

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NUCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PREPARACIÓN Y
DOSIFICACIÓN DE UN POLÍMERO COMERCIAL EN
LA EFICIENCIA DEL EQUIPO SEDIMENTADOR DE
LODO ROJO DE ALTO RENDIMIENTO DE CVG
BAUXILUM**

Realizado Por:

FLORCLAUDINE DEL VALLE, MARCANO BASTARDO

Monografía Presentada Ante La Universidad de Oriente como Requisito Parcial

Para Optar al Título de:

INGENIERO QUÍMICO

Puerto la Cruz, Enero de 2.011.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NUCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PREPARACIÓN Y
DOSIFICACIÓN DE UN POLÍMERO COMERCIAL EN
LA EFICIENCIA DEL EQUIPO SEDIMENTADOR DE
LODO ROJO DE ALTO RENDIMIENTO DE CVG
BAUXILUM**

Revisado y aprobado por:

Ing. Hernán R. Raven C. M.Sc.
Asesor Académico

Ing. Químico Anibal Martínez
Asesor Industria)

Puerto la Cruz, Febrero de 2.011.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NUCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PREPARACIÓN Y
DOSIFICACIÓN DE UN POLÍMERO COMERCIAL EN
LA EFICIENCIA DEL EQUIPO SEDIMENTADOR DE
LODO ROJO DE ALTO RENDIMIENTO DE CVG
BAUXILUM**

JURADO CALIFICADOR

Ing. Químico. Hernán R. Raven C. M.Sc.
(Asesor Académico)

Ing. Químico. Frank Parra
(Jurado Principal)

Prof. Rafael Aleman
(Jurado Principal)

Puerto la Cruz, Enero de 2.011.

RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 41 del Reglamento de Trabajos de Grado:

“LOS TRABAJOS DE GRADO SON PROPIEDAD EXCLUSIVA DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SÓLO PODRÁN SER UTILIZADOS PARA OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, EL CUAL LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO”



DEDICATORIAS

A Dios todopoderoso, que guía mis pasos me mantiene firme y en pie te amo padre celestial.

A Silvia Bastardo, una gran mujer que tengo la suerte y dicha de tener por mamá. Te amo con toda mi alma esto es para ti! Gracias porque aun en contra de voluntad nunca cortaste mis alas!

Mateo Marcano, papa tu que iluminaste mis caminos desde el cielo se que donde estas mi éxito te hace muy feliz. Te amo y te extrañare toda la vida pololo tu catirruca.

Silvia Marisol; Leonardo José, Mariana Antonieta; mis razones para vivir, Mis hermanos y mis mejores amigos.

Claudia y Florencia mis abuelas adoradas dios cuídamelas son mi gran tesoro.

Rosa Marcano y Alexis Marcano, sin duda alguna son las mejores tías del mundo, sin ustedes esto no sería posible. Gracias por quererme tanto, las amo.

Juan Pablo, amor y apoyo todos los días de mi vida, eres mi pilar te amo baby.

Mis muchachos Fidel, Arkaitz, Eduardo, Cepito, Raúl, Juan Carlos, Pedro y Daniel parte fundamental de mi vida.

A la Virgen del Valle patrona de Oriente y de la universidad de oriente.

A todos los miembros de la familia Casado Chòpíte, son mi familia los amo y sé que me consideran parte de la suya.

A mi comadre Josmir que es apoyo total.

A Maximiliano, Laura, Kamila, Víctor y Constanza mis ahijados hermosos ahora si con madrina ingeniero.

AGRADECIMIENTOS

A Dios quien en El todo lo puedo y gracias a él esta tesis es posible.

A la Virgen del Valle madre celestial siempre escuchaste mis oraciones.

A ti mama no hay manera de poder expresar todos los sacrificios y esfuerzos que haces no solo por mí, sino también por mis hermanos, eres la mejor del mundo, y no deseo más que tu felicidad.

A ti papa que se que desde el cielo nunca has dejado de estar a mi lado y te has encargado de mi, así lo siento cada día de mi vida.

A mis hermanos, Silvia, Leito, Mariana; son mis tesoros de una u otra manera esta tesis es suya, gracias por su estímulo constante.

A mis abuelas por sus oraciones permanentes que nunca me desampararon.

