 2020?

¿Cómo influye la dosificación de floculante en la separación sólido en los espesadores de relaves de la Minera Shouxin S.A. 2020?

¿En qué medida la separación sólidos líquidos incrementará la velocidad de sedimentación en espesadores de relaves de la Minera Shouxin S.A. 2020?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la separación sólido líquido en espesadores de relave de MINERA SHOUXIN S.A 2020.

1.3.2 Objetivo Especifico

- Evaluar el % sólido en la separación sólidos líquidos en los espesadores de relave de MINERA SHOUXIN S.A 2020.
- Evaluar la dosificación de floculante en la separación sólido líquido en los espesadores de relave de MINERA SHOUXIN S.A 2020.
- Estimar la velocidad de sedimentación en la separación sólido líquido en los espesadores de relave de MINERA SHOUXIN S.A 2020.

1.4. Justificación de la Investigación

En investigación el objetivo, es encontrar “Evaluación y separación sólido líquido a nivel experimental en espesadores de relave de Minera Shouxin Perú S.A 2020”, con la revisión de las variables y parámetros que actúan en la sedimentación del mineral.

Justificamos el estudio en el laboratorio metalúrgico con diversas pruebas sobre velocidad de sedimentación. Al calcular los métodos de dimensión en espesador del relave, determinando óptimo y efecto dosificación del floculante estimando la pulpa diluida del relave de cobre, al recuperar gran cantidad de agua en los siguientes procesos, reduciendo el consumo de agua fresca, mejorando la represa, instalación estructuralmente estable.

El estudio, “..permite cumplir con los requisitos al obtener el título profesional y su publicación durante el año 2021, realizado en las instalaciones de la empresa Shouxin Perú S.A”, considerando una investigación experimental, tomando muestras para el análisis al contar con equipos necesarios, procesador de textos y paquetes estadísticos.

1.5. Delimitación del Estudio.

Ubicación de empresa en Bahía San Nicolás, distrito Marcona, provincia Nazca, departamento Ica, al sur de ciudad Lima, Perú. Altitud promedio 2000 msnm y 450 km de Ciudad de Lima. La coordenada central del proyecto: Este 477757 Norte 8311294 (Datum WGS84 Zona 18) (Informe N° 025-2020 – SENACE-PE/DE).

La investigación se desarrollará con “...datos obtenidos durante el proceso de separación sólido – líquido en los espesadores de relaves los meses marzo a diciembre del 2020, al considerar sus parámetros de operación y sus análisis para una mejoría...”.

Al acceder a la información en la empresa privada es limitada y respecto al estudio referente a la separación sólido líquido en los relaves es virtualmente escasa y actualizada.

1.6. Viabilidad del Estudio

Referente a investigación es viable, realizado en 2020, con los permisos de acceso a las instalaciones en planta, insumos, instrumento y equipos necesarios. Con referencia parte técnica y metodológica en el desarrollo, existe información necesaria, lo recurso económico para realizar la investigación y permiso de la directiva de empresa.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Investigación Internacional.

Según, Gadelha S, Goncalves A. G., & Franca A., (2016) en su trabajo sobre “*Aplicación de floculantes para mejorar las propiedades de deshidratación y filtración*” concluye:

Al desechar los relaves mineros en pulpa estos poseen gran cantidad de agua en reutilización del proceso, las operaciones recuperación de agua es eficientes y de gran importancia para implementar proyectos de menor impacto ambiental. El objetivo, evaluamos desempeño en polímeros floculantes comerciales deshidratación y filtración los residuos provenientes en planta de beneficio mineral sulfuro de níquel. Analizaron pulpas de concentración inicial en sólidos 10% y floculante 200 g/t poliméricos dosis. Se realizaron estos ensayos de floculación y sedimentación con equipo jar test y para filtración lo equipo filtra test TM al trabajar con o sin presión y caídas de presión (ΔP) de 4 y 6 bar. Medimos eficacia del proceso mediante la velocidad de filtración, resistencia de torta y porcentaje de recuperación del agua. Los resultados, “...combinación en operaciones de sedimentación y filtración permite 74% de recuperación de agua a partir de residuos al reutilizar estas aguas del proceso; además, uso de floculantes poliméricos como adyuvantes de deshidratación durante la filtración...” camino justifica eliminación del agua en minería los relaves.

Según Gómez, P. (2012) en su trabajo “*Evaluación pruebas de espesamiento de relaves en planta piloto*” concluye:

El objetivo, es validar alternativas al aplicar tecnología de espesamiento en relave con alto contenido de sólidos y desarrollando pruebas sencillas identificando los efectos de factores operativos cuando variamos el contenido. Al trabajar con relave de contenido solido mayor del

65%, se requiere pocos insumos por ser proceso simple y rápido, su desventaja el alto costo de capital en inversión al implementar la planta. Seleccionamos el floculante SNF- 913, en las operaciones de relave obteniendo sedimentación en mejores tiempos a una concentración entre 15% y 20% de solución. Se considera al diseñar la planta, la unidad de espesamiento, altura proporcionan tiempo de residencia de óptima compactación y la concentración de sólidos con descarga mayor a 65% de sólidos. Se considera como factores operativos de control, la tasa de procesamiento y la altura de interface de relave.

2.1.2. Investigación Nacional.

Ames R & Lovera D. (2012), sobre "*Control de variables en el espesador de cono profundo en la recuperación de relaves altamente fluibles*" su artículo concluye:

Al incluir y considerar las pruebas de laboratorio en espesador piloto de cono profundo, para la óptima floculación, al determinar tipo de floculante, concentración de sólidos para alimentaciones y dosificaciones, maximizando en los dos tratamientos la ratio. Se determina las condiciones de floculación como objetivo adecuada, permitiendo la máxima claridad del líquido, densidades en la descarga y el mínimo de dosificación al permitir seleccionar las condiciones de alimentación en las operaciones del espesador piloto. Cuando se determina las condiciones de alimentación, viene serie de tratamientos en ratios, posible carga máxima en condiciones de floculación óptima, manteniendo constante el nivel de sólidos y monitoreando densidad del Under Flow y balance alimentación descarga. Se tomaron con mayor frecuencia las muestras del rebose, descarga y alimentación, determinando cambio o variación en características de alimentación y puedan afectar la floculación, claridad del rebose y espesamiento. Los cambios típicos, distribución granulométrica, tipo de mineral y el pH con de mayor impresion.

Cabrejos, A (2011) su investigación, “*Estudio de pre factibilidad para la recuperación de agua a partir de relaves de gran minería de cobre mediante tecnología de relaves espesados*” concluye:

Su estudio en disposición y características geológicas, producción, manejo, transporte, disposición de relaves espesados, no se considera en el currículo de especialidad, es importante cuando se opta espesamiento de relaves sobre niveles convencionales como solución tecnológica ante los problemas que se presentan: la escasa disponibilidad de agua en procesos metalúrgicos para zonas áridas, reducción de volúmenes de almacenamiento y efectos licuefacción de relaves en inestabilidad de presas, y disponibilidades ante problemas ambientales que son generadas por agua ácida, otros. La presente investigación es plantear soluciones a los mencionados problemas y reestructuración al vacío académico, donde al ingeniero de proceso se otorgará las pautas necesarias y metodologías disponibles.

Según, Calancha M (2018) sobre, “*Evaluación de la cinética de la sedimentación y precipitación de los metales para optimizar el tratamiento de pulpa de relaves de la unidad minera San Rafael Puno-Perú*” concluye:

Se obtuvieron mejores resultados en el tratamiento pulpa de relaves al usar RENAFLOC 1120, al demostrar el incremento de velocidad de sedimentación al aumentar el pH a la muestra tratada y la remoción de metales, observamos excelente desempeño del floculante AR-3120 seguido del RENAFLOC 1120, al obtener bajos valores hierro y Manganeso. El floculante AR 3120 y pH: 10.70 se precipita hierro a 2.427 ppm y Mn a 0.023 ppm seguido del RENAFLOC 1120 precipitando hierro a 5.306 ppm y Mn a 0.046 ppm. Para un adecuado floculante, debemos tener presente la velocidad de sedimentación y RENAFLOC 1120 como alternativa para precipitar metales.

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1 Separación Sólido-Líquido.

El uso del agua, implica en la mayoría de etapas de procesamiento de mineral, llega la etapa en que el agua es retirada de los sólidos donde concentrado a finalizar se transporta y procesa, de manera el agua reciclada retorna al proceso de planta. El objetivo del espesamiento “Es retirar o recuperar la pulpa cantidad de agua logrando descarga inferior espesa y rebose limpio/claro. La pulpa, usada espesa en etapa del procesamiento siguiente, filtrado o secado. (Cabrejos Salinas, 2011).

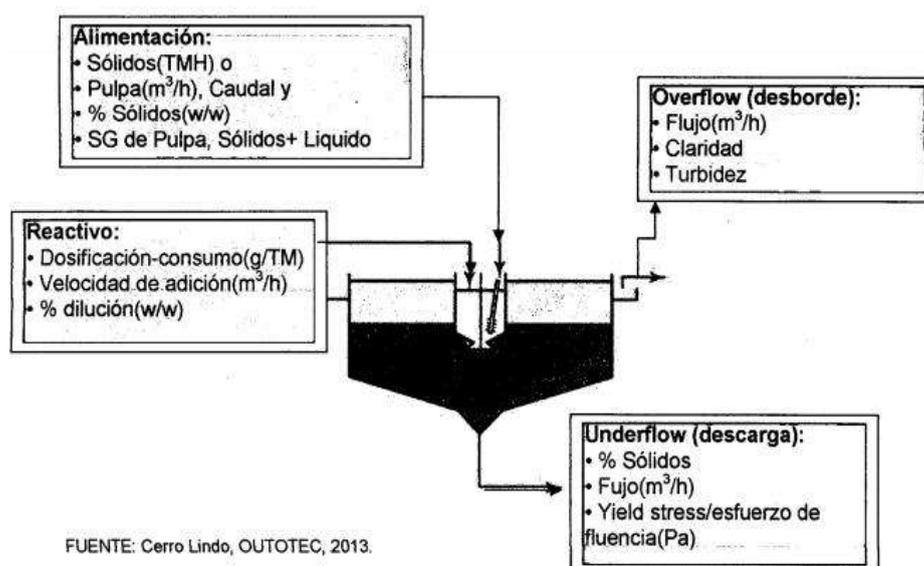


Ilustración 1. Control de procesos entradas y salidas del espesador de relave (Cabrejos S, 2011).

2.2.1.1 Factores influyentes en la Separación Sólido-Líquido.

a) Forma de la partícula características superficiales.

Considera, siempre esférica la partícula y porosidad cero para ser óptima, “cualquiera de estos factores se aleja de su estado ideal, las dificultades se incrementan. Las características químicas de la superficie de las partículas va a influir en factores como la dosificación de floculantes” Palli Calla (2016).

b) Concentración de sólidos.

Al incrementar la concentración de sólidos, “se minimiza tamaño de equipos requeridos y costo en etapas separación sólido – líquido. La mayoría de espesadores se diseñan sobre unidad de área requerida ($\text{metro}^2/\text{tonelada}$ corta seca día) que disminuye conforme aumenta la concentración de sólidos en alimentación” (Calancha Mamani, 2021).

c) Tamaño de partícula y granulometría.

Se considera que “las partículas finas tienen ratios más bajas de sedimentación. Un incremento del área superficial significa una menor concentración en la salida inferior del concentrador (underflow) en la descarga” Palli Calla (2016).

d) Viscosidad y densidad relativa del líquido.

“El incremento de la viscosidad disminuirá la ratio de sedimentación. El mantenimiento de temperaturas altas es requerido porque disminuirá la viscosidad del agua” (Calancha Mamani, 2021).

2.2.2 Sedimentación o espesamiento.

“El espesamiento consiste en una secuencia de dos fenómenos, la sedimentación y consolidación, tienen comportamiento físico diferente, por lo que es necesario analizarlos por separado” (Cabrejos Salinas, 2011).

2.2.2.1 Variables de espesamiento.

➤ Sedimentación

Es el asentamiento de unidades, de partículas individuales o flocos, por la fuerza de gravedad. Cuando sedimentan diversas partículas de una suspensión ellas interaccionan entre si obstaculizando su trayectoria y disminuyendo la velocidad de asentamiento que tendrán cada partícula individualmente.

Durante la "... sedimentación las partículas están rodeadas de fluido y interacción entre ellas se verifica a través del fluido. Dos partículas no pueden ocupar el mismo sitio simultáneamente, entonces interacción es estérica e hidrodinámica" (Cabrejos Salinas, 2011).

➤ Consolidación

Finaliza la sedimentación al llegar las partículas individuales, a fondo de la columna de sedimentación o espesador y descansar unas sobre otras. "Si estas partículas son incompresibles, por ejemplo, al no usar floculante el concentrado de cobre, el proceso de espesamiento termina ahí". En caso relaves de cobre floculados, "si las partículas son compresibles, el peso de flóculos comienza a afectar a los flóculos inferiores comprimiéndolas y exprimiendo el agua que permanece en el interior de estos. Este fenómeno eliminación de agua por compresión se denomina consolidación" (Cabrejos Salinas, 2011).

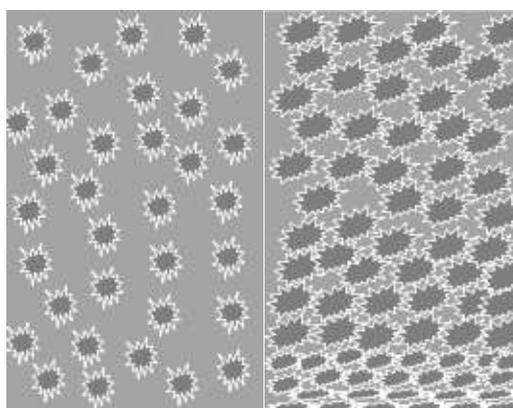


Ilustración 2. Modelo Físico de la sedimentación y consolidación (Concha, 2001)

2.2.3 Espesadores.

Son estanques de “Gran diámetro y poca profundidad relativa, y se separan el líquido claro la parte superior y pulpa con alta concentración de sólidos al fondo. Estos equipos se utilizan en forma batch o continuo, esta última más común” (Sette Ramalho, 1996).

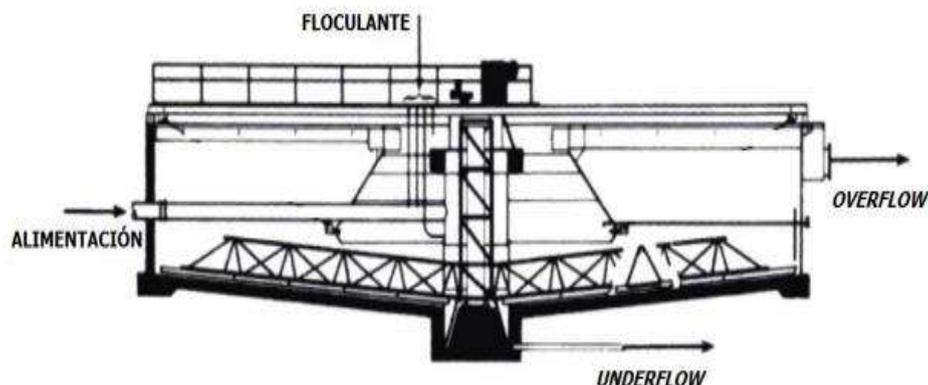


Ilustración 3. Diagrama espesador de alta capacidad (McKetta, 1992)

El método operación de espesador consiste, “medida corriente alimentación con sólidos ingresa al equipo, comenzando depositarse la parte inferior, mismo tiempo, líquido clarificado se desborda por parte superior, la corriente de descarga inferior será una pulpa con contenido de sólidos más alto respecto a alimentación” (Sette Ramalho, 1996).

Cumpliendo las condiciones mencionadas para la operación del equipo, nos permite formación de tres zonas o capas características, observar figura 4, al mostrar la sección transversal del conocido espesador:

a) Zona superior: es la “zona de agua clara, que está libre con contenido bajo de sólidos y corresponde al agua recuperada por desbordamiento de parte superior espesador”.

b) Zona media: o “zona de sedimentación, es pulpa de características similares al flujo de alimentación respecto a la concentración de sólidos, a la vez comienzan desarrollándose a medida que disminuye dentro del equipo...”

c) **Zona de compactación:** lugar de “... pulpa más concentrada y porcentaje de sólidos similar al obtenido en la descarga del equipo, al producirse por deshidratación lograda al desbordarse agua en la parte superior...”

Folio
67

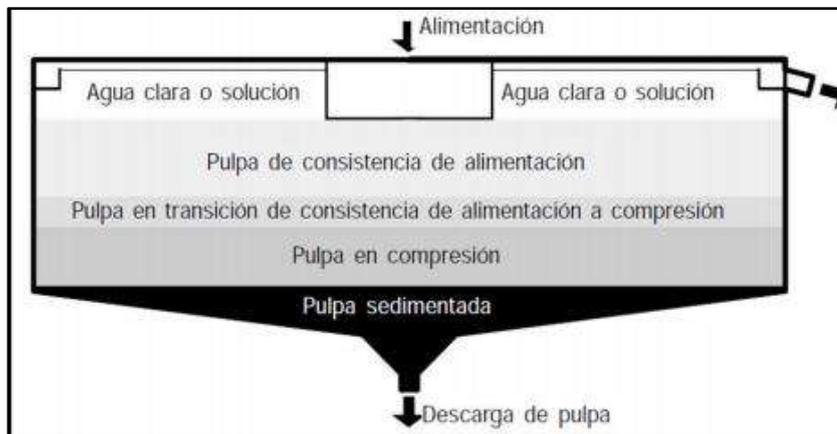


Ilustración 4. Zona del espesador (Sette R, 1996).

2.2.3.1 Principio de operación de un espesador

Existen varios factores a considerarse al desarrollar principio de operación en espesador.

El objetivo del funcionamiento del espesador es el siguiente: (Navarro Bermudez, 2019)

- Operación estable.
- Producir una concentración de descarga lo más gruesa posible mientras se mantiene la operación estable.
- Minimizar el uso de floculante mientras se sigue manteniendo una descarga gruesa y un efluente claro.
- Máxima recuperación de agua clara.