A mis tías Rosa y Alexis que nunca dejaron de estar ahí en las buenas y en las malas y que me brindaron apoyo invaluable.

A mi novio amado Juan Pablo, quien me aguanto, me impulso a cumplir mis sueños nunca dejarme caer, gracias por ser tu y nunca dejarme sola.

A mi familia entera ya que gracias a ellos soy este ser humano. Gracias Dios por la hermosa e inmensa familia que me diste, no podrían ser mejores.

A mis amigos de la udo que no fueron muchos pero si de gran calidad humana, se que estarán siempre en mi vida, yeli, aury, cesar, dorys.

A CVG Bauxilum por la oportunidad de realizar mis pasantías en sus instalaciones y por todas las herramientas brindadas.

A mi tutor industrial y académico Ing. Aníbal Martínez e Ing. Hernán Raven, por todo el apoyo prestado tiene para mí un valor incalculable.

A la superintendencia de desarrollo de procesos, a todos sus miembros, gracias por ayudarme cada día y hacer que mi experiencia en CVG Bauxilum sea una de las mejores de mi vida.

A los muchachos del laboratorio de prueba de planta, muchas gracias por todo lo que me enseñaron y por su paciencia se les quiere.

A mis amigos ellos saben quiénes son y el lugar que ocupan en mi corazón los amo, no sería lo mismo sin ustedes.

A la familia Casado Chòpíte por su cariño y apoyo en todos los aspectos de mi vida.

Wilfredo, Ariadna y Victoria; grandes amigos y compañeros que me dejó esta experiencia en CVG Bauxilum gracias por darle un toque especial a cada uno de mis días.

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la preparación y dosificación del polímero NALCO 85020+ en la eficiencia del equipo sedimentador de lodo rojo de alto rendimiento de CVG Bauxilum, para promover un ahorro en el consumo de dicho polímero sin afectar la eficiencia del equipo sedimentador, para ello se simuló a nivel de laboratorio la operación actual del equipo de concentración de preparación de 2 g/l y para obtener un conjunto de variables que nos sirven de patrón a la hora de considerar cambios de dosificación y preparación, luego se procedió al estudio de la operación del equipo variando la concentración del polímero de 2 g/l a 3 g/l para observar si existen variaciones significativas en la velocidad de sedimentación; también se estimaron las variaciones empleando un cambio en el solvente de preparación del polímero, se construyeron curvas del tornillo dosificador y curvas de concentración del polímero(Nalco 85020+) para corroborar la concentración de preparación en el campo, y se compararon los resultados de campo con los obtenidos en el laboratorio para el área en estudio finalmente obtuvieron los siguientes resultados: a) a fin de garantizar los parámetros de velocidad de sedimentación hay que emplear dosificaciones mayores a 80 g/ton; b) al aumentar la concentración de preparación del floculante se incremento la velocidad de sedimentación en un 80% con respecto a la prueba patrón; c) manteniendo las condiciones de sólidos dentro de especificación y disminuyendo la dosis se incremento la eficiencia del proceso de espesamiento de lodo de manera general.

ÍNDICE GENERAL

RESOLUCIÓN	4	
DEDICATORIAS.....	5	
AGRADECIMIENTOS.....	6	
RESUMEN	8	
LISTA DE TABLAS.....	14	
LISTA DE FIGURAS	15	
CAPITULO I		
INTRODUCCIÓN.....	16	
1.1 RESEÑA HISTÓRICA	16	
1.2 CVG-Bauxilum-Operadora de bauxita.....	18	
1.2.1 Ubicación geográfica de la operadora de bauxita.....	18	
1.3 CVG-Bauxilum-Operadora de Alúmina.....	18	
1.3.1 Ubicación geográfica de la operadora de alúmina.....	19	
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21	
1.5 OBJETIVOS	24	
1.5.1 Objetivo General.....	24	
1.5.2 Objetivos Específicos	24	
CAPITULO II.....		25
MARCO TEÓRICO		25
2.1 ANTECEDENTES	25	
2.2 DESCRIPCION DEL PROCESO BAYER PARA LA PRODUCCION DE ALUMINA EN GRADO METALURGICO	26	
2.3 OPERADORA DE BAUXITA	26	
2.4 OPERADORA DE ALUMINA.....	27	
2.5 PROCESO BAYER.....	28	
2.6 MATERIAS PRIMAS	29	
2.7 AREAS DEL PROCESO	29	

2.7.1 Manejo de materiales.....	29
2.7.2 Lado rojo.....	30
2.7.3 Trituración y molienda (área 32).....	30
2.7.4 Predesilicación (área 31)	30
2.7.5 Digestión (área 33)	31
2.7.6 Preparación de la lechada de cal (área 37).....	31
2.7.7 Desarenado (área 34).....	32
2.7.8 Sedimentación y lavado (área 35)	32
2.7.9 Caustificación de carbonatos (área 37).....	32
2.7.10 Filtración de seguridad (área 38).....	33
2.7.11 Lado blanco	33
2.7.12 Enfriamiento por expansión instantánea (área 39).....	33
2.7.13 Precipitación (área 41).....	33
2.7.14 Evaporación (área 46).....	34
2.7.15 Clasificación (área 42).....	34
2.7.16 Lavado de oxalato (área 55)	34
2.7.17 Filtrado de semilla gruesa y producto (área 58)	35
2.7.18 Filtración del producto (área 44)	35
2.7.19 Calcinación (área 45).....	35
2.7.20 Patio de tanques de condensado (área 47).....	36
2.7.21 Sistema de generación de vapor (área 61).....	36
2.7.22 Planta de tratamiento de aguas para calderas (área 66).....	36
2.7.23 Sistema de agua industrial (área 81).....	36
2.8 FUNCIONES DEL ÁREA 35	36
2.9 PROCESO DEL ÁREA 35.....	37
2.10 EQUIPOS INSTALADOS	38
2.10.1 Espesadores:	38
2.10.2 Diseño para Bauxilum	39
2.11 TEORIA DE SEDIMENTACION	39
2.12 ELIMINACIÓN DE PARTÍCULAS POR SEDIMENTACIÓN	41

2.13 SEDIMENTACIÓN POR ZONAS	41
2.14 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SEDIMENTACION Y ACCION DEL AGENTE FLOCULANTE	44
2.15 TEORIA DE FLOCULACION	44
2.16 PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DE POLÍMERO.....	46
2.17 PREPARACIÓN DE POLIMERO EN AREA 75	47
2.18 CALIDAD DEL POLÍMERO PREPARADO	48
2.19 INFORMACIÓN TECNICA.....	49
2.20 SEDIMENTADOR IMPLEMENTADO EN CVG BAUXILUM	52
2.20.1 Ventajas técnicas	52
2.21 ESTUDIOS DE INVESTIGACION	53
2.21.1 Metodología.....	53
2.21.1.1 Prueba de laboratorio en Gardanne, Francia.....	53
2.21.1.2 Pruebas piloto en Gardanne.....	53
2.21.1.3 Pruebas de laboratorio en BAUXILUM	54
2.21.2 Selección del floculante.....	55
2.22 CARACTERIZACION DE LA SUSPENSION.....	55
2.22.1 Comportamiento reologico de la suspensión.....	55
2.22.2 Flexibilidad de la instalación.....	55
2.23 SISTEMAS PRINCIPALES.....	56
2.23.1 Tanques mezcladores.....	56
2.23.2 Sedimentadores de alto rendimiento.....	57
2.23.3 Rebose del sedimentador	57
2.23.4 Descarga inferior del sedimentador	57
2.24 SISTEMAS SECUNDARIOS DE FASE I	57
2.24.1 Sistemas de corrientes	57
2.24.2 Sumidero.....	58
2.25 SISTEMAS AUXILIARES FASE I.....	58
2.25.1 Aire de servicio.....	58
2.25.2 Aire de instrumentación.....	58