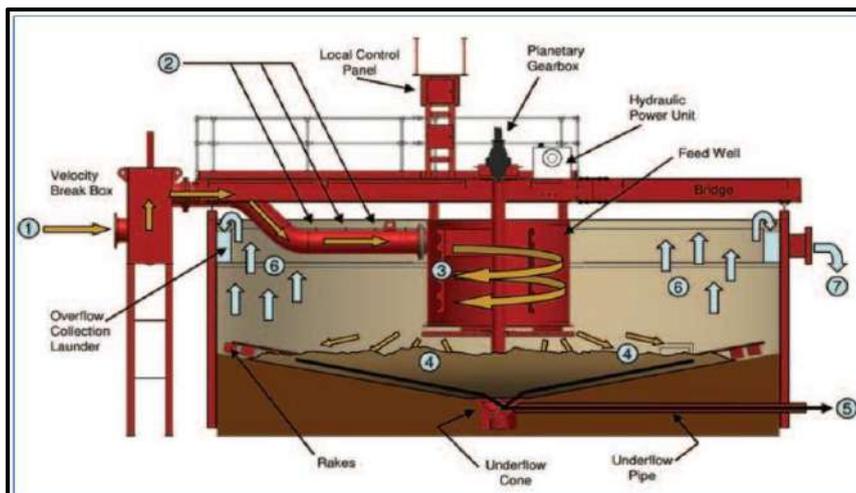


Ilustración 5. Principio de operación de un espesador tipo High Rate (Navarro B, 2019).



Ilustración 6. Disposición de relave espesado en presa de relave, porcentaje sólidos 60%.

2.2.3.2 Componentes de un espesador

“Los espesadores están compuestos por un tanque circular, se realiza alimentación por región central permitiendo la distribución homogénea de pulpa de forma que la sedimentación ocurre adecuadamente, mostramos algunos elementos básicos (figura 7). Principales características de un espesador convencional” son: (Gomez P, 2012)

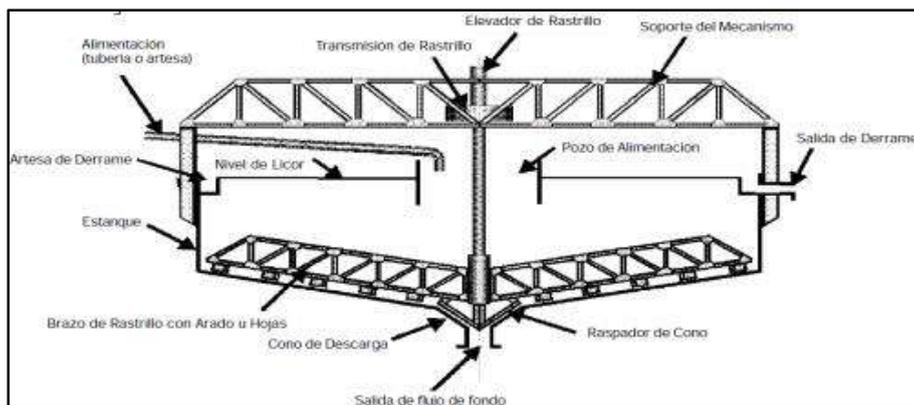


Ilustración 7. Elementos de un espesador (Ojeda V, 2014).

A.- Tanque. La estructura básica de todo espesador, al ocurrir en el “recipiente debe ser construido de material: acero, concreto, plástico e incluso madera. Al seleccionar el material va depender de las características de la pulpa (corrosión, densidad), condiciones de operación (temperatura, presión), costos, condiciones climáticas y volúmenes de procesamiento” (Svarovsky, 2000).

B.- Rastras, o rastrillos o brazos pulido. “Son mecanismos que giran al interior del tanque, que transporta los sólidos sedimentados al punto de descarga central del espesador, generando pequeños canales permitiendo liderar el agua atrapada obteniendo una cama de lodos con mayor contenido de sólidos”. (Ojeda V, 2014)

La “velocidad de giro rastras es importante del diseño de espesador, capaces de evitar la acumulación excesiva de sólidos en el fondo del equipo y no generar turbulencia impidiendo la correcta sedimentación de partículas” (Ojeda V, 2014).

C.- Sistema de accionamiento. “Conjunto de componentes de fuerza necesaria permite el movimiento de rastra a través de pulpa espesada, mismo tiempo, transporta hacia el punto de descarga del espesador. Apoyados el sistemas y accionados con unidades mecánicas o hidráulicas”. (Ojeda Vásquez, 2014)

La mayoría de espesadores, la confiabilidad del sistema de accionamiento es fundamental en la operación, buen funcionamiento de espesador “depende en gran medida su capacidad de transportar sólido espesado al centro del equipo, contrario no puede seguir operando. Implicando otro equipo deberá soportar carga extra (caso de existir), posible carga desviarla, o detener la cadena de producción completa” (Ojeda V, 2014).

D.- Estructura de soporte. Se clasifican los espesadores por clases de estructura al usar para soportar el sistema de accionamiento, “...reconociéndose como espesadores: tipo puente (bridge type) o “tipo pilar central (centre pier type)”. Primer, del eje central y mecanismo acción, al sostenerse una estructura que atraviesa el tanque y fuerza necesaria al resistir el peso completo del mecanismo...”, también el torque al ejercer sobre rastras por efecto de sólidos sedimentados. Generalmente, usa estructuras tipo puente, para “espesadores de diámetros relativamente pequeños, 30 o 40 metros, a veces muchos de espesadores incluyen puente en la zona superior, utilizándose como método de soporte en tuberías de alimentación y acceso del personal autorizado, caso de ser necesario” (Ojeda Vásquez, 2014)

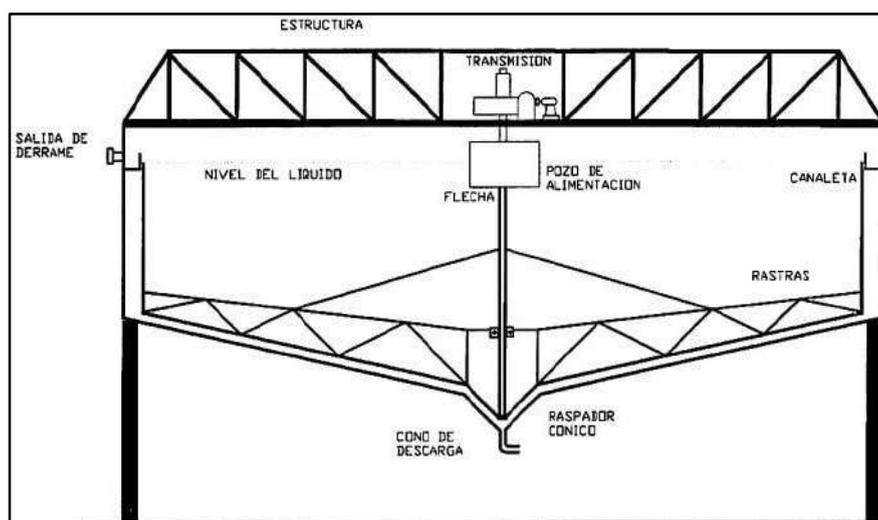


Ilustración 8. Partes de un espesador (Ojeda V, 2014).

E.- Espesadores de mecanismo elevación de rastra. “Permiten levantar la posición de las rastras, a ciertas situaciones de emergencia, también pueden emplearse como mecanismo de control”. Algunos casos rastras de levantamiento es utilizado, evitando un aumento del torque y el flujo de descarga no es suficiente e ingresan equipos sólidos de mayor tamaño y acumulaciones menores en su fondo. “Para situaciones como ésta, hay sistemas que permiten levantar las rastras hasta que el torque recupere valores que se consideran normales, a partir de lo cual el mecanismo se baja lentamente hasta su posición original” (Ojeda V, 2014)

F.- Bandeja de alimentación. o “pozo de alimentación (feed well) se ubica normalmente al centro del espesador, recibe la pulpa alimentando al equipo por un tubo o canaleta, el objetivo, reducir la turbulencia del flujo disipando su energía cinética y distribuyéndola de forma uniforme al interior del equipo...”. La bandeja cilíndrica el esfuerzo de cizalle amortigua la turbulencia del flujo alimentado e ingresando de forma laminar, así evitar que interfiera con aquellos sólidos que ya están sedimentando. “A medida que la claridad del overflow es importante, o bien la gravedad de la pulpa es más cercana a la gravedad específica del líquido, se necesita la utilización de bandejas de alimentación más profundas y mayor diámetro” (Ojeda V, 2014).

G.- Sistema de recuperación del OverFlow. Es el flujo de agua clara recuperada de parte superior del espesador, eliminándose a través de canaleta periférica, ubicada al borde interior o exterior del tanque.

Debe tener la canaleta “...capacidad de soportar eventuales aumentos en el flujo de agua recuperada, impidiendo su inundación y evitar la necesidad de detener momentáneamente la alimentación al equipo...”, afectando densidad obtenida en la descarga del underflow. “Flujo total recuperado en canaleta que bordea todo el equipo, llega a una cañería dirigido por el agua recuperada hacia estanque de almacenamiento o piscina de retención, por medio de bombeo se deriva a zonas de procesamiento requerido” (Ojeda V, 2014)

H.- Sistema de descarga del UnderFlow. Al fondo del espesador, los sólidos sedimentados deben ser retirados con ayuda del giro de rastras, y la pulpa debe ser transportada al centro del tanque. “Esta zona hay una estructura cónica conectada línea descarga, eliminándose los sólidos, a una o varias cañerías. Desde punto operacional, sistema descarga underflow, tiene capacidad de remover los sólidos desde interior, a toda condición de alimentación” (Ojeda Vasquez, 2014)

Caso contrario, una acumulación de “Sólidos genera situaciones de riesgo para equipo y necesidad de detener el mecanismo, y la operación. En este mismo sentido y situaciones particulares, los espesadores cuentan con sistemas que permiten detener la alimentación o desviarla del equipo” (Ojeda Vasquez, 2014)

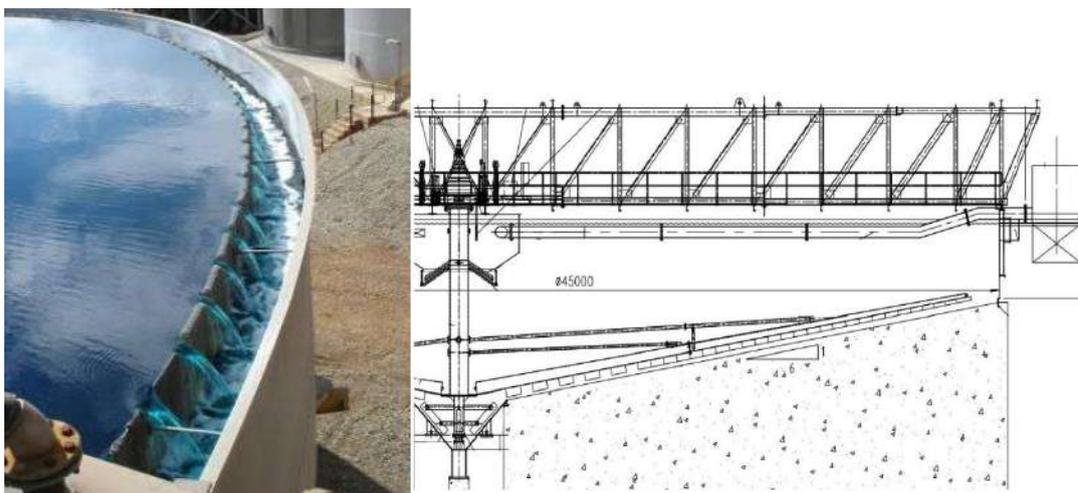


Ilustración 9. Vista de la pared del tanque (Ojeda V, 2014).

2.2.3.3 Equipos de instrumentación

Al equipar un espesador, se puede controlar por medio de lectura en señales permitiendo identificar a tiempo en el interior. “El control de cualquier espesador, necesita la combinación de señales confiables y fundamentos de operación. Más grande equipos de instrumentación disponible, menor dificultad en desarrollar una estrategia de control, de forma manual o sistema de control automático” (Ojeda V, 2014).

Se toman “Variables al monitorear comúnmente destacan torque, presión de cama lodos, nivel de interfaz, flujos y densidades en la alimentación y descarga, entre otras permitiendo complementar la información, dependiendo el objetivo del equipo o características de la planta” (Ojeda V, 2014).

A.- Torque. Se mide el espesador usar el indicador de fuerza para hacer girar las rastras. Otra forma de medición, torque alto significa densidad del underflow o cama de lodos gruesa. “Ambas las situaciones son comunes, indicando ingreso mayor fracción del material grueso en la alimentación u otros fenómenos menos frecuentes, al que podrán identificar con el análisis de señales” (Ojeda V, 2014).

Torque a la fuerza que hacen las rastras para poder llevar la carga (cama) hacia el centro del espesador en el cono de descarga, su unidad es Newton x metro (N.m). En el área de espesadores de relave el torque se expresará en porcentaje.

- ✓ Torque (mínimo) = 0%
- ✓ Torque (máximo) = 100%
- ✓ Torque (trabajo) = 20 – 30%
- ✓ Seteo de torque (tablero) = 55%
- ✓ Detención de rastras (torque) = 90%

B.- Medida altura de rastras. “Directamente relacionada con su mecanismo de elevación. Se usa mayormente dependiendo de los límites establecidos para la medida del torque, permitiendo las rastras continúen girando, incluso condiciones irregulares o bien, para evitar situaciones que pongan en riesgo la estructura” (Ojeda Vasquez, 2014).

“El giro rastras trabaje en manera manual se puede trabajar a distintas alturas dependiendo del torque se podrá seguir bajando o izando las rastras” (Ojeda Vasquez, 2014).

La altura de las rastras se va a expresar en milímetros (mm)

- Altura mínima: 200mm
- Altura máxima: 600mm
- Rango de izaje o bajada: 400mm

C.- Instrumentos de nivel de cama (Bedd level). Usados para conocidas variables el nivel de cama, se inicia identificando correspondiente altura de sólidos a sedimentar dentro del equipo, llamada zona compactada. Esto indicando altura correspondiente del nivel de sólidos, se entiende fenómeno de sedimentación de concentración en partículas desde la superficie al fondo del equipo.

Funcionan los sensores de tipo nuclear, el principio de medir la atenuación de rayos enviados desde emisor al receptor, pasando por recipiente de proceso. “Son útiles, en aquellos casos es necesario evitar el contacto con el fluido, pero pueden verse afectados cuando los cambios en el mineral pudiesen tener algún efecto radiactivo, además de la interferencia que se presenta por el paso de las rastras” (Ojeda V, 2014).

D.- Presión de cama de lodos (Bedd mas). Es intento de medir en zona inferior del tanque la presión del espesador, es un indicador de la gravedad específica global, movimiento constante del volumen interior.

Es prácticamente constante del líquido la gravedad específica, y podemos predecir que representa directamente la cantidad de sólidos al existir en su interior, en instante de medir al inventario de sólidos.

Al acompañar medida del nivel de cama en lodos su indicador de presión es herramienta poderosa en el control operacional del espesador. “Alto nivel de interfaz no significa la presión de cama de lodos sea alta. Al combinar dos mediciones, entrega información relevante conociendo la dinámica de sedimentación al interior del equipo y ajustando suministro de floculante o flujo de descarga” (Ojeda Vasquez, 2014).

E.- Turbidez del OverFlow. Su control de medición, nos indica tomar acción sobre la dosificación de floculante. “Varias aplicaciones existe un retardo temporal, entre momento al modificar la dosis del floculante y resultado del efecto sobre el agua clara que desborda del espesador. En muchas ocasiones se utiliza está medición para efectos de monitoreo y alarmas” (Ojeda Vasquez, 2014).

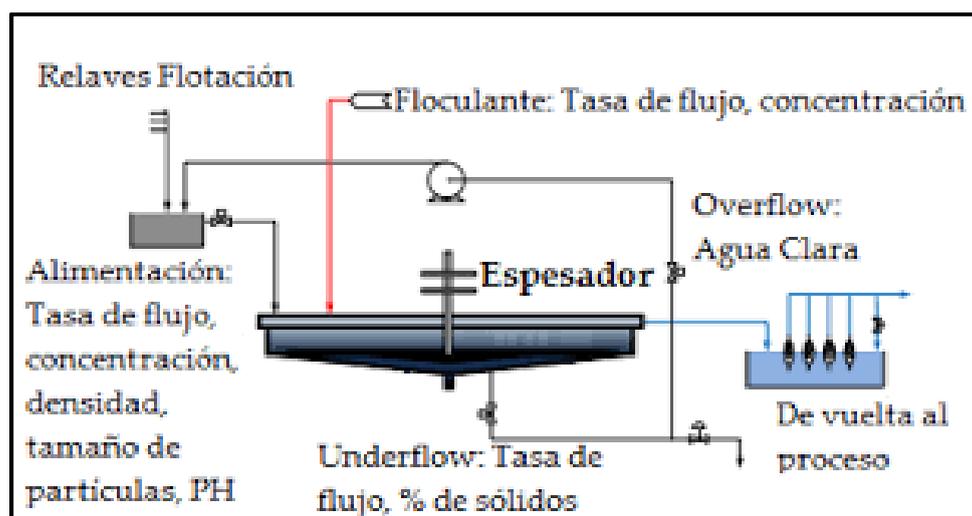


Ilustración 10. Vista de la pared del tanque (Ojeda V, 2014).

2.2.3.4 Dos Tipo de espesadores

A.- Construcción de clasificación estructural:

- **Espesadores de puente:** el drive, “está apoyado en un puente que cruza todo el diámetro del espesador o columna y en una columna central, contando con puente que va desde la periferia del espesador hasta el centro figura 11” (Fuenzalida Hidalgo, 2017)

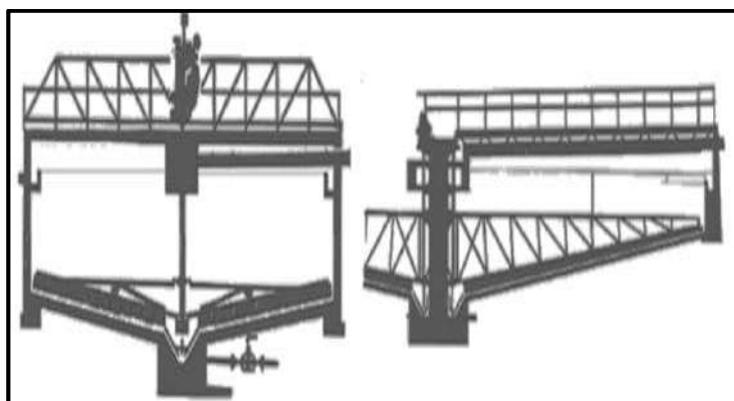


Ilustración 11. Espesador de puente (izquierda) y columna (derecha)

Fuente: Fuenzalida Hidalgo NV, 2017.