2.25.3 Agua cruda.....	58
2.26 CONTROL DE ALIMENTACION DEL SEDIMENTADOR	59
2.26.1 Resumen del control de proceso.....	59
2.26.2 Estrategia de control	59
2.26.2.1 Suspensión de lodo	59
2.26.2.2 Condensado de proceso	60
2.26.2.3 Rebose del sedimentador	60
2.26.2.4 Floculante	61
2.27 CONTROL DE DESCARGA INFERIOR	61
2.27.1 Resumen de la descripción de procesos	61
2.27.1.1 Estrategia de control	61
2.28 CONTROL DE BOMBEO DE LODO	62
2.28.1 Resumen de la descripción del proceso	62
2.28.2 Estrategia de control	62
2.28.3 Control de velocidad de las bombas elevadoras de presión	62
2.28.4 Control de bombas de respaldo	63
2.29 CONTROL DEL SUMIDERO	63
2.29.1 Resumen de la descripción del proceso	63
2.29.2 Estrategia de control	63
2.30 ESTACION DE PREPARACION DEL FLOCULANTE	63
2.30.1 Resumen de la descripción del proceso	64
2.30.2 Estrategia de control	64
2.30.2.1 Dosificación del floculante	64
2.30.2.2 Control de la segunda dilución	64
2.30.3 Enclavamientos de los tanques de preparación y tanque de almacenamiento.....	65
CAPITULO III	
METODOLOGÍA.....	66
3.1 SIMULACION A NIVEL DE LABORATORIO DE LA OPERACIÓN ACTUAL PARA LA OBTENCION DE VARIABLES.....	66

3.2 ESTUDIO DE LA OPERACIÓN VARIANDO LA CONCENTRACION DEL POLIMERO	72
3.3 ESTIMACION DE LA VARIACION DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION DE LODO CAMBIANDO EL TIPO DE SOLVENTE	75
3.4 CONSTRUCCION DE UNA CURVA DE CALIBRACION DEL TORNILLO DOSIFICADOR DEL FLOCULANTE EN EL AREA 75 Y LAS CURVAS DE CONCENTRACION.....	78
3.5 COMPARACION DE LOS RESULTADOS DE CAMPO CON LOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO PARA EL AREA EN ESTUDIO	81
CAPÍTULO IV	
DISCUSIONES DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
4.1 SIMULACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO DE LA OPERACIÓN ACTUAL PARA LA OBTENCION DE VARIABLES.....	83
4.2 ESTUDIO DE LA OPERACIÓN VARIANDO LA CONCENTRACION DEL POLIMERO	84
4.3 ESTIMACION DE LA VARIACION DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION DE LODO CAMBIANDO EL TIPO DE SOLVENTE	86
4.4 CONSTRUCCION DE UNA CURVA DE CALIBRACION DEL TORNILLO DOSIFICADOR DEL FLOCULANTE EN EL AREA 75 Y LAS CURVAS DE CONCENTRACION.....	88
4.5 COMPARACION DE LOS RESULTADOS DE CAMPO CON LOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO PARA EL AREA EN ESTUDIO	90
4.5 CONCLUSIONES.....	92
4.6 RECOMENDACIONES	93
BIBLIOGRAFÍA	94

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1 Valores de termotitulación de LSN, REB y suspensión de lodo _____	68
Tabla 3.2 Dosis de aplicación equivalentes del polímero a diferentes concentraciones de dilución _	69
Tabla 3.4 Valores para el cálculo de velocidades de sedimentación para una concentración de dilución del polímero de 2.5 g/l _____	73
Tabla 3.5 Valores para el cálculo de velocidades de sedimentación para una concentración de dilución del polímero de 2 g/l _____	74
Tabla 3.6 Valores para el cálculo de velocidades de sedimentación para una concentración de dilución del polímero de 2 g/l preparada con el REB _____	76
Tabla 3.7 Valores para el cálculo de velocidades de sedimentación para una concentración de dilución del polímero de 2,5 g/l preparada con el REB _____	77
Tabla 3.8 Datos para construcción de curva de calibración del tornillo dosificador _____	78
Tabla 3.9 Datos para construcción de curvas de concentración del polímero contra tiempo _____	80
Tabla 3.10 Valores de concentración de polímero contra viscosidad de la solución empleando el viscosímetro y LSN como solvente _____	81
Tabla 4.1 Valores obtenidos de velocidad de sedimentación en la prueba patrón _____	84
Tabla 4.2 Valores obtenidos de velocidad de sedimentación en la prueba con cambio de concentración _____	86
Tabla 4.3 Valores obtenidos de velocidad de sedimentación en la prueba con cambio de solvente de preparación _____	87
Tabla D.1 Valores de dilución del polímero _____	106