- **Espesadores de tracción periférica:** “Es como tractor que mueve la rastra, al centro del espesador existe una columna central al actúa como pivote del movimiento (Figura 12). Este equipo no cuenta con sistema de levante de rastras” (Fuenzalida Hidalgo, 2017).



Ilustración 12. Espesador de tracción periférica

Fuente: Fuenzalida Hidalgo NV, 2017.

B.- Clasificación operacional

Lo que puede entregar la concentración de relave, en últimos 10 años la tecnología de espesamiento se ha desarrollado, paralelo con tecnología del floculante, métodos de mezclado y adición, con operación eficiente incrementando ratios de procesamiento convencionales de $0.45\text{t/m}^2/\text{h}$ a $2.7\text{t/m}^2/\text{h}$. Existen en el mercado diversos tipos de espesadores:

- ✓ Espesadores convencionales
- ✓ Espesadores de alta capacidad
- ✓ Espesadores de alta densidad
- ✓ Espesadores convencionales

La característica, bandeja de alimentación, está en parte superior del equipo y “cuando ingresa al espesador, mezcla flujo de alimentación, parte agua recuperada y diluyendo a valor denominado concentración conjugada que sedimenta a velocidad constante, formando manto de altura variable y transformando en sedimento la parte inferior del equipo” (Palli Calla, 2016).

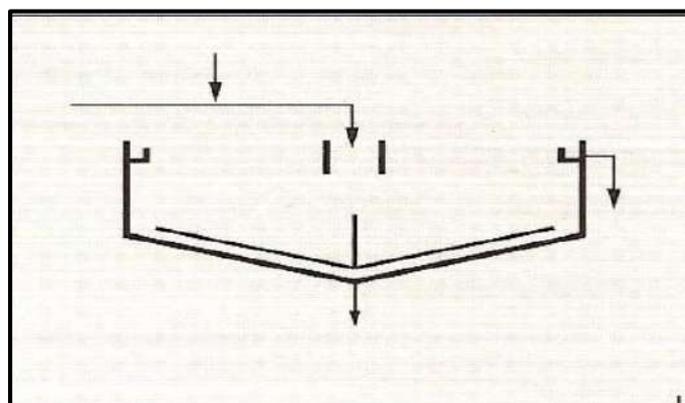


Ilustración 13. Espesador convencional (Palli Calla, 2016)..

✓ Espesadores de alta capacidad

Su capacidad mayor a espesadores convencionales y el pozo de alimentación es más profundo que el espesador convencional, “permitiendo descarga pulpa de alimentación bajo el nivel del sedimento”, evitando contacto directo del líquido que asciende y sólidos que sedimentan.

Alimentación ingresa donde se agrega floculante y dispersado al instante, y logra gradual mezclado en descenso, mejorando acción del floculante. “Mezclarse alimentación más sedimento forman pulpa de concentración mayor que alimentación, mayor o igual concentración que concentración crítica (sedimentos entran en compresión). Por ello no exista zona de sedimentación, restringiendo capacidad del espesador” (Anaya Huaman, 2019).



Ilustración 14. Espesador de alta capacidad - Minera Shauxin.

✓ Espesadores de alta densidad

El proceso para obtener relaves en pasta, partiendo de relave en pulpa con un porcentaje de sólidos 30% se realiza por medio de espesadores de cono profundo. Hacer diseñado los sedimentadores, a viscosidad alta de flujos subterráneos producidos, eliminando lodos de los desechos a concentración, esquivar disociación de finos y partículas gruesas o equipo de estanque en superficie del depósito de líquido.

Esto se aplica en sistemas de apilamiento en seco y operaciones subterráneas de llenado en pasta para eliminación de relaves en minas y materiales similares. (Proveda, Diana 2017)



Ilustración 15. Espesador de alta densidad - Minera Shauxin.



Ilustración 16. Disposición de relave en pasta en una poza de desecado - Minera Shauxin.

2.2.3.5 Espesadores Industriales

Equipo de separación continuo sólido-líquido, las partículas sólidas se decantan que están almacenadas en pulpa, se produce overflow de agua clarificada en rebose y lodo concentrado en la descarga (underflow).

Según la terminología de la industria y aplicación se denomina, flujo al que ingresar a espesador “alimentación” o “influyente”, y al rebose “efluente”, “sobrenadante” u “overflow” y producto inferior “lodo” o “underflow”. Consiste un espesador un tanque, rango 2 a 200 m de diámetro, profundidades 1 a 7 m, cuyo fondo tronco-cónico con pendiente al interior de este. Al alimentar en forma de pulpa, se dirige a través un canal, con pendiente que garantice deposiciones cero de partículas, hacia el foso de alimentación (feedwell) que se encuentra en centro del tanque e inferior de la superficie del líquido sobrenadante, del sector sedimentación, al impedir perturbaciones, distribuyendo uniformemente la carga en el tanque. “Con el reactivo y tiempo de residencia adecuado los sólidos van depositándose en el fondo del tanque, el líquido sobrenadante se ubica en parte superior del sector de clarificación” (Palli Calla, 2016).

2.2.4 Floculantes y floculación.

Es importante el floculante en la separación de sólidos-líquidos, al contacto con la pulpa acelera su velocidad de sedimentación de las partículas que están suspendidas, el floculante cumple tres propiedades: compactación, clarificación y buena velocidad de sedimentación.

El proceso de floculación se genera debido alto peso molecular cadena larga de polielectrolitos al formar el polímero un puente entre dos partículas creando una estructura tridimensional aleatoria. “Actualmente la mayoría de floculantes utilizados son polímeros orgánicos sintéticos solubles en agua su peso molecular muy alto, la floculación es mejor cuanto mayor es el peso molecular, permitiendo una sedimentación más rápida” (Palli Calla, 2016).

2.2.4.1 Floculante. “Polímeros orgánicos cadenas largas y gran peso molecular (> 100), solubles en agua forman puentes o uniones entre partículas, formando partícula de mayor tamaño aparente, agrupándose en partículas que sedimentaran rápido, acelerando el proceso de separación solido líquido” (*Palli Calla, 2016*).

El proceso de floculación es sustancia dispersa al separarse del líquido es contenida en forma de partículas pequeñas, por acción del floculante. En minería, floculantes utilizados son polímeros sintéticos de alto peso molecular, las moléculas de cadena larga y gran afinidad por las superficies sólidas. Estas “macromoléculas se fijan por adsorción de partículas y provocando la floculación. Ventaja de floculantes sintéticos su estructura molecular, contenido químico como peso molecular y grado de hidrólisis, o ionicidad, es diseñada a voluntad a necesidades encontradas en la industria” (Gomez Paredes, 2012).

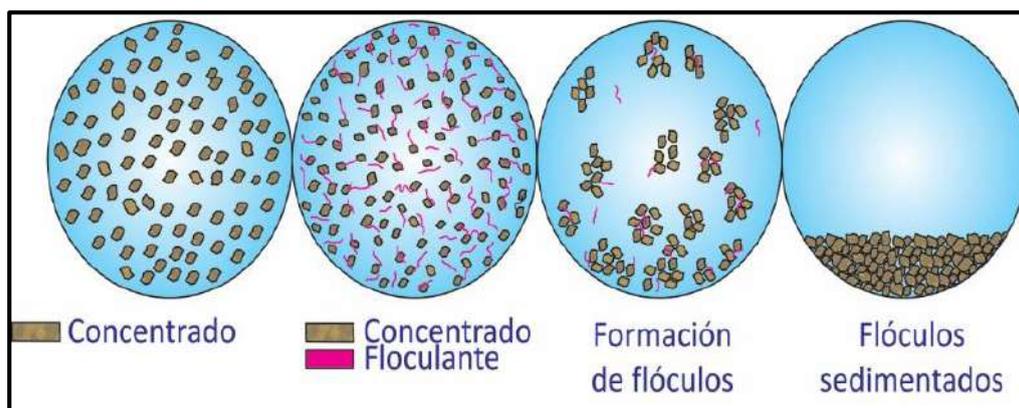


Figura 17. Mecanismo de floculación (Gómez Paredes, 2012)

2.2.4.2 Floculación. La agregación de partículas mediante la adsorción de largas cadenas de polímeros en varias partículas se denomina floculación. De acuerdo a la forma que el polímero actúa sobre las partículas se distinguen diferentes formas de floculación.

La industria minera utiliza frecuentemente los polímeros aniónicos como floculantes que los catiónicos o los neutros. En caso la adsorción se produce por enlaces covalentes o por reacción química en la superficie de las partículas y aglomeración recibe el nombre de

floculación por enlace de sal. “Estos mecanismos de agregación, floculación por puente es importante. Al elegir un floculante para proceso de agregación, tipo de sólido, su carga superficial y los electrolitos presentes en la solución determinarán el reactivo necesario y el tipo de floculación” (Gomez Paredes, 2012).

Los polímeros en general accionan formando puentes de hidrógeno, y polímeros iónicos reaccionan, además, por interacción electrostática. El adecuado floculante para cierta tarea dependerá del potencial y carga superficial de partículas sólidas como condiciones fisicoquímicas de solución que la afectan, tales pH y la fuerza iónica. Otros ejemplos de polímeros sintéticos son:

- No-iónicos: óxido de polietileno; polivinil alcohol.
- Aniónicos: poliestireno-sulfonato de sodio
- Catiónico: poietilenamina; cloruro de dialidimetil-amonio.

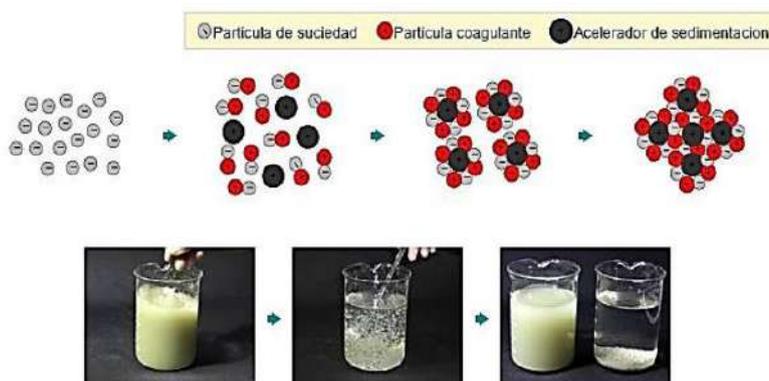


Ilustración 18. Mecanismo de floculación (Gómez Paredes, 2012)

A.- Factores que afectan a la floculación

“Se observa de la experiencia, los siguientes factores afectan los resultados al realizar una floculación en un medio acuoso” (Quispe Ordoñez, 2011).

- ✓ **Porcentaje de sólido en una pulpa:** al incrementar el porcentaje, aumentan edición de floculante manteniendo los g/Tn del floculante para no afectar.

- ✓ **Carga superficial de las partículas:** en medio acuoso depende de esta carga superficial y del tipo de carga del floculante (aniónicos, no iónico o catiónico).
- ✓ **Estabilidad de los coágulos:** muchas veces no es estables, una ligera agitación ocasiona rompimiento impidiendo al floculante pueda atraparlos.
- ✓ **Tamaño de partícula:** van perdiendo eficiencia los floculantes al reducirse el tamaño de partícula, cuando son menores a 1 micrón es preferible coagular y luego flocular.
- ✓ **pH:** a pH bajos, se obtienen mejores resultados con floculantes de baja densidad de carga, a pH alto se obtiene resultados favorables con floculantes con alta densidad de carga; esto independientemente de si son aniónicos o catiónicos.
- ✓ **Dosis óptima de polímero:** cierta concentración de sólidos, todo polímero añadido se absorbe sobre los mismos, y no absorbe totalmente es dosis óptima, cuando es absorbido a lo máximo polímero sobre el sólido nos produce sistema floculado, condición que ningún enlace de superficie sea roto después de la formación de flóculos. A desarrollarse la floculación, su formación disminuye la superficie disponible, el número de colisiones entre partículas disminuye, cierta cantidad de finos escapa al fenómeno de floculación dando lugar una ligera niebla en suspensión en el líquido sobrenadante.
- ✓ **Agitación:** adecuar al momento de dosificación el polímero en los procesos de formación y engorde del floculo. Se dispersa el polímero en el seno del agua exige rápida agitación favoreciendo floculación homogénea en todos los puntos y crear tamaño de flóculos homogéneo. “La agitación rápida favorece, un mayor número de colisiones entre las partículas y cadenas de polímeros asegurando la floculación total de los coágulos”. Al iniciar la floculación, “...conviene reducir la velocidad de agitación evitando efectos de cizalladura que produzcan la rotura mecánica de los flóculos...”. Conviene óptimo estado de agitación, logrando acercar las partículas y formar puentes de enlace y los agregados.

- ✓ **Peso molecular del polímero:** es una propiedad que caracterizan a un polímero determinando la eficacia de la floculación. Al utilizar un polímero de bajo peso molecular existe la tendencia por parte de cada molécula a ser adsorbida por una única partícula. Con un polímero del mismo tipo, pero de mayor peso molecular se produce un aumento en la relación óptima polímero/sólidos, es decir, mayor número de moléculas pueden ser adsorbidas y utilizadas por las partículas. Al aumento del peso molecular se optimiza la dosis de polímero y se incrementa la velocidad de decantación.
- ✓ **Concentración de sólidos:** La estabilidad de flóculos crece con la densidad de los sólidos, debido a un aumento de probabilidad de unión de fragmentos en flóculos rotos.
En suspensiones muy concentradas, la velocidad de sedimentación es menor por corriente ascendente del fluido desalojado, al generar un equilibrio entre ambos fenómenos.
- ✓ **Superficie de los sólidos:** La dosis óptima de floculante es proporcional a la superficie específica del sólido; es decir, al aumentar de tamaño o superficie de la partícula se reduce la dosis de floculante.

B.- Modificadores Reológicos

Estos modificadores afectan el estado de agregación y dispersión de los sistemas particulados, con ventaja en el proceso, logran recuperar más agua y de mejor calidad con respecto a los floculantes convencionales.

“La viscosidad y yield stress son reducidos mediante la adición de reactivos que generan mayor dispersión del sistema particulado, generando el sólido de descarga de los espesadores sea mayor, y mejores propiedades reológicas” (Quispe Ordoñez, 2011).

El yield stress y estabilidad de suspensión, se desarrolla al adicionar los reactivos que conducen a la agregación. La variación del esfuerzo de cedencia frente al floculante convencional o modificador reológico, observamos la figura 19.,

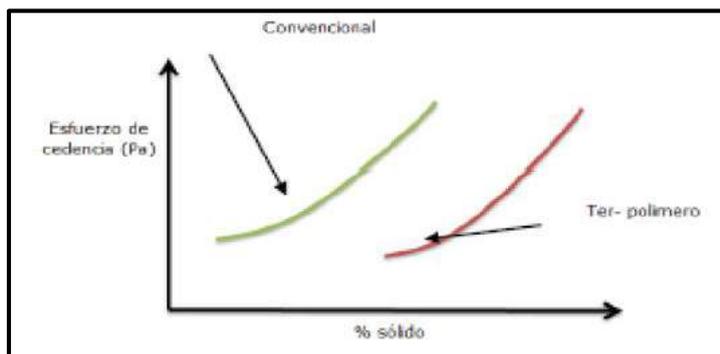


Ilustración 19. Variación del esfuerzo cedencia vs aplicación de un floculante convencional y un modificador reológico.

Fuente: Quispe Ordoñez, 2011.

Se pueden “clasificar como inorgánicos (iones disueltos, especies poliméricas) u orgánicos (bajo, medio y alto MW)” (Quispe Ordoñez, 2011).

b1.- Modificadores geológicos inorgánicos:

- Electrolitos promueven la agregación mediante la compresión de la doble capa eléctrica (CaCl₂, MgCl₂, NaCl, KCl).
- Iones adsorben en forma específica capaces de reducir, o incluso cambiar el signo de carga superficial provocando la agregación (ejemplo, cationes polivalentes y aniones).
- Iones al determinar potencial afectan la magnitud de carga superficial y el estado de agregación/dispersión (ejemplo, modificadores de pH).

b2.- Modificadores eológicos orgánicos:

- Polímeros de bajo peso molecular, su acción como dispersantes por que aumentan la carga repulsiva de las partículas (CMC).
- Polímeros de alto peso molecular actúan como floculantes adsorbiéndose sobre varias partículas para formar flóculos (PAM).
- Polímeros de peso molecular intermedio exhiben una gama de respuestas intermedias (polisacáridos, floculantes catiónicos).

C.- Tipo de floculante

C1.- Floculantes minerales

Son “Compuestos muy coloidales que reaccionan por absorción o neutralización de cargas de partículas en suspensión, sílice activada, bentonita, hidróxido férrico” (Calancha Mamani, 2021).

C2.- Floculantes naturales

“Son polímeros solubles en agua, más comunes son derivados amílicos, los polisacáridos, los alginatos, (extractos de algas)”. (Calancha Mamani, 2021).

C3.- Floculantes sintéticos

“Son polímeros sintéticos de peso molecular muy alto, solubles en agua, de tipos no iónico, aniónico y catiónicos, varios tamaños de moléculas que proporcionan rendimiento óptimo en cualquier tipo de suspensión” (Calancha Mamani, 2021). Existen en el mercado reactivos químicos tres tipos de floculantes sintéticos más usados:

➤ **Floculantes aniónicos**

Son más usados en sedimentación de pulpas de minerales y concentrados, tales como Cu, C, Pb, Zn, etc. “Eficientes en mayoría de suspensiones que contienen minerales u otros solidos inorgánicos, particularmente bajo condiciones neutras o alcalinas. Los consumos o dosificaciones típicos varían entre 2 a 50 g/t, gramos de floculante por tonelada de solidos secos” (Calancha Mamani, 2021).

➤ **Floculantes no iónicos**

Son “Usados en la sedimentación de pulpas de minerales de Fe y flotación de Oro etc., son muy efectivos en pulpas acidas. Los consumos o dosificaciones típicos varían entre 1 a 50 g/t. También pueden usarse como ayuda filtrante” (Calancha Mamani, 2021).

➤ **Floculantes catiónicos**

Usados en “Sedimentación de desperdicios carbón, lamas del mineral de hierro y

concentrados de minerales. Eficientes en sistemas conteniendo solidos orgánicos o pH bajo. Los consumos o dosificaciones varían: 25 a 250 g/t. Efecticos en clarificación de aguas extraídas de mina, dosificaciones 5 a 50 g/t” (Calancha Mamani, 2021).

Folio
47

Tabla 1.

Tipo de Floculante

Tipo de floculante	Aplicaciones Industriales		Consumo usual (g/t)
Aniónicos	Espesamiento de pulpas minerales y concentrados	Concentrado de relave “cobre, plomo y Zinc, lamas de pirita y bauxita”.	2.5 - 5.0 g/t
	Agente filtrante para filtración a presión y a vacío.	Concentrado minerales	50 - 250 g/t
	Desaguado centrifugo	Concentrado de minerales y relaves	5 - 250 g/t
No iónico	Espesamiento de pulpas minerales y concentrados	Flotación de minerales auríferos, lamas de hierro.	1 - 50 g/t
	Agente filtrante para filtración a presión y a vacío.	Concentrados minerales	5 - 250 g/t
Catiónico	Espesamiento de pulpas minerales y concentrados	Concentrados y relaves “Cobre y hierro, lamas de Cobre y hierro”	25 - 250 g/t
	Clarificación de agua de mina		5 - 50 g/t

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería

2.2.5 *Relave.*

Proviene del “... tratamiento de concentración de minerales 20 a 50% de sólidos en peso, de plantas concentradoras conocidos como desechos minerales sólidos, tamaño entre arena y limo, producidos, transportados a través de tuberías y depositados en forma de pulpa o lodo”, recuperando mínima cantidad de agua del tanque espesador. Los depósitos de relaves, la pulpa es descargada desde la cresta del dique, asentándose los sólidos, formándose una playa de leve inclinación, “extiéndase desde el punto de descarga hasta la poza de decantación, el agua remanente de pulpa acumulada se recicla a planta concentradora o ser vertida a cuerpo receptor, una quebrada, río o laguna”. (Calancha Mamani, 2021).

Se componen los relaves:

- **Sólidos suspendidos:** se constituye de ganga y pequeñas cantidades de material valioso. Siempre parte sólida es roca molida semejante a la arena, no se puede disolver en el agua tampoco los contenidos metálicos se transforman químicamente.
- **Metales en solución,** pequeñas concentraciones de planta de flotación, usando los reactivos químicos del proceso: “cianuro de sodio, ditiofosfatos, xantato, cromatos, sulfitos, sulfato de cobre, sulfato de zinc, ácidos grasos, alcoholes, aceites, y modificadores pH: como cal, hidróxido de sodio, caliza, carbonato de sodio, ácido sulfúrico y/o sulfuro de sodio entre otros” (Calancha Mamani, 2021). Según requerimiento metalúrgico en cada operación.

A.- Clases de relaves: según condiciones pueden ser:

- **Relaves activos u operativos:** según operación o faena minera activa.
- **Relave inactivo:** “Relave sin operación en proceso de cierre o reapertura...”.
- **Relave abandonado:** encontrándose abandonado, nadie se hace cargo. “Muchos de ellos son real peligro para la población y medio ambiente” (Calancha Mamani, 2021).

Tabla 2.**Los relaves también se pueden tipificar de la siguiente manera:**

Naturaleza química	<input type="checkbox"/>	Alcalinos
	<input type="checkbox"/>	Ácidos
Según granulometría	<input type="checkbox"/>	Gruesos
	<input type="checkbox"/>	Finos
Procesos metalúrgicos	<input type="checkbox"/>	Flotación
	<input type="checkbox"/>	Gravimétrico
	<input type="checkbox"/>	Cianuración
	<input type="checkbox"/>	Lixiviación

Fuente: *Universidad Nacional de Ingeniería.*

Todo y cada relave es diferente, no existiendo, porcentaje de sólidos indicando los materiales, y transición, pulpa convencional a espesada o pasta. “La praxis los contenidos de pasta sólida varían 40 a 90% sólidos en peso, debido mineralogía, distribución tamaño de partícula, contenido arcillas, forma partícula, fuerzas electrostáticas y dosificación de floculante. Concepto importante comparando procesos de espesamiento de otros materiales” (Palli Calla, 2016).

B.- Principios de auto - dilución: para diluir alimentación fresca de pulpa usar agua de la zona de rebose a niveles donde “Su recirculación aprovecha la diferencia de niveles entre zona rebose y pulpa alimentada. Debido a la diferencia entre densidades del rebose (agua) y flujo de pulpa alimentado” (Palli Calla, 2016).

C.- Rangos de espesamiento: de pulpa depende de la cantidad de agua al extraer del proceso del espesamiento, y posiblemente afectado por el tamaño de partículas distribuidas, la mineralogía, al emplear la clase de floculante, dilución previa, etc.

Al realizarse las pruebas de procesamiento y de relaves en mundo, oro, plata, cobre, estaño, zinc, bauxitas, fosfatos, diamantes, “...demostraron la factibilidad en la producción de relaves espesados”. Al convertir espesamiento convencional a espesado se realiza en cualquier operación existente, sin embargo, es importante requerimiento contenido de finos (menor 20 micrones) alrededor 15% asegurando buena transportabilidad y consistencia. Presenta a continuación, diagrama simplificado de rangos de espesamiento o desaguado.



Ilustración 20. Diagrama simplificado de los rangos de espesamiento (Palli Calla, 2016).

2.2.6. Definiciones conceptuales.

A tomarse como referencias bibliográficas (Palli Calla, 2016) (Gómez Paredes, 2012)
(Ramiro Siuce, 2019)

- a) **Análisis granulométrico:** nos permite efectuar operaciones al triturar los minerales, cuando pasamos una muestra fina por una serie de criba, la cantidad retenida son pesadas y se determina su porcentaje de peso.
- b) **Clarificador:** Tanque sedimentador, centrifugador o equipo usado al separar material sólido suspendido en un líquido.
- c) **Densidad:** el peso de material en g/cm^3 (temperatura específica). Caso, líquidos y sólidos, equivale la gravedad específica.
- d) **Densidad de pulpa:** relación entre el peso total de pulpa y volumen ocupado.
- e) **Dosificación:** proceso de graduar de cantidad solución de reactivos u otras cantidades.
- f) **Flowsheet:** (Diagrama de flujo). "... representación gráfica de secuencia en operaciones durante el procesamiento de los minerales".
- g) **Humedad:** "Porcentaje de peso del agua ... contenido en el carbón activo.
- h) **Ley:** expresa calidad de mineral, concentrado o producto conteniendo especies llamadas metálicas, y representado en porcentajes al tratarse de metales básicos y "onzas por tonelada corta (onz./TC) u onzas por tonelada métrica (onz./TM) o gr./TM" a tratarse oro, plata u otro metal precioso.
- i) **Mineral:** este material inorgánico encuentra sobre superficie o diversas capas de corteza terrestre, toda explotación de interés.

- j) **pH:** que expresa en ion hidrógeno con términos de potencias, el logaritmo negativo de la concentración.
- k) **Pulpa:** agua o solución acuosa más mineral molido o pulverizado.
- l) **Relave:** Material resultante del proceso de concentración de minerales, que contiene muy poco material valioso, que pueden ser tratadas o desechadas.
- m) **Separación solido-líquido:** remoción del metal de solución humedad en residuo de flotación.
- n) **Sedimentador:** cilindro de tanque usado para tratamiento de minerales separando sólidos de líquidos.
- o) **Solución:** “Denomina solución o disolución química a mezcla homogénea de dos o más sustancias químicas puras. Una disolución puede ocurrir a nivel molecular o iónico y no constituye una reacción química” (Raffino, 2021).

2.3. Hipótesis de la Investigación.

2.3.1. Hipótesis General

Separación solidos – líquidos va influir en los espesadores de relaves de la Minera Shouxin S.A 2020.

2.3.2. Hipótesis Específicos

- El efecto del % de solidos influye en la separación solidos – líquidos en los espesadores de relaves de la Minera Shouxin S.A 2020.
- La dosificación de floculante en la separación solidos – líquidos influye en los espesadores de relaves de Minera Shouxin S.A 2020.
- La velocidad de sedimentación incrementara en separación - solido líquido en los espesadores de relave de la Minera Shouxin S.A 2020.

2.2.6 Operacionalización de Variables e Indicadores.

El estudio “Separación sólidos – líquidos en espesadores de relaves de la minera Shouxin S.A 2020”, la siguiente tabla 1.

Tabla 3.

Operacionalización de las variables de estudio

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador
Independiente			
Separación sólidos líquidos	Remoción del mineral impregnada en solución del residuo de flotación.	Factores	- % de sólidos - Floculantes - pH
Dependiente			
Espesadores de relaves	Separación, parte superior líquido claro y pulpa alta concentración de sólidos en el fondo. Equipos espesadores de estanques de gran diámetro y poca profundidad, usa en forma batch o continuo.	Relaves	- Velocidad de sedimentación - Recuperación overflow y underflow - Pulpa 20 a 50% de sólidos en peso.
Intervinientes			
Componentes que intervienen en el proceso.	VARIABLES que intervienen en proceso que no son evaluados en el estudio.	Factores interviniente	- Modificadores. - Densidad de pulpa. - Sólidos suspendidos. - Metales en solución

Nota: fuente propia

CAPITULO III METODOLOGIA

Folio
40

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Tipo de Investigación.

Es aplicada, en industria, en los tanques espesadores se “recopila la información de ingreso y salida de acuerdo los objetivos de estudio” (Carrasco D, 2009).

3.1.2 Nivel de Investigación.

A realizar será explicativa, por relación causa efecto, separación solidos – líquidos en los tanques espesadores de relaves de la Minera Shouxin S.A 2020 (Carrasco Diaz, 2009).

3.1.3 Diseño de Investigación.

Pre experimental, al realizarse separación solida – líquido y control en los tanques espesadores sus efectos en sus relaves (Carrasco Diaz, 2009).

3.1.4 Enfoque de la Investigación.

Estudio del enfoque mixto, “la información a recopilar y a procesar serán cuantitativas y cualitativas” (Hernandez S, Fernandez C, & Baptista L, 2014), e información al recopilar en tanques espesadores de pulpa, luego en la salida la recuperación overflow y underflow en solución, los relaves analizadas y cuantificadas.

3.2. Población y Muestra.

3.2.1 Población de la Investigación.

Comprende mineral ingresado al proceso de separación solidos líquidos en planta de Minera Shouxin S.A., en tanques espesadores de relaves.

3.2.2 Muestra de la Investigación.

Se analizarán en los relaves de los tanques espesadores.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1 Técnicas a emplear.

La observación, la información a recopilar es obtenida de los procesos, decimos “proceso sistemático de obtención recopilación y registro de datos empíricos de un objetivo, un suceso, un acontecimiento (...) con el propósito de procesarlo y convertirlo en información” (Carrasco D, 2009, p. 288).

3.3.2 Descripción de instrumentos.

En medio observable se emplearán equipos de tanques espesadores, recopila la información en lista de cotejo por naturaleza del lugar laboratorio y campo (Carrasco D, 2009).

3.3.3 Técnicas del procesamiento de información.

De datos, “utilizarán como herramienta estadística, con el cual se realizará el procesamiento” (Silvestre M. & Huaman N, 2019). El fin es contrastar la hipótesis. Para redactar el contenido de información se emplea el procesamiento de texto. Entre el software a usar el Spss, y office el Word, pdf, Excel.

CAPITULO IV

Folio
38

RESULTADOS

4.1. Condiciones

4.1.1 Generalidades.

La minera, es una planta de beneficio el proceso de flotación de concentrado cobre, hierro y zinc, produce residuos sólidos llamado relaves que contienen minerales de cobre, en forma de ... suspensión fina de sólidos en líquido, constituido del mismo material presente del yacimiento, extraer “fracción con mineral valioso que forman una pulpa, que se genera y desecha”. La característica y comportamiento pulpa dependerá de la razón agua/sólidos del relave en orden 1:1 a 2:1 y ... características de partículas sólidas ..., sea pequeñas o de gran tamaño, dependiendo para sedimentar y descargar

La parte operativa de la concentradora, existe dificultades en los espesadores al ingresar la alimentación un contenido de solidos 24% y pH – 9, será bombeada hacia el depósito de relaves Choclón 2 con un contenido de sólidos de 58.5%. Los parámetros de separación solido líquido, se determina por adición de floculante en los espesadores que varía con la granulometría, porcentaje de sólido y pH del mineral, mejorando los resultados en el proceso de sedimentación, a obtener solidos con porcentaje mayor a 59%.

4.2 Preparación y procedimiento de la muestra.

La preparación de floculante se suministra forma sólida, considerando sistema automático de preparación en línea, con equipo compacto y tolva de almacenamiento 610-TK-001, alimentador tipo tornillo suministrará el reactivo sólido al primer tanque (etapa de mezcla) e ingresa flujo de agua fresca (Tanque 570-TK-001) y enlazado con el alimentador para preparar una solución 0.3% de concentración. Luego por rebose la solución pasa a un segundo tanque (etapa de maduración) y finalmente a un tercer tanque (Almacenamiento). En la dosificación del floculante se usa bombas dosificadoras 610-PU-004/005/006 (2 operativas y 1 stand-by), enviará dicho reactivo al cajón distribuidor 610-BX-001.

La planta de beneficio, se lleva a cabo el muestreo representativo de relave en un recipiente adecuado, tiempo de 6 horas con intervalos de 20 minutos. La lectura de muestra es cada hora, densidad, porcentaje de sólidos, balanza marcy y dato referencial. Nos menciona también, (Palli Calla, 2016) en su tesis:

La pulpa es homogenizada vigorosamente, asegurando suspensión de las partículas, se almacena sus densidades en cada una de las probetas enrazadas a un litro de capacidad, durante el muestreo usando una balanza electrónica. Adhiere una cinta a la probeta, marcando los puntos de referencia alineado con el nivel de pulpa, es allí donde se toma apunte del tiempo usando cronometro en función del desplazamiento de la pulpa sedimenta. Agitar levemente las partículas de suspensión al interior de la probeta, cuidado en derramar parte de pulpa, y ubicarlo sobre superficie horizontal, iniciando la prueba, hallando la velocidad de sedimentación empleando un cronometro digital.

Tabla 4.*Equipos de espesamiento y bombeo de relaves.*

TAG	CANTIDAD	DESCRIPCION	CAPACIDAD NOMINAL	CAPACIDAD DISEÑO	POTENCIA (KW)	DIMENSIONES
610 TH 001 101	2	Espesador de alta eficiencia.	1386.11m ³ / h	1630.71 m ³ / h	49.3	Ø 35.0 m
610 BX 001	1	Cajón distribuidor.	2772.22 m ³ /h	3261.42m ³ /h		
610 PU 002A 002B	2	Bomba de pulpa.	318.14m ³ / h	374.28 m ³ / h	268	5x6"
610 PU 102 A 102 B	2	Bomba de pulpa.	318.14m ³ / h	374.28 m ³ / h	268	5x6"
610 PU 010	1	Bomba sumidero.	100 m ³ / h	100 m ³ / h	49.3	Ø 3.5
610 PU 011	1	Bomba sumidero.	100 m ³ / h	100 m ³ / h	14.7	Ø 2.5
610 PU 103	1	Bomba sumidero.	100 m ³ / h	100 m ³ / h	29.3	Ø 3.5
610 PU 007	1	Bomba diafragma.	318.14 m ³ / h	374.28m ³ / h	1233.3	10x10
610 PU 008	1	Bomba diafragma.	318.14 m ³ / h	374.28m ³ / h	1233.3	10x10
610 PU 009	1	Bomba diafragma.	318.14 m ³ / h	374.28m ³ / h	1233.3	10x10
610 PU 012 A 012 B	1	Bomba de sello.	4m ³ /h	4m ³ /h	1	
610 PK 001	1	Planta de floculante.	7.4 T/h	8.7 T/h	20	4x2x3 1.2x2x1.9

4.3 Gravedad específica.

Del mineral, se determina con el método fiola, también usaron balanza electrónica, luna de reloj, pizeta y espátula, a continuación, se muestra la tabla.

Tabla 5.**Gravedad específica de muestra**Folio
35

Gravedad específica de la muestra						
Muestra	Peso (gr)	Peso de Fiola	Peso F + M	Peso agua F + H ₂ O	Peso F + Agua + M	Gs. .Esp.
Relave	25	82,9	107,9	282,6	300,3	3,28
Relave	15	83	98	286,2	292,9	3,23
Promedio						3,25

4.4 Características de Relave.

Esta caracterizar de la pulpa, es importante en las pruebas para el resultado final, permitiendo correcta ... comparación y selección de productos químicos (floculantes) que usan en sedimentación los procesos físicos. A continuación, se resume en la tabla, la característica metalúrgica en relave de cobre en las pruebas, cuyo D50 es 90um y D80 es 145um.

Tabla 6.**Distribución granulométrica del Relave**

MALLA	ABERTURA (micrones)	PESO (gramos)	% PESO	ACUMULADO (+)	PASANTE (-)
# 70	212	41,8	8,36	8,36	91,64
# 100	149	51,6	10,31	18,67	81,33
# 140	104	10,1	21,03	39,70	60,30
# 200	74	131,0	26,19	65,89	34,11
# 270	53	110,7	22,13	88,02	11,98
# 325	44	29,6	5,92	93,94	6,06
# 400	37	17,9	3,58	97,52	2,48
# - 400	--	12,4	2,48	100,00	0,00
		500,0	100,00	D50	90
				D80	145

Tabla 7.**Características metalúrgicas de relave**

Parámetros	Valor
Gravedad específica de sólido	3.2
Gravedad específica de líquido	1
T°	18°C
Ph	11.5
Densidad de Pulpa Dp (g/l)	1610
%S	55.51

4.4.1 Selección de floculantes.

El floculante sintético, según teoría es más adecuado para suspensión en particular es imposible, seleccionar el floculante basada en la experiencia. “El criterio de seleccionar el floculante óptimo se basa en determinar la velocidad de sedimentación de distintos polímeros, en muestra representativa del material a sedimentar. Aquel floculante que presente la velocidad más alta y clarificación limpia es considerado óptimo” (Palli Calla, 2016, p. 65) Se considera el procedimiento para determinación del floculante indispensable en las pruebas de sedimentación y compactación. Para comparación, condiciones de pulpa y dosificación de floculante, mantenerse constantes, por lo tanto, efecto del floculante evaluamos sin perturbaciones de otra índole, durante la prueba, condiciones que se mantuvieron constantes en nuestra aplicación:

A continuación, selección del floculante: tabla 8 presentaron características físicas y químicas durante las pruebas de sedimentación y el adecuado A-95.