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. 1. Ubicación geográfica de las operadoras de CVG Bauxilum.</i>	20
<i>Figura 1. 2 Ubicación catastral de CVG Bauxilum</i>	21
<i>Figura 2.1. Diagrama de flujo del proceso Bayer en la empresa CVG-Bauxilum</i>	28
<i>Figura 2.2 Proceso de sedimentación por zonas (Ramalho, 2006)</i>	42
<i>Figura 2.3 Representación grafica de la altura frente al tiempo (Ramalho, 2006)</i>	43
<i>Figura 2.4 Acontecimiento dentro del espesador y/o lavador</i>	45
<i>Figura 2.5 Partes principales del tasster M (Chauvez 2005)</i>	51
<i>Figura 3.1 Toma muestra de lodo</i>	66
<i>Figura 3.2 Baño de calentamiento de sedimentación</i>	70
<i>Figura 3.3 Aplicación del método de la varilla perforada</i>	70
<i>Figura 3.4 Área de preparación del polímero</i>	79
<i>Figura 4.1 Grafica de prueba de sedimentación para una dosis de 70 g/ton con LSN</i>	83
<i>Figura 4.2. Velocidad de sedimentación de lodo rojo para diferentes dosificaciones y concentraciones de preparación utilizando LSN como solvente</i>	85
<i>Figura 4.3 Velocidad de sedimentación de lodo rojo para diferentes dosificaciones y concentraciones de preparación utilizando REB como solvente</i>	87
<i>Figura 4.4 curva de calibración del tornillo dosificador</i>	88
<i>Figura 4.5 curva de concentración de polímero contra viscosidad de la solución empleando el viscosímetro y LSN como solvente</i>	89
<i>Figura 4.6 Curva de concentración de polímero contra tiempo</i>	89
<i>Figura A.1 Equipo utilizado para el análisis de termotitulación</i>	97
<i>Figura A.2 Densímetro del último lavador en operación</i>	97
<i>Figura A.3 Lodo del último lavador</i>	98
<i>Figura A.4 Sacos de polímero en almacén</i>	98
<i>Figura B.1 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 80 g/ton</i>	100
<i>Figura B.2 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 90 g/ton</i>	100
<i>Figura B.3 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 100 g/ton</i>	101
<i>Figura C.1 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 70 g/ton</i>	103
<i>Figura C.2 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 80 g/ton</i>	103
<i>Figura C.3 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 90 g/ton</i>	104
<i>Figura C.4 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 100 g/ton</i>	104
<i>Figura E.1 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 70 g/ton</i>	108
<i>Figura E.2 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 80 g/ton</i>	108
<i>Figura E.3 curva de velocidad de sedimentacion dosis 90 g/ton</i>	109
<i>Figura E.4 curva de velocidad de sedimentacion dosis 100 g/ton</i>	109

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

La Corporación Venezolana de Guayana, comúnmente identificada por sus siglas CVG, fue creada mediante la figura jurídica del instituto autónomo, por el decreto N° 430 de fecha 29 de diciembre de 1960, en tiempos en los que una Venezuela, aún con rasgos preponderadamente rurales, se miraba el sur del país como la posibilidad de ensayar nuevas ideas de desarrollo, con visión integral, posible a través de novedosas ideas técnicas de planificación aplicables a la gerencia del estado, mediante la explotación industrial de las riquezas, principalmente minerales existentes en Guayana. A principio de los años sesenta nació en Guayana la actividad industrial del aluminio conjuntamente con el desarrollo del potencial hidroeléctrico del río Caroní y la explotación del mineral de hierro con su posterior transformación en acero, conformándose el cimiento fundamental de las empresas básicas de Guayana. Para ese entonces la Corporación Venezolana de Guayana (CVG) propuso crear la perspectiva conocida como plan Guayana, una empresa procesadora de alúmina (materia prima para obtener aluminio).

A partir de esa propuesta se creó CVG Interamericana de Alúmina (Interalúmina) en el año 1974, cuando surgió la idea de la exploración, que luego es concertada en planes precisos con el apoyo de la empresa Aluminium (Alusisse), a quien se le encomendó el estudio de factibilidad referido a la instalación de una planta con capacidad de 500.000 a 1000000 de toneladas de alúmina por año. El 25 de Noviembre de 1977 se fundó Interalúmina, con participación mayorista del Fondo de Inversiones de Venezuela (FIV) con un 92% de las acciones de la planta, la CVG con 4,25% y Swiss Aluminium con un 3,75% realizándose la primera reunión de su

junta directiva, donde se aprobó el presupuesto para la empresa y se autorizó su construcción en septiembre de 1978 y cuatro años más tarde en 1982, enciende la primera caldera y se recibe el primer cargamento de bauxita. En febrero de 1983 entra en marcha la primera línea de producción; en marzo se pone en funcionamiento la planta de calcinación para la obtención de alúmina metalúrgica, producto final de la planta. En diciembre de 1983 comienza sus operaciones la segunda línea de producción.

CVG-Interalúmina fue inaugurada oficialmente en abril de 1983, provista de los mayores avances tecnológicos para extraer alúmina tipo arenosa de la bauxita. Su capacidad fue aumentada de 1.300.000 TMA (toneladas métricas al año) a 2.000.000 TMA, mediante el plan de ampliación que finiquitó en Diciembre de 1992. En 1979 se creó la empresa CVG-Bauxita Venezolana C.A (Bauxiven), con la misión de explotar el yacimiento de Los Pijiguaos, siendo su principal accionista la CVG y Ferrominera Orinoco. Con una capacidad instalada anual de producción de 6 millones de toneladas métricas de bauxita, ésta cantidad permitirá a Bauxiven satisfacer la demanda de total de Interálumina. Como parte de una estrategia desarrollada por la CVG para fortalecer en negocio del aluminio venezolano, afectado por factores exógenos, éste organismo estatal se vio en la necesidad de promover la fusión de las empresas Bauxiven e Interálumina, en una sola compañía llamada CVG-Bauxilum, la cual es una compañía integrada para la producción de alúmina, la cual incluye la extracción de la bauxita y su transformación en alúmina a través del proceso Bayer. Actualmente la participación accionaria de la compañía lo constituye 99% de la CVG, 1% corresponde al consorcio Alusuisse Lonza Holding. La compañía está dividida en la mina de bauxita (operadora de bauxita) y la planta de alúmina (Operadora de alúmina).

1.2 CVG-Bauxilum-Operadora de bauxita

El proceso de extracción, almacenamiento, carga y transporte de la bauxita se desarrolla en tres áreas básicas: mina, área de homogeneización (Pie de Cerro) y área de almacenamiento y embarque (El Jobal). En general la infraestructura para la extracción y procesamiento de la bauxita fue diseñada para una producción de 6 millones ton/año abarcando: 1) mina; 2) estación de trituración; 3) cinta transportadora (soportada por 2 cables) de 4,5 km de longitud con una capacidad de 1.600 ton/h, y con una trayectoria descendente de 650 m de altura 4) vía férrea de 52 km; 5) una estación de manejo con una correa transportadora de 1,5 km y 3.600 ton/h de capacidad y un terminal con un cargador de gabarras; 6) flota de gabarras para la transportación a través del río Orinoco.

1.2.1 Ubicación geográfica de la operadora de bauxita

A 500 km al sur de Caracas y a 520 km al sur oeste de Ciudad Guayana, se encuentra la Serranía de Los Pijiguaos, asentamiento del complejo minero y el centro poblado de la operadora de bauxita.

Los Pijiguaos se ubica en el municipio Cedeño, estado Bolívar, Venezuela a 54 km del río Orinoco y enmarcada entre los ríos Suapure y Parguaza.

1.3 CVG-Bauxilum-Operadora de Alúmina

La alúmina es la materia prima para la obtención de aluminio. Está formada por óxido de aluminio (Al_2O_3), que se obtiene de la bauxita en proporción 2 a 1 en peso. Posee un punto de fusión de 2.050 °C aproximadamente.

La operadora de alúmina es la planta de procesos químicos continuo más grande del país. La operadora de alúmina cuyo objetivo es transformar la bauxita procedente de Los Pijiguaos, por medio del Proceso Bayer, en alúmina en grado metalúrgico, y su capacidad instalada es de 2 millones de TM al año.