Tabla 8**Condiciones físicas y químicas del relave**Folio
33

Descripción	
Tonelaje	0,083 TMD
Densidad de pulpa	1 090 g/l
% Solidos	12,0 %
Gravedad especifica	3,2
Temperatura	12 °C
pH	11
Dosificación de floculante	20 - 30 g/t
Concentración	0,05 %

4.5 Procesamiento de los resultados.**4.5.1 Procedimientos para la optimización.**

Toma de muestra llevado a cabo en el campo: del relave

Se prepararon los tipos de floculante a una concentración 0.3% (0.3 gr con 99.6 gr. de agua) por cada muestra dejando prepara un tiempo 50 minutos. Las probetas de 2 Lt fueron ocupadas previamente con muestra de pulpa, se dosificó 1.2 mL de floculante preparado y agitando levemente todo el contenido de la probeta, registrando los tiempos y los niveles de sedimento con muestra de 36 probetas (35 muestras floculante y una sin floculante añadido), se usa densímetro pesamos la muestra, registra densidad, porcentaje de sólidos y caudal.

4.5.2 Preparación de floculantes

- Se preparan los floculantes a concentración 3 gr. / l.; (0,3%).
- Pesamos 0.3 gramos de cada floculante y vaso precipitado diluir 200 ml por separado.
- Usar agitador magnético, y en totalidad diluir el floculante en agua. (procedimiento repetir para cada floculante).

4.5.3 Preparación de la pulpa (Relave)

- Durante 6 horas e intervalo 20 minutos, se usa recipiente para muestreo de relave de la planta concentradora.
- Homogenizar la pulpa fuerte, asegurando la suspensión de todas las partículas.
- Se almacena la pulpa en probetas enrazadas a un litro de capacidad teniendo en cada una de ellas la misma densidad de pulpa de 1610 gr. /l.

4.5.4 Procedimiento experimental al seleccionar floculante

- Se asegura la pulpa y se homogeniza debajo en la probeta.
- Calculamos volumen del floculante que se retira de la probeta, agregar al volumen del floculante que enrazara a un litro de la probeta de ensayo.
- Datos para cálculo de dosis 100 gr/T.

Datos	Valor
Consumo del floculante	100 g/t
% de solidos	55.51
Densidad de Pulpa	1610
Peso del mineral de pulpa	55.51

4.5.5 Dosificación de floculantes

El floculante, muy importante en separación solidos – líquidos, y contacto con la pulpa acelera su velocidad de sedimentación de las partículas al encontrarse suspendidas, cumple tres (3) propiedades que son: compactación, clarificación y buena velocidad de sedimentación.

El floculante actualmente, dosifica a espesadores de relaves es el DIAMOND A95 a concentración 0.3% (3 kg/m³). Determinamos los gramos de floculante por tonelada de mineral seco (TNS) que ingresa a espesadores, se calcula con la siguiente formula:

$$\frac{Gr \text{ Floculante}}{Tn \text{ Mineral}} = \frac{\text{dosificación de floculante} \left(\frac{m^3}{h}\right) * \text{concentración} \left(\frac{Kg}{m^3}\right) * 10^6}{\text{Factor de relave (0.92)} * \text{alimentación de planta} \left(\frac{TNS}{H}\right)} \dots \dots \dots (4)$$

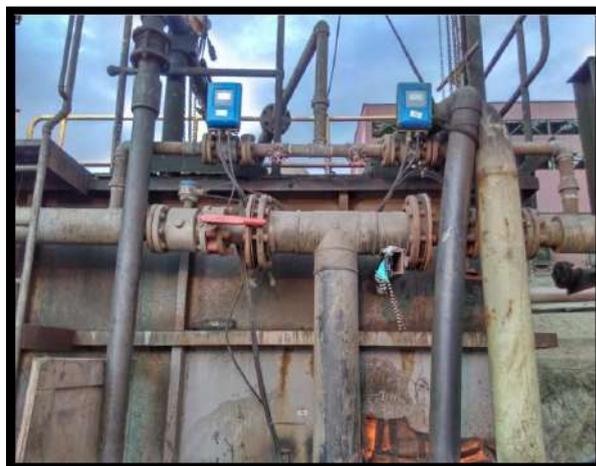


Ilustración 21. Flujómetro de floculante - Minera Shauxin.

También se cuenta con 4 flujómetros para poder controlar la dosificación:

- 2 flujómetros para la dosificación de floculante (un flujómetro para cada espesador).
- 2 flujómetros para la dosificación de agua de dilución (un flujómetro para cada espesador).



Ilustración 22. Flujómetro de floculante – Dosificación - Minera Shauxin.

Cada espesador cuenta con tablero donde se encuentra una pantalla HDMI donde se podrá visualizar los parámetros como:

- Amperaje (A)
- Torque (fuerza Nm)
- Altura de rastras (mm)
- Bed mass (presión de cama KPa)
- Bed level (nivel cama m).

Folio
30



Ilustración 23. Parámetros - Minera Shauxin.

Se cuenta con un sistema hidráulico donde se podrá controlar los siguientes parámetros:

- Nivel de aceite de la caja hidráulica
- Presión de giro del espesador (bar)
- Presión hidráulica (bar)
- Presión de izaje (bar)

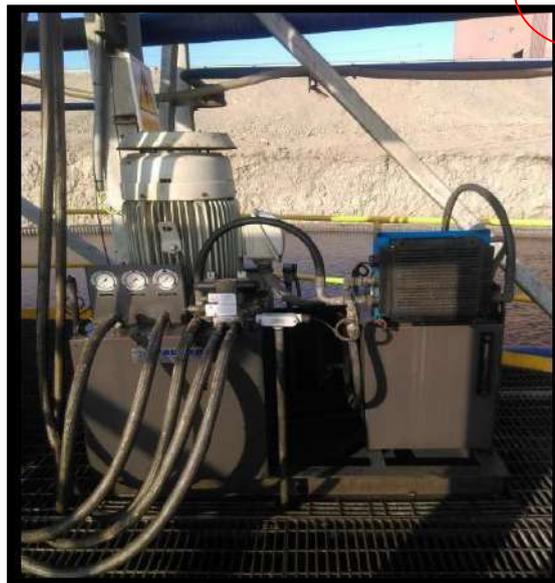


Ilustración 24. Parámetros del sistema hidráulico – Minera Shauxin.

4.5.6 Pruebas en los circuitos.

Las pruebas realizadas en dos circuitos (circuito 1 y 2), se determinó que circuito 1 (faja CB004) presenta mejores velocidad de sedimentación a diferentes dosificaciones de floculantes que el circuito .

Tabla 9**I.1. Velocidad de sedimentación con 15 gr de Floculante**Folio
28

CIRCUITO 1													
Prueba	Pulpa	Volumen (Pulpa - ml)	% Solidos	Mineral gr	Floculante	Concentración %	Floculante gr	Floculante ml	Agua Dilución ml	pH Pulpa	pH Agua Dilucion	Tiempo (seg)	Velocidad Sedimentacion (m/hr)
Pb - 001	Faja	900	20	207	A - 95	0.3	15	1.0	40.0	12	12	360	
Pb - 002	Faja	900	20	207	6020	0.3	15	1.0	40.0	12	12	360	
Pb - 003	Faja	900	20	207	J3	0.3	15	1.0	40.0	12	12	360	
Pb - 004	Faja	900	20	207	A - 95 + 6020	0.3	15	1.0	40.0	12	12	360	
Pb - 005	Faja	900	20	207	A - 95 + J3	0.3	15	1.0	40.0	12	12	360	
Pb - 006	Faja	900	20	207	6020 + J3	0.3	15	1.0	40.0	12	12	360	

Tabla 10

I.2. Velocidad de sedimentación con 20 gr de Floculante

CIRCUITO 1													
Prueba	Pulpa	Volumen (Pulpa - ml)	% Solidos	Mineral gr	Floculante	Concentración %	Floculante gr	Floculante ml	Agua Dilución ml	pH Pulpa	pH Agua Dilución	Tiempo (seg)	Velocidad Sedimentación (m/hr)
Pb - 007	Faja	900	20	207	A - 95	0.3	20	1.4	56.0	12	12	360	
Pb - 008	Faja	900	20	207	6020	0.3	20	1.4	56.0	12	12	360	
Pb - 009	Faja	900	20	207	J3	0.3	20	1.4	56.0	12	12	360	
Pb - 010	Faja	900	20	207	A - 95 + 6020	0.3	20	1.4	56.0	12	12	360	
Pb - 011	Faja	900	20	207	A - 95 + J3	0.3	20	1.4	56.0	12	12	360	
Pb - 012	Faja	900	20	207	6020 + J3	0.3	20	1.4	56.0	12	12	360	

Tabla 11**I.3. Velocidad de sedimentación con 25 gr de Floculante**Folio
26

CIRCUITO 1													
Prueba	Pulpa	Volumen (Pulpa - ml)	% Solidos	Mineral gr	Floculante	Concentración %	Floculante gr	Floculante ml	Agua Dilución ml	pH Pulpa	pH Agua Dilución	Tiempo (seg)	Velocidad Sedimentación (m/hr)
Pb - 013	Faja	900	20	207	A - 95	0.3	25	1.7	68.0	12	12	360	
Pb - 014	Faja	900	20	207	6020	0.3	25	1.7	68.0	12	12	360	
Pb - 015	Faja	900	20	207	J3	0.3	25	1.7	68.0	12	12	360	
Pb - 016	Faja	900	20	207	A - 95 + 6020	0.3	25	1.7	68.0	12	12	360	
Pb - 017	Faja	900	20	207	A - 95 + J3	0.3	25	1.7	68.0	12	12	360	
Pb - 018	Faja	900	20	207	6020 + J3	0.3	25	1.7	68.0	12	12	360	

Tabla 12

I.4. Velocidad de sedimentación con 15 gr de Floculante

CIRCUITO 2													
Prueba	Pulpa	Volumen (Pulpa - ml)	% Sólidos	Mineral gr	Floculante	Concentración %	Floculante gr	Floculante ml	Agua Dilución ml	pH Pulpa	pH Agua Dilución	Tiempo (seg)	Velocidad Sedimentación (m/hr)
Pb - 019	601 + Faja	900	20	207	A - 95	0.3	15	1.0	40.0	12	12	360	
Pb - 020	601 + Faja	900	20	207	6020	0.3	15	1.0	40.0	12	12	360	
Pb - 021	601 + Faja	900	20	207	J3	0.3	15	1.0	40.0	12	12	360	
Pb - 022	601 + Faja	900	20	207	A - 95 + 6020	0.3	15	1.0	40.0	12	12	360	
Pb - 023	601 + Faja	900	20	207	A - 95 + J3	0.3	15	1.0	40.0	12	12	360	
Pb - 024	601 + Faja	900	20	207	6020 + J3	0.3	15	1.0	40.0	12	12	360	

Tabla 13

I.5. Velocidad de sedimentación con 20 gr de Floculante

CIRCUITO 2													
Prueba	Pulpa	Volumen (Pulpa - ml)	% Solidos	Mineral gr	Floculante	Concentración %	Floculante gr	Floculante ml	Agua Dilución ml	pH Pulpa	pH Agua Dilución	Tiempo (seg)	Velocidad Sedimentación (m/hr)
Pb - 025	601 + Faja	900	20	207	A - 95	0.3	20	1.4	56.0	12	12	360	
Pb - 026	601 + Faja	900	20	207	6020	0.3	20	1.4	56.0	12	12	360	
Pb - 027	601 + Faja	900	20	207	J3	0.3	20	1.4	56.0	12	12	360	
Pb - 028	601 + Faja	900	20	207	A - 95 + 6020	0.3	20	1.4	56.0	12	12	360	
Pb - 029	601 + Faja	900	20	207	A - 95 + J3	0.3	20	1.4	56.0	12	12	360	
Pb - 030	601 + Faja	900	20	207	6020 + J3	0.3	20	1.4	56.0	12	12	360	

Tabla 14**I.6. Velocidad de sedimentación con 25 gr de Floculante**

CIRCUITO 2													
Prueba	Pulpa	Volumen (Pulpa - ml)	% Sólidos	Mineral gr	Floculante	Concentración %	Floculante gr	Floculante ml	Agua Dilución ml	pH Pulpa	pH Agua Dilución	Tiempo (seg)	Velocidad Sedimentación (m/hr)
Pb - 031	601 + Faja	900	20	207	A - 95	0.3	25	1.7	68.0	12	12	360	
Pb - 032	601 + Faja	900	20	207	6020	0.3	25	1.7	68.0	12	12	360	
Pb - 033	601 + Faja	900	20	207	J3	0.3	25	1.7	68.0	12	12	360	
Pb - 034	601 + Faja	900	20	207	A - 95 + 6020	0.3	25	1.7	68.0	12	12	360	
Pb - 035	601 + Faja	900	20	207	A - 95 + J3	0.3	25	1.7	68.0	12	12	360	
Pb - 036	601 + Faja	900	20	207	6020 + J3	0.3	25	1.7	68.0	12	12	360	

4.5.7 Prueba de las velocidades en los circuitos.

La empresa asume los costos de recopilación de los datos durante el periodo que dure en la recopilación de la información en la planta.

I. PRUEBAS DE VELOCIDAD DE SEDIMENTACION (CIRCUITO 1)

Tabla 15

Folio
22

Velocidad de Sedimentación con 15gr de Flocculante

TIEMPO(S)	Pb - 001			Pb - 002			Pb - 003			Pb - 004			Pb - 005			Pb - 006		
	%S: 20			%S: 20			%S: 20			%S: 20			%S: 20			%S: 20		
	15 gr/tn			15 gr/tn			15 gr/tn			15 gr/tn			15 gr/tn			15 gr/tn		
	pH: 12			pH: 12			pH: 12			pH: 12			pH: 12			pH: 12		
	A95			6020			J3			A95+6020			A95+J3			6020+J3		
	ALTUR A (H) cm	H (probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTUR A (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTUR A (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTUR A (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTUR A (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTUR A (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s
0	0.0	37.6	0.00000	0.0	37.6	0.00000	0.0	37.6	0.00000	0.0	37.6	0.00000	0.0	37.6	0.00000	0.0	37.6	0.00000
30	5.2	32.4	0.17333	6.4	31.2	0.21333	3.4	34.2	0.11333	5.5	32.1	0.18333	4.9	32.7	0.16333	5.8	31.8	0.19333
60	2.7	29.7	0.09000	3.0	28.2	0.10000	1.5	32.7	0.05000	2.6	29.5	0.08667	2.8	29.9	0.09333	2.9	28.9	0.09667
90	2.0	27.7	0.06667	2.1	26.1	0.07000	1.5	31.2	0.05000	2.1	27.4	0.07000	2.0	27.9	0.06667	2.2	26.7	0.07333
120	1.9	25.8	0.06333	2.1	24.0	0.07000	1.1	30.1	0.03667	2.0	25.4	0.06667	1.8	26.1	0.06000	2.0	24.7	0.06667
150	1.7	24.1	0.05667	2.0	22.0	0.06667	1.1	29.0	0.03667	2.0	23.4	0.06667	1.8	24.3	0.06000	1.7	23.0	0.05667
180	1.6	22.5	0.05333	1.8	20.2	0.06000	1.1	27.9	0.03667	1.8	21.6	0.06000	1.6	22.7	0.05333	1.7	21.3	0.05667
210	1.5	21.0	0.05000	1.8	18.4	0.06000	0.9	27.0	0.03000	1.6	20.0	0.05333	1.4	21.3	0.04667	1.4	19.9	0.04667
240	1.4	19.6	0.04667	1.2	17.2	0.04000	0.9	26.1	0.03000	1.6	18.4	0.05333	1.4	19.9	0.04667	1.4	18.5	0.04667
270	1.0	18.6	0.03333	1.2	16.0	0.04000	0.9	25.2	0.03000	1.2	17.2	0.04000	1.0	18.9	0.03333	1.1	17.4	0.03667
300	1.0	17.6	0.03333	1.0	15.0	0.03333	0.8	24.4	0.02667	0.9	16.3	0.03000	1.0	17.9	0.03333	1.0	16.4	0.03333
330	0.8	16.8	0.02667	0.9	14.1	0.03000	0.8	23.6	0.02667	1.0	15.3	0.03333	0.9	17.0	0.03000	0.9	15.5	0.03000
360	0.8	16.0	0.02667	0.9	13.2	0.03000	0.7	22.9	0.02333	1.0	14.3	0.03333	0.7	16.3	0.02333	0.9	14.6	0.03000
	Vel. Prom	0.03130		Vel. Prom	0.03536		Vel. Prom	0.02130		Vel. Prom	0.03377		Vel. Prom	0.03087		Vel. Prom.	0.03333	
	m/hr	1.127		m/hr	1.273		m/hr	0.767		m/hr	1.216		m/hr	1.111		m/hr	1.200	

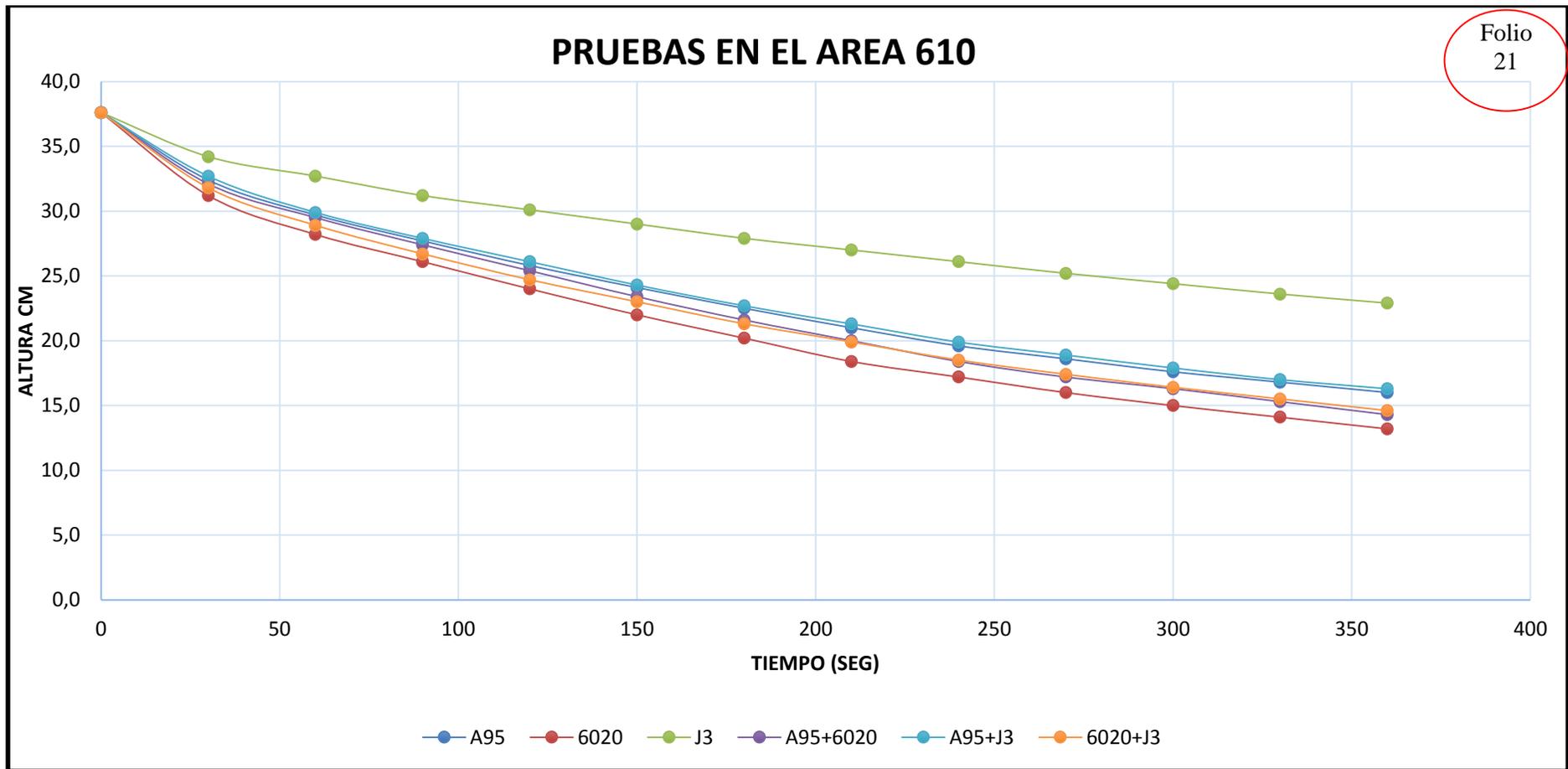


Ilustración 25. Tiempo de sedimentación con 15 gr de Flocculante

Tabla 16

Velocidad de Sedimentación con 20 gr de Floculante

Folio
20

TIEMPO(S)	Pb - 007			Pb - 008			Pb - 009			Pb - 010			Pb - 011		
	%S: 20			%S: 20			%S: 20			%S: 20			%S: 20		
	20 gr/tn			20 gr/tn			20 gr/tn			20 gr/tn			20 gr/tn		
	pH : 12			pH : 12			pH : 12			pH : 12			pH : 12		
	A95			6020			J3			A95+6020			A95+J3		
	ALTUR A (H) cm	H (probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTUR A (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s
0	0	38.2	0.00000000 0	0	38.2	0.00000000 00	0	38.2	0.00000000 0	0	38.2	0.00000000 0	0	38.2	0.00000000 0
30	8.7	29.5	0.29000000 0	9.2	29	0.30666666 67	4.2	34	0.14000000 0	9.2	29	0.30666666 7	8.5	29.7	0.28333333 3
60	3.5	26	0.11666666 7	4	25	0.13333333 33	3.2	30.8	0.10666666 7	4.1	24.9	0.13666666 7	3.6	26.1	0.12000000 0
90	2.6	23.4	0.08666666 7	3	22	0.10000000 00	2.6	28.2	0.08666666 7	2.7	22.2	0.09000000 0	2.7	23.4	0.09000000 0
120	2.1	21.3	0.07000000 0	2.6	19.4	0.08666666 67	2	26.2	0.06666666 7	2.4	19.8	0.08000000 0	2.6	20.8	0.08666666 7
150	1.5	19.8	0.05000000 0	2	17.4	0.06666666 67	1.5	24.7	0.05000000 0	1.7	18.1	0.05666666 7	1.8	19	0.06000000 0
180	1.5	18.3	0.05000000 0	1.4	16	0.04666666 67	1.2	23.5	0.04000000 0	1.4	16.7	0.04666666 7	1.3	17.7	0.04333333 3
210	1	17.3	0.03333333 3	1.1	14.9	0.03666666 67	1.2	22.3	0.04000000 0	1	15.7	0.03333333 3	1.1	16.6	0.03666666 7
240	1	16.3	0.03333333 3	1.1	13.8	0.03666666 67	1.1	21.2	0.03666666 7	1	14.7	0.03333333 3	0.9	15.7	0.03000000 0
270	0.9	15.4	0.03000000 0	0.9	12.9	0.03000000 00	0.9	20.3	0.03000000 0	0.9	13.8	0.03000000 0	0.9	14.8	0.03000000 0
300	0.9	14.5	0.03000000 0	1	11.9	0.03333333 33	0.9	19.4	0.03000000 0	0.9	12.9	0.03000000 0	0.8	14	0.02666666 7
330	0.8	13.7	0.02666666 7	0.9	11	0.03000000 00	0.9	18.5	0.03000000 0	0.8	12.1	0.02666666 7	0.8	13.2	0.02666666 7
360	0.8	12.9	0.02666666 7	0.7	10.3	0.02333333 33	0.7	17.8	0.02333333 3	0.8	11.3	0.02666666 7	0.8	12.4	0.02666666 7
		Vel. Promedio	0.03666666 7		Vel. Promedio	0.0404347 83		Vel. Promedio	0.02956521 7		Vel. Promedio	0.03898550 7		Vel. Promedio	0.03739130 4
		m/hr	1.32000000 0		m/hr	1.4556521 74		m/hr	1.06434782 6		m/hr	1.40347826 1		m/hr	1.34608695 7

Tabla 17

Velocidad de Sedimentación con 25 gr de Floculante

CIRCUITO 1																		
TIEMPO(S)	Pb - 013			Pb - 014			Pb - 015			Pb - 016			Pb - 017			Pb - 018		
	%S: 20			%S: 20			%S: 20			%S: 20			%S: 20					
	25 gr/tn			25 gr/tn			25 gr/tn			25 gr/tn			25 gr/tn					
	pH: 12			pH: 12			pH: 12			pH: 12			pH: 12					
	A95			6020			J3			A95+6020			A95+J3			6020+J3		
	ALTURA (H) cm	H (probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s
0	0	38.7	0.000000000	0	38.7	0.000000000	0	38.7	0.000000000	0	38.7	0.000000000	0	38.7	0.000000000	0	38.7	0.000000000
30	11.2	27.5	0.373333333	13.8	24.9	0.460000000	7.3	31.4	0.243333333	12.9	25.8	0.430000000	11.5	27.2	0.383333333	12.6	26.1	0.420000000
60	3.4	24.1	0.113333333	3.7	21.2	0.123333333	2.9	28.5	0.096666667	3.6	22.2	0.120000000	3.3	23.9	0.110000000	3.4	22.7	0.113333333
90	2.7	21.4	0.090000000	2.9	18.3	0.096666667	2.3	26.2	0.076666667	2.7	19.5	0.090000000	2.6	21.3	0.086666667	2.5	20.2	0.083333333
120	1.8	19.6	0.060000000	2.1	16.2	0.070000000	2	24.2	0.066666667	2	17.5	0.066666667	2.1	19.2	0.070000000	2.2	18	0.073333333
150	1.5	18.1	0.050000000	1.5	14.7	0.050000000	1.5	22.7	0.050000000	1.6	15.9	0.053333333	1.5	17.7	0.050000000	1.6	16.4	0.053333333
180	1.5	16.6	0.050000000	1.5	13.2	0.050000000	1.9	20.8	0.063333333	1.3	14.6	0.043333333	1.5	16.2	0.050000000	1.2	15.2	0.040000000
210	1.3	15.3	0.043333333	1.1	12.1	0.036666667	1.4	19.4	0.046666667	1	13.6	0.033333333	1.2	15	0.040000000	1	14.2	0.033333333
240	1	14.3	0.033333333	0.9	11.2	0.030000000	1	18.4	0.033333333	0.9	12.7	0.030000000	1	14	0.033333333	1	13.2	0.033333333
270	1	13.3	0.033333333	0.8	10.4	0.026666667	0.9	17.5	0.030000000	0.9	11.8	0.030000000	0.9	13.1	0.030000000	0.9	12.3	0.030000000
300	0.9	12.4	0.030000000	0.8	9.6	0.026666667	0.9	16.6	0.030000000	0.8	11	0.026666667	0.8	12.3	0.026666667	0.9	11.4	0.030000000
330	0.9	11.5	0.030000000	0.7	8.9	0.023333333	0.9	15.7	0.030000000	0.8	10.2	0.026666667	0.8	11.5	0.026666667	0.8	10.6	0.026666667
360	0.9	10.6	0.030000000	0.8	8.1	0.026666667	0.9	14.8	0.030000000	0.8	9.4	0.026666667	0.8	10.7	0.026666667	0.8	9.8	0.026666667
		Vel. Promedio	0.040724638		Vel. Promedio	0.044347826		Vel. Promedio	0.034637681		Vel. Promedio	0.042463768		Vel. Promedio	0.040579710		Vel. Promedio	0.041884058
					m/hr	1.596521739		m/hr	1.246956522		m/hr	1.528695652		m/hr	1.460869565		m/hr	1.507826087

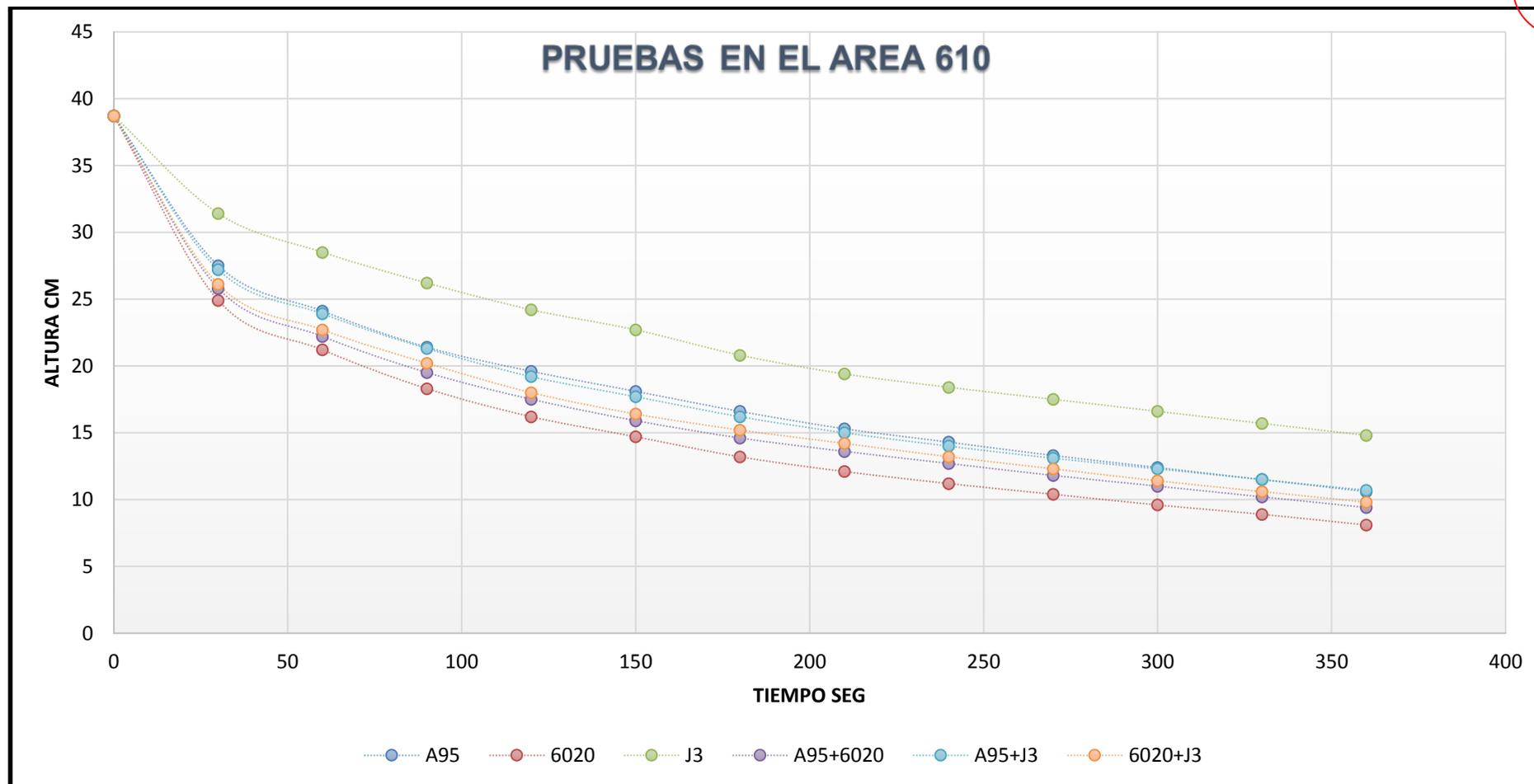


Ilustración 26. Velocidad de Sedimentación con 25 gr de Floculante

II. PRUEBAS DE VELOCIDAD DE SEDIMENTACION (CIRCUITO 2)

Folio
17

Tabla 18

Velocidad de Sedimentación con 15gr de Flocculante

CIRCUITO 2																		
TIEMPO(S)	Pb - 019			Pb - 020			Pb - 021			Pb - 022			Pb - 023			Pb - 024		
	%S: 20			%S: 20			%S: 20			%S: 20			%S: 20					
	15 gr/tn			15 gr/tn			15 gr/tn			15 gr/tn			15 gr/tn					
	pH : 12			pH : 12			pH : 12			pH : 12			pH : 12					
	A95			6020			J3			A95+6020			A95+J3			6020+J3		
	ALTURA (H) cm	H (probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s
0	0	37.6	0.000000000	0	37.6	0.000000000	0	37.6	0.000000000	0	37.6	0.000000000	0	37.6	0.000000000	0.0	37.6	0.000000000
30	5.6	32	0.186666667	6.8	30.8	0.226666667	3.4	34.2	0.113333333	6	31.6	0.200000000	5.2	32.4	0.173333333	6.1	31.5	0.203333333
60	3	29	0.100000000	3	27.8	0.100000000	1.9	32.3	0.063333333	2.8	28.8	0.093333333	3.0	29.4	0.100000000	3.2	28.3	0.106666667
90	2.1	26.9	0.070000000	2.5	25.3	0.083333333	1.8	30.5	0.060000000	2.6	26.2	0.086666667	1.9	27.5	0.063333333	2.5	25.8	0.083333333
120	2.0	24.9	0.066666667	2.1	23.2	0.070000000	1.1	29.4	0.036666667	2.2	24.0	0.073333333	1.8	25.7	0.060000000	2.4	23.4	0.080000000
150	1.9	23	0.063333333	2.0	21.2	0.066666667	1.1	28.3	0.036666667	2.1	21.9	0.070000000	1.8	23.9	0.060000000	2.0	21.4	0.066666667
180	1.9	21.1	0.063333333	1.8	19.4	0.060000000	1.1	27.2	0.036666667	1.9	20.0	0.063333333	1.6	22.3	0.053333333	2.0	19.4	0.066666667
210	1.5	19.6	0.050000000	1.8	17.6	0.060000000	0.9	26.3	0.030000000	1.6	18.4	0.053333333	1.5	20.8	0.050000000	1.5	17.9	0.050000000
240	1.4	18.2	0.046666667	1.2	16.4	0.040000000	0.9	25.4	0.030000000	1.6	16.8	0.053333333	1.4	19.4	0.046666667	1.4	16.5	0.046666667
270	1.0	17.2	0.033333333	1.2	15.2	0.040000000	0.9	24.5	0.030000000	1.2	15.6	0.040000000	1.0	18.4	0.033333333	1.1	15.4	0.036666667
300	1.0	16.2	0.033333333	1.0	14.2	0.033333333	0.8	23.7	0.026666667	0.9	14.7	0.030000000	1.0	17.4	0.033333333	1.0	14.4	0.033333333
330	0.8	15.4	0.026666667	0.9	13.3	0.030000000	0.8	22.9	0.026666667	1.0	13.7	0.033333333	0.9	16.5	0.030000000	0.9	13.5	0.030000000
360	0.8	14.6	0.026666667	0.9	12.4	0.030000000	0.7	22.2	0.023333333	1.0	12.7	0.033333333	0.7	15.8	0.023333333	0.9	12.6	0.030000000
		Vel. Promedio	0.033333333		Vel. Promedio	0.036521739		Vel. Promedio	0.022318841		Vel. Promedio	0.036086957		Vel. Promedio	0.031594203		Vel. Promedio	0.036231884
		m/hr	1.200		m/hr	1.315		m/hr	0.803		m/hr	1.299		m/hr	1.137		m/hr	1.304

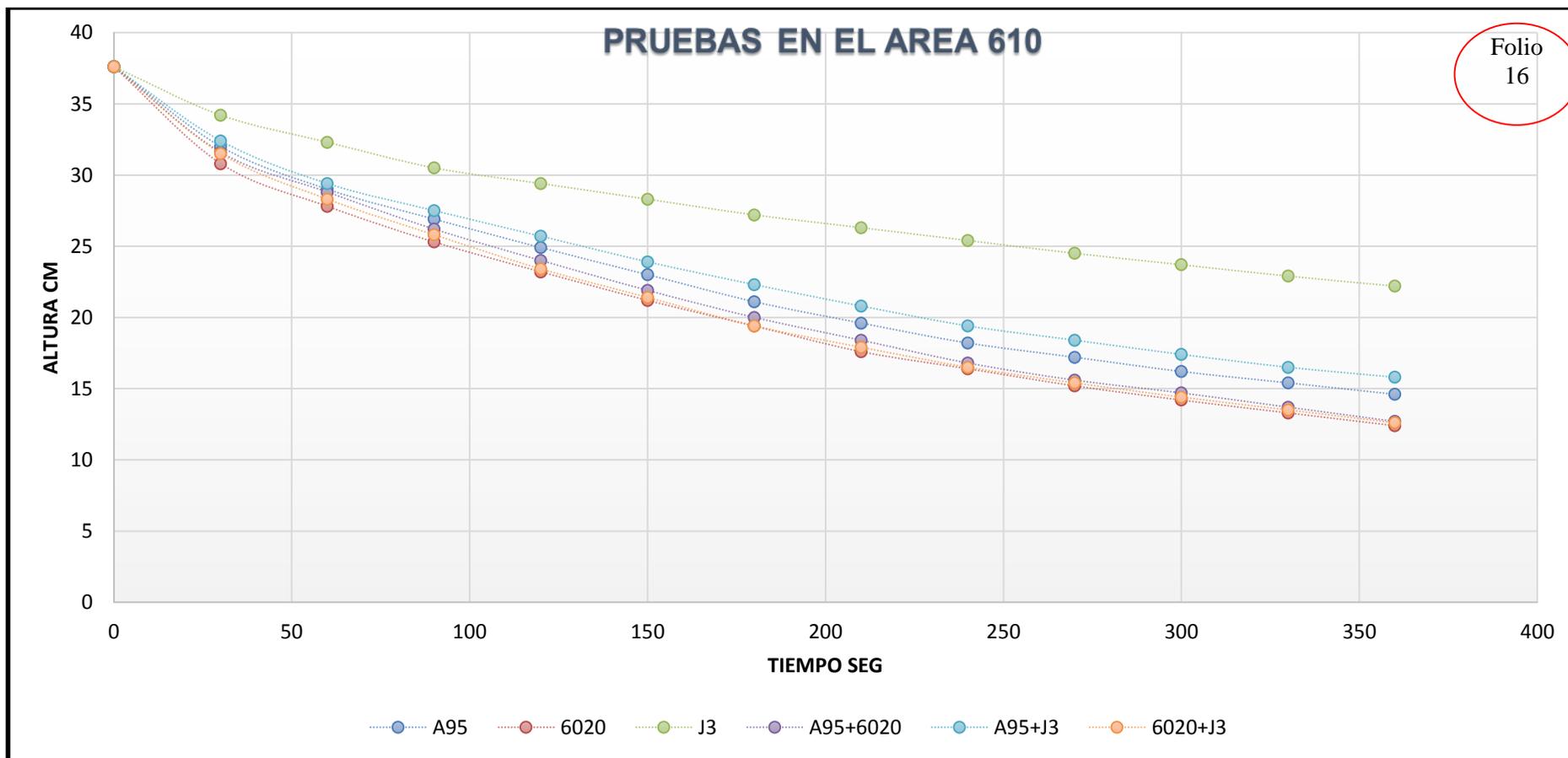


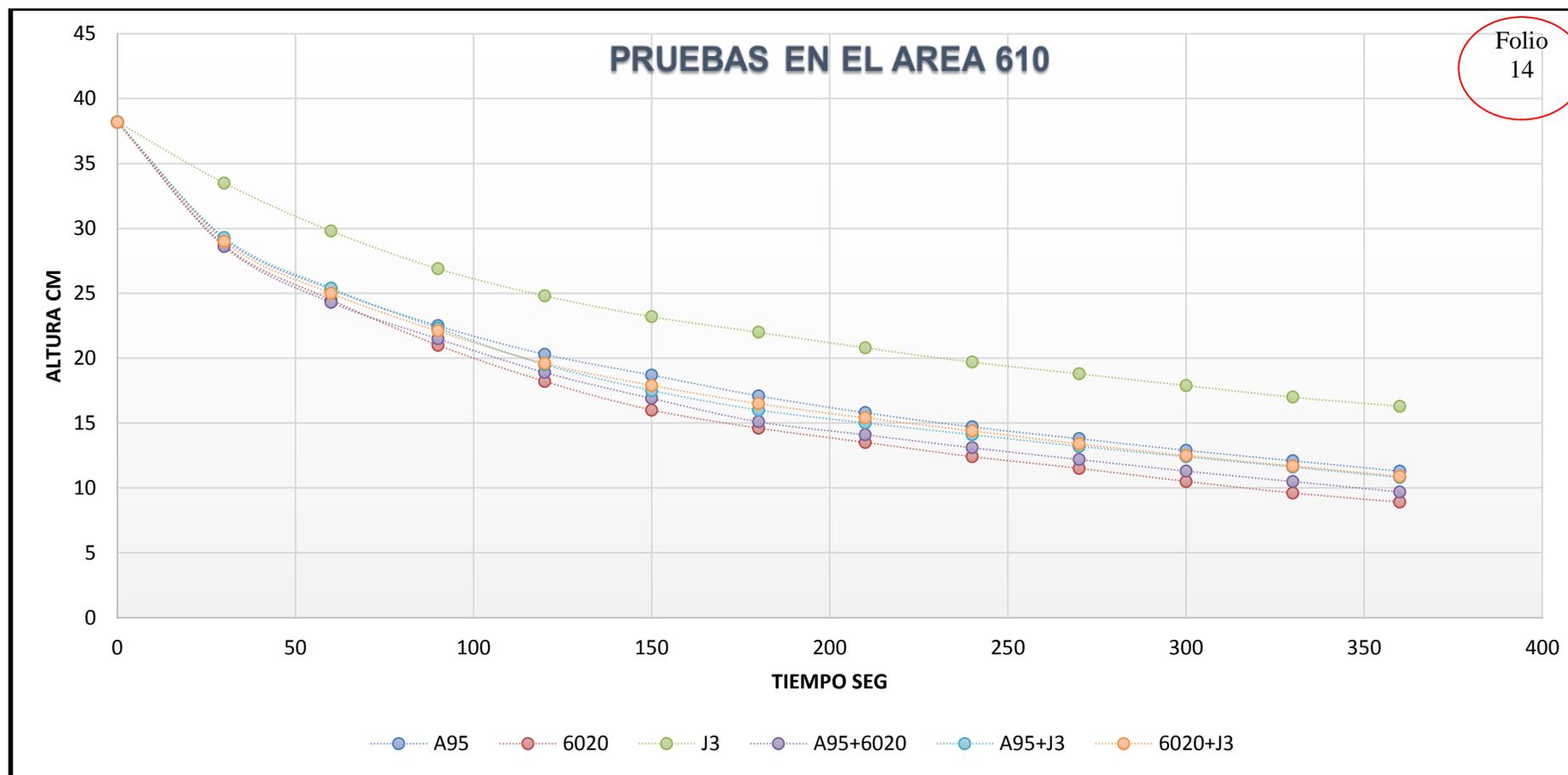
Ilustración 27. Tiempo de sedimentación con 15 gr de Flocculante

Tabla 19

Velocidad de Sedimentación con 20gr de Floculante

Folio
15

CIRCUITO 2																		
TIEMPO(S)	Pb - 025			Pb - 026			Pb - 027			Pb - 028			Pb - 029			Pb - 030		
	%S: 20			%S: 20			%S: 20			%S: 20			%S: 20					
	20 gr/tn			20 gr/tn			20 gr/tn			20 gr/tn			20 gr/tn					
	pH : 12			pH : 12			pH : 12			pH : 12			pH : 12					
	A95			6020			J3			A95+6020			A95+J3			6020+J3		
	ALTURA (H) cm	H (probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s
0	0	38.2	0.000000000	0	38.2	0.000000000	0	38.2	0.000000000	0	38.2	0.000000000	0	38.2	0.000000000	0	38.2	0.000000000
30	9	29.2	0.300000000	9.5	28.7	0.316666667	4.7	33.5	0.156666667	9.6	28.6	0.320000000	8.9	29.3	0.296666667	9.2	29	0.306666667
60	3.9	25.3	0.130000000	4.2	24.5	0.140000000	3.7	29.8	0.123333333	4.3	24.3	0.143333333	3.9	25.4	0.130000000	4	25	0.133333333
90	2.8	22.5	0.093333333	3.5	21	0.116666667	2.9	26.9	0.096666667	2.8	21.5	0.093333333	3.1	22.3	0.103333333	2.9	22.1	0.096666667
120	2.2	20.3	0.073333333	2.8	18.2	0.093333333	2.1	24.8	0.070000000	2.6	18.9	0.086666667	2.8	19.5	0.093333333	2.5	19.6	0.083333333
150	1.6	18.7	0.053333333	2.2	16	0.073333333	1.6	23.2	0.053333333	2	16.9	0.066666667	2	17.5	0.066666667	1.7	17.9	0.056666667
180	1.6	17.1	0.053333333	1.4	14.6	0.046666667	1.2	22	0.040000000	1.8	15.1	0.060000000	1.5	16	0.050000000	1.4	16.5	0.046666667
210	1.3	15.8	0.043333333	1.1	13.5	0.036666667	1.2	20.8	0.040000000	1	14.1	0.033333333	1	15	0.033333333	1.1	15.4	0.036666667
240	1.1	14.7	0.036666667	1.1	12.4	0.036666667	1.1	19.7	0.036666667	1	13.1	0.033333333	0.9	14.1	0.030000000	1	14.4	0.033333333
270	0.9	13.8	0.030000000	0.9	11.5	0.030000000	0.9	18.8	0.030000000	0.9	12.2	0.030000000	0.9	13.2	0.030000000	1	13.4	0.033333333
300	0.9	12.9	0.030000000	1	10.5	0.033333333	0.9	17.9	0.030000000	0.9	11.3	0.030000000	0.8	12.4	0.026666667	0.9	12.5	0.030000000
330	0.8	12.1	0.026666667	0.9	9.6	0.030000000	0.9	17	0.030000000	0.8	10.5	0.026666667	0.8	11.6	0.026666667	0.8	11.7	0.026666667
360	0.8	11.3	0.026666667	0.7	8.9	0.023333333	0.7	16.3	0.023333333	0.8	9.7	0.026666667	0.8	10.8	0.026666667	0.8	10.9	0.026666667
		Vel. Promedio	0.038985507		Vel. Promedio	0.042463768		Vel. Promedio	0.031739130		Vel. Promedio	0.041304348		Vel. Promedio	0.039710145		Vel. Promedio	0.039565217
		m/hr	1.403		m/hr	1.529		m/hr	1.143		m/hr	1.487		m/hr	1.430		m/hr	1.424



Folio
14

Ilustración 28. Tiempo de sedimentación con 20 gr de Flocculante

Tabla 20

Velocidad de Sedimentación con 25gr de Flocculante

Folio
13

CIRCUITO 2																		
TIEMPO(S)	Pb - 031			Pb - 032			Pb - 033			Pb - 034			Pb - 035			Pb - 036		
	%S: 20			%S: 20			%S: 20			%S: 20			%S: 20					
	25 gr/tn			25 gr/tn			25 gr/tn			25 gr/tn			25 gr/tn					
	pH : 12			pH : 12			pH : 12			pH : 12			pH : 12					
	A95			6020			J3			A95+6020			A95+J3			6020+J3		
	ALTURA (H) cm	H (probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s	ALTURA (H)cm	H(probeta) cm	Velocidad cm/s
0	0	38.7	0.000000000	0	38.7	0.000000000	0	38.7	0.000000000	0	38.7	0.000000000	0	38.7	0.000000000	0	38.7	0.000000000
30	11.8	26.9	0.393333333	14.1	24.6	0.470000000	7.5	31.2	0.250000000	13.2	25.5	0.440000000	11.8	26.9	0.393333333	12.9	25.8	0.430000000
60	3.5	23.4	0.116666667	3.7	20.9	0.123333333	3	28.2	0.100000000	3.8	21.7	0.126666667	3.2	23.7	0.106666667	2.8	23	0.093333333
90	2.9	20.5	0.096666667	3	17.9	0.100000000	2.6	25.6	0.086666667	2.9	18.8	0.096666667	2.8	20.9	0.093333333	2.8	20.2	0.093333333
120	1.8	18.7	0.060000000	2.1	15.8	0.070000000	2.2	23.4	0.073333333	2.1	16.7	0.070000000	2.2	18.7	0.073333333	2.6	17.6	0.086666667
150	1.5	17.2	0.050000000	1.5	14.3	0.050000000	1.6	21.8	0.053333333	1.7	15	0.056666667	1.7	17	0.056666667	1.8	15.8	0.060000000
180	1.5	15.7	0.050000000	1.5	12.8	0.050000000	1.9	19.9	0.063333333	1.4	13.6	0.046666667	1.5	15.5	0.050000000	1.2	14.6	0.040000000
210	1.3	14.4	0.043333333	1.1	11.7	0.036666667	1.4	18.5	0.046666667	1.1	12.5	0.036666667	1.2	14.3	0.040000000	1.1	13.5	0.036666667
240	1	13.4	0.033333333	0.9	10.8	0.030000000	1	17.5	0.033333333	0.9	11.6	0.030000000	1	13.3	0.033333333	1	12.5	0.033333333
270	1	12.4	0.033333333	0.8	10	0.026666667	0.9	16.6	0.030000000	0.9	10.7	0.030000000	0.9	12.4	0.030000000	0.9	11.6	0.030000000
300	0.9	11.5	0.030000000	0.8	9.2	0.026666667	0.9	15.7	0.030000000	0.8	9.9	0.026666667	0.8	11.6	0.026666667	0.9	10.7	0.030000000
330	0.9	10.6	0.030000000	0.7	8.5	0.023333333	0.9	14.8	0.030000000	0.8	9.1	0.026666667	0.8	10.8	0.026666667	0.8	9.9	0.026666667
360	0.9	9.7	0.030000000	0.8	7.7	0.026666667	0.9	13.9	0.030000000	0.8	8.3	0.026666667	0.8	10	0.026666667	0.8	9.1	0.026666667
		Vel. Promedio	0.042028986		Vel. Promedio	0.044927536		Vel. Promedio	0.035942029		Vel. Promedio	0.044057971		Vel. Promedio	0.041594203		Vel. Promedio	0.042898551
		m/hr	1.513		m/hr	1.617		m/hr	1.294		m/hr	1.586		m/hr	1.497		m/hr	1.544

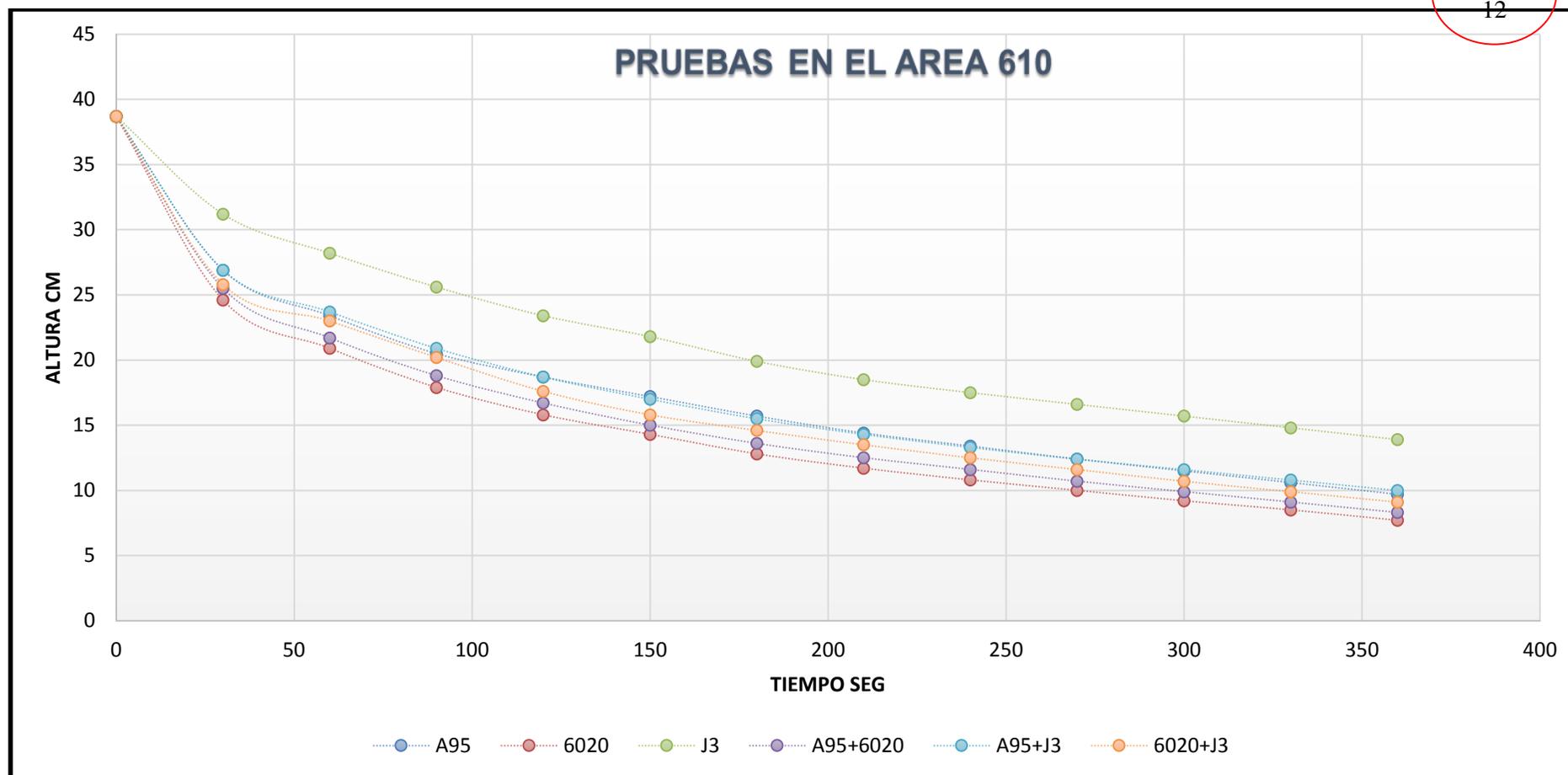


Ilustración 29. Tiempo de sedimentación con 25 gr de Floculante

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Folio
11

5.1. Conclusiones

- Pruebas de sedimentaciones diferentes, los floculantes A95, 6020, J3, A95+6020, A95+J3, 6020+J3, concluye el floculante 6020 presenta mayor velocidad de sedimentación, con J3 sucede lo contrario presentando menor velocidad de sedimentación a condición cuando la pulpa de alimentación y agua de proceso el pH 12.
- Se compara las mezclas de floculantes (A95+6020, A95+J3, 6020+J3) es mejor A95+6020 al presentar mayor velocidad de sedimentación que los demás floculantes, cuando la pulpa de alimentación y el agua de proceso se encuentran en un pH 12.
- Evaluar floculantes, seleccionamos PHP 20 buen comportamiento de velocidad de sedimentación al formarse los flósculos y clarificación, determinando consumo óptimo floculante 90 gr/t con pulpa de relave sin dilución y alto.
- Se determinó, las pruebas realizadas en los circuitos 1 y 2, el circuito 1 (faja CB004) presenta mejores velocidades de sedimentación a diferentes dosificaciones de floculantes que el circuito 2.

5.2. Recomendaciones

- Como alternativa realizar las pruebas de velocidad de sedimentación en laboratorio con otros floculantes bajando el consumo.
- Cuando la pulpa y agua de proceso pH 12, se trabaja con floculante 6020 presentando mayor velocidad de sedimentación actualmente al floculante A95 Diamond se dosifica, para poder mejor control de parámetro en los espesadores.
- Al usar el floculante 6020, en descarga de espesadores el % solidos mejoraría por mayor compactación que el floculante A95 Diamond y mejor recuperación de agua.

CAPÍTULO VI

Referencias

Folio
9

- Palli Calla, R. H. (2016). *Dimensionamiento y optimizacion de un sedimentador convencional de relaves de cobre en una Planta de Procesamiento de 850 tmd.* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustin.
- Ames Ramirez, C., & Lovera Davila, D. (2012). *Control de variables en el espesador de cono profundo en la recuperacion de relaves altamente fluibles.* Lima: UNMSM.
- Anaya Huaman, R. (2019). *Estudio de la influencia del espesador de cono profundo para la recuperacion del agua en la compañía minera volcan S.A.* Huancayo, Peru: Universidad Nacional del Centro del Peru.
- Cabrejos Salinas, A. (2011). *Estudio de prefactibilidad para la recuperacion de agua a partir de relave de gran mineria de cobre mediante tecnologia de relaves pesado.* Lima: Universidad de Ingenieria.
- Calancha Mamani, M. L. (2021). *Evaluacion de la cinetica de sedimentacion y precipitacion de metales para optimizar el tratamiento de pulpa de relaves de la Unidad Minera San Rafael Puno - Peru.* Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Carrasco Diaz, S. (2009). *Metodologia de la investigacion cientifica.* Lima: San Marcos.
- Concha, F. (2001). *Manual de filtracion y separacion.* Universidad de Concepcion, Chile: Centro de tecnologia mineral, CETTEM.
- Fuenzalida Hidalgo, N. (2017). *Estudio y evaluación del sistema de espesadores de relave de la División Andina mediante herramientas de simulación computacional.* Chile: Universidad de Chile.
- Gadelha S, T., Goncalves A. G., A., & Franca A. , S. (2016). *Aplicacion de floculantes para mejorar las propiedades de deshidratacion y filtracion. XII Jornadas de Tratamiento de Minerales*

(pág. 7). Argentina: Mendoza.

Folio
8

Gomez Paredes, P. (2012). *Evaluacion pruebas de espesamiento de relaves en Planta Piloto*.

Valparaiso, Chile: Pontifica Universidad Catolica de Valparaiso.

Hernandez Sampiere, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodologia dela investigacion*. Mexico: D.F: McGRAW-HILL.

Navarro Bermudez, C. A. (2019). *Cambio de rodamiento central de un espesador de relaves en planta concentradora de cobre*. Valparaiso, Chile: Pontifica Universidad Catolica de Valparaiso.

Ojeda Vasquez, P. (2014). *Diseño e implementacio logica de control experto en espesador de relaves*.

Valparaiso, Chile: Universidad Tecnica federico Santa Maria.

Quispe Ordoñez, M. A. (2011). *Uso y seleccion de coagulantes y floculantes organicos en la industria minero metalurgica*. Lima: Universidad Nacional de Ingenieria.

Sette Ramalho, R. (1996). *Tratamiento de aguas residuales*. Chiapias, Mexico: Reverte, 1996.

Silvestre Miraya, I., & Huaman Nahuala, C. (2019). *Pasos para elaborar la investigacion y la redaccion de la tesis universitaria*. Lima: Editorial San Marcos EIR.

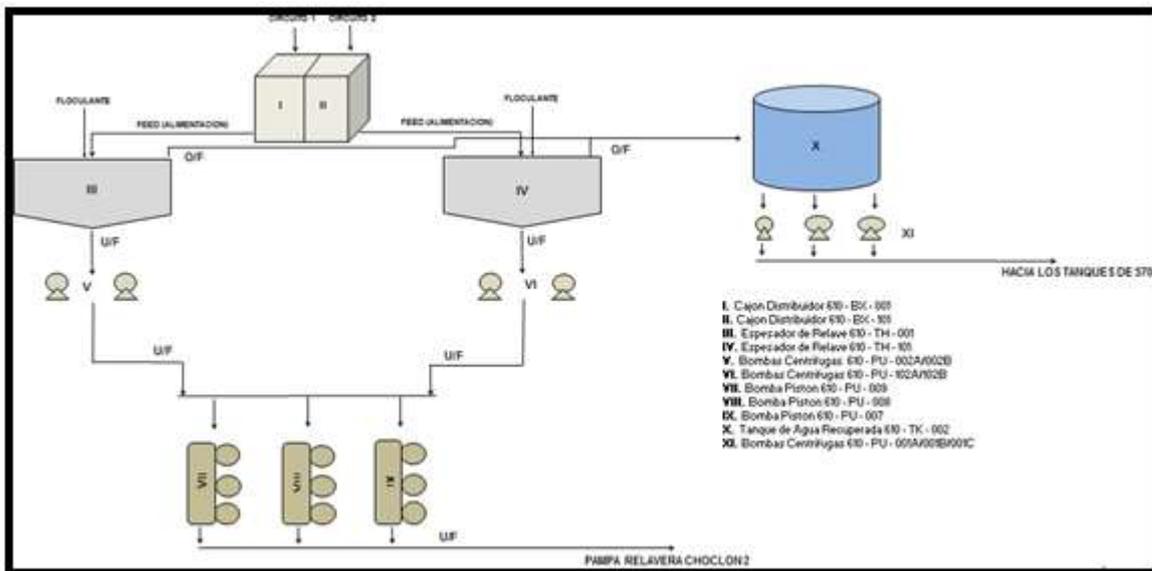
ANEXOS

Folio
7

Anexo 1. Localización de la Compañía Minera SHOUXIN PERU S.A.



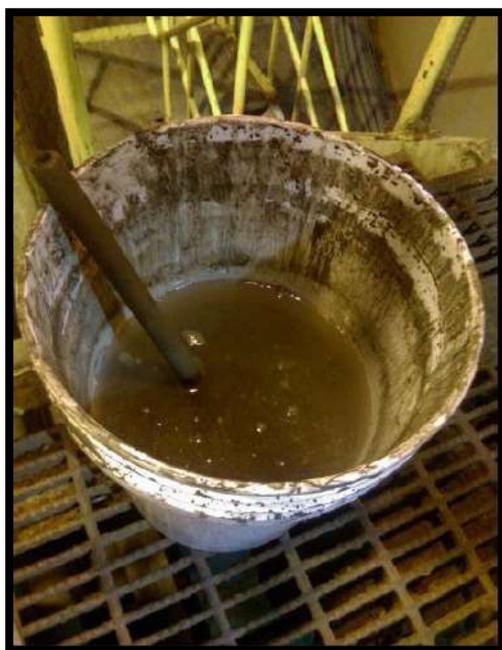
Anexo 2. Flow Sheet de los espesadores de relave (Circuito 1-2)



Pruebas de floculante en los espesadores de relave – Área 610



Sedimentación de Relave



Mezcla de Relave y Floculante

Preparación de floculante en laboratorio



ESPEADOR 610 - TH - 001																					
Hora	TNS (Planta)	FEED (ALIMENTO AL ESPEADOR)									DESCARGA (UNDERFLOW)									REBOSE (OVERFLOW)	
		TNS (Alimento)	Densidad	% Solidos	Flujo (m3/h pulpa)	TN (Pulpa)	Volumen (Mineral)	Volumen (Agua)	TN (Agua)	G.E.	Flujo (m3/h pulpa)	Densidad	% Solidos	TNS (Mineral)	TN (Pulpa)	TN (Agua)	Volumen (Agua)	Volumen (Mineral)	G.E.	Flujo (m3/h agua)	TN (Agua)
8:00	473,05	435,21	1,24	29,03	1208,91	1499,04	145,07	1063,84	1063,84	3	558	1,62	57,41	518,94	903,96	385,02	385,02	172,98	3	678,82	678,82
9:00	537,62	494,61	1,22	27,05	1498,82	1828,56	164,87	1333,95	1333,95	3	569	1,63	57,98	537,71	927,47	389,77	389,77	179,24	3	944,18	944,18
10:00	555,93	511,46	1,24	29,03	1420,71	1761,68	170,49	1250,22	1250,22	3	531	1,61	56,83	485,87	854,91	369,05	369,05	161,96	3	881,18	881,18
11:00	528,52	486,24	1,18	22,88	1800,88	2125,04	162,08	1638,80	1638,80	3	490	1,6	56,25	441,00	784,00	343,00	343,00	147,00	3	1295,80	1295,80
12:00	494,98	455,38	1,20	25,00	1517,94	1821,53	151,79	1366,14	1366,14	3	478	1,61	56,83	437,37	769,58	332,21	332,21	145,79	3	1033,93	1033,93
13:00	463,97	426,85	1,21	26,03	1355,09	1639,66	142,28	1212,80	1212,80	3	455	1,59	55,66	402,68	723,45	320,78	320,78	134,23	3	892,03	892,03
14:00	523,49	481,61	1,23	28,05	1395,97	1717,05	160,54	1235,44	1235,44	3	472	1,63	57,98	446,04	769,36	323,32	323,32	148,68	3	912,12	912,12
15:00	512,32	471,33	1,24	29,03	1309,26	1623,49	157,11	1152,15	1152,15	3	520	1,64	58,54	499,20	852,80	353,60	353,60	166,40	3	798,55	798,55
16:00	486,99	448,03	1,20	25,00	1493,44	1792,12	149,34	1344,09	1344,09	3	480	1,61	56,83	439,20	772,80	333,60	333,60	146,40	3	1010,49	1010,49
17:00	549,50	505,54	1,20	25,00	1685,13	2022,16	168,51	1516,62	1516,62	3	490	1,62	57,41	455,70	793,80	338,10	338,10	151,90	3	1178,52	1178,52
18:00	481,64	443,11	1,21	26,03	1406,69	1702,10	147,70	1258,99	1258,99	3	500	1,59	55,66	442,50	795,00	352,50	352,50	147,50	3	906,49	906,49
19:00	480,60	442,15	1,22	27,05	1339,85	1634,62	147,38	1192,47	1192,47	3	543	1,62	57,41	504,99	879,66	374,67	374,67	168,33	3	817,80	817,80
20:00	475,40	437,37	1,18	22,88	1619,88	1911,46	145,79	1474,09	1474,09	3	520	1,6	56,25	468,00	832,00	364,00	364,00	156,00	3	1110,09	1110,09
TOTAL		6038,89						17039,62						6079,19			4579,61			12460,01	

DATOS OBTENIDOS EN CAMPO
DATOS CALCULADOS

ESPESADOR 610 - TH - 101																					
Hora	TNS (Planta)	FEED (ALIMENTO AL ESPESADOR)									DESCARGA (UNDERFLOW)									REBOSE (OVERFLOW)	
		TNS (Alimento)	Densidad	% Solidos	Flujo (m3/h pulpa)	TN (Pulpa)	Volumen (Mineral)	Volumen (Agua)	TN (Agua)	G.E.	Flujo (m3/h pulpa)	Densidad	% Solidos	TNS (Mineral)	TN (Pulpa)	TN (Agua)	Volumen (Agua)	Volumen (Mineral)	G.E.	Flujo (m3/h agua)	TN (Agua)
8:00	507,62	467,01	1,20	25,00	1556,70	1868,04	155,67	1401,03	1401,03	3	468	1,63	57,98	442,26	762,84	320,58	320,58	147,42	3	1080,45	1080,45
9:00	487,88	448,85	1,20	25,00	1496,17	1795,40	149,62	1346,55	1346,55	3	456	1,64	58,54	437,76	747,84	310,08	310,08	145,92	3	1036,47	1036,47
10:00	468,88	431,37	1,25	30,00	1150,32	1437,90	143,79	1006,53	1006,53	3	498	1,65	59,09	485,55	821,70	336,15	336,15	161,85	3	670,38	670,38
11:00	450,52	414,48	1,21	26,03	1315,80	1592,12	138,16	1177,64	1177,64	3	470	1,64	58,54	451,20	770,80	319,60	319,60	150,40	3	858,04	858,04
12:00	481,69	443,15	1,18	22,88	1641,31	1936,75	147,72	1493,60	1493,60	3	483	1,65	59,09	470,93	796,95	326,03	326,03	156,98	3	1167,57	1167,57
13:00	547,55	503,75	1,19	23,95	1767,53	2103,36	167,92	1599,61	1599,61	3	546	1,64	58,54	524,16	895,44	371,28	371,28	174,72	3	1228,33	1228,33
14:00	526,57	484,44	1,23	28,05	1404,19	1727,15	161,48	1242,71	1242,71	3	530	1,63	57,98	500,85	863,90	363,05	363,05	166,95	3	879,66	879,66
15:00	540,55	497,31	1,22	27,05	1506,99	1838,53	165,77	1341,22	1341,22	3	485	1,64	58,54	465,60	795,40	329,80	329,80	155,20	3	1011,42	1011,42
16:00	527,50	485,30	1,20	25,00	1617,67	1941,20	161,77	1455,90	1455,90	3	525	1,65	59,09	511,88	866,25	354,38	354,38	170,63	3	1101,53	1101,53
17:00	532,41	489,82	1,20	25,00	1632,72	1959,27	163,27	1469,45	1469,45	3	512	1,64	58,54	491,52	839,68	348,16	348,16	163,84	3	1121,29	1121,29
18:00	527,52	485,32	1,22	27,05	1470,66	1794,21	161,77	1308,89	1308,89	3	461	1,64	58,54	442,56	756,04	313,48	313,48	147,52	3	995,41	995,41
19:00	516,75	475,41	1,22	27,05	1440,64	1757,58	158,47	1282,17	1282,17	3	418	1,67	60,18	420,09	698,06	277,97	277,97	140,03	3	1004,20	1004,20
20:00	530,58	488,13	1,24	29,03	1355,93	1681,35	162,71	1193,22	1193,22	3	415	1,66	59,64	410,85	688,90	278,05	278,05	136,95	3	915,17	915,17
TOTAL		6114,34						17318,51						6055,20			4248,60			13069,91	

DATOS OBTENIDOS EN CAMPO
DATOS CALCULADOS

		TH - 001	TH - 101	Total
Feed (alimentación)	Mineral (TNS)	6038,89	6114,34	12153,23
	Agua (m3)	17039,62	17318,51	34358,13
Descarga (U/F)	Mineral (TNS)	6079,19	6055,20	12134,39
	Agua (m3)	4579,61	4248,60	8828,21
Rebose (O/F)	Agua (m3)	12460,01	13069,91	25529,92
%Recuperación (Agua)		74,31		
TNS (TH-001)		-40,30		
TNS (TH-101)		59,14		

Matriz de Consistencia.**Título:** “Separación solidos – líquidos en los tanques espesadores de relaves de la Minera Shouxin S.A 2020”**Autor:** Kenyo Ticse Vila y Carmen Jara Rojas.

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Metodología	
Genera	¿Cómo influyen la separación solidos – líquidos en los espesadores de relaves de la Minera Shouxin S?A 2020?	Evaluar la separación solido líquido en los espesadores de relave de Minera Shouxin S.A 2020.	La separación solidos – líquidos va influir en los espesadores de relaves de la Minera Shouxin S.A 2020	Independiente Separación solidos – líquidos	Inconstante	<u>Tipo:</u> aplicada	
					Medida	<u>Nivel:</u> explicativo	
Espec	¿De qué manera influye el % sólidos en la separación solidos líquidos en los espesadores de relaves de la Minera Shouxin S.A 2020?	Evaluar el % solido en la separación solidos líquidos en los espesadores de relave de Minera Shouxin S.A 2020.	El efecto del % de solidos influye en la separación solidos – líquidos en los espesadores de relaves de la Minera Shouxin S.A 2020.			Inconstante	<u>Diseño:</u> Pre experimental
						Medida	<u>Enfoque:</u> mixto
	¿Cómo influye la dosificación de floculante en la separación solido líquido en los espesadores de relaves de la Minera Shouxin S.A. 2020?	Evaluar la dosificación de floculante en la separación solido líquido en los espesadores de relave de Minera Shouxin S.A 2020.	La dosificación de floculante en la separación solidos – líquidos influye en los espesadores de relaves de la Minera Shouxin S.A 2020.			Inconstante	<u>Población - Muestra:</u> Separación solido – liquido. Relaves de mineral
					Dependiente.	Medida	<u>Técnica Recolección Datos:</u> Observación
	¿En qué medida la separación solidos líquidos incrementara la velocidad de sedimentación en los espesadores de relaves de la Minera Shouxin S.A. 2020?	Estimar la velocidad de sedimentación en la separación solido líquido en los espesadores de relave de Minera Shouxin S.A 2020.	La velocidad de sedimentación incrementara en la separación solido líquido en los espesadores de relave de la Minera Shouxin S.A 2020.	Espesadores de relaves	Inconstante	<u>Técnica Procesamiento Información:</u> Estadístico y Spss.	