1.3.1 Ubicación geográfica de la operadora de alúmina

Está ubicada al sur oriente del país, en la zona industrial Matanzas, avenida Fuerzas Armadas en Ciudad Guayana, estado Bolívar, en Venezuela, abarcando un área de 841 km². Limitada principalmente por el río Orinoco a 350 km del océano Atlántico y a 17 km con su confluencia con el río Caroní, las empresas: CVG-Ferroven, CVG-Venalum y Sidetur. Es un factor importante para su ubicación geográfica: el inmenso potencial hidroeléctrico de la represa Raúl Leoni; la cercanía con el río Orinoco, el cual es usado como vía fluvial para la exportación de la alúmina hacia el resto del mundo, lo que a su vez favorece la importación de materiales y equipos.

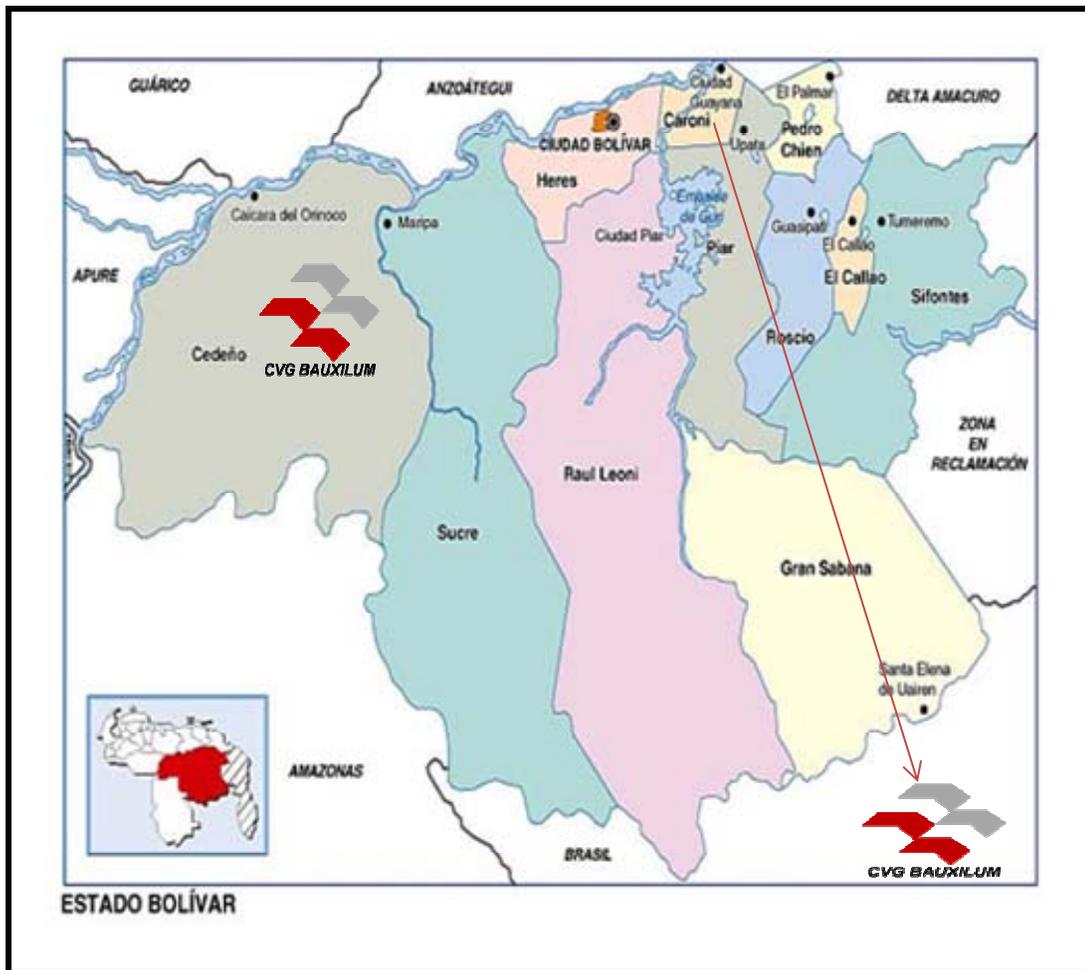


Figura 1. 1. Ubicación geográfica de las operadoras de CVG Bauxilum.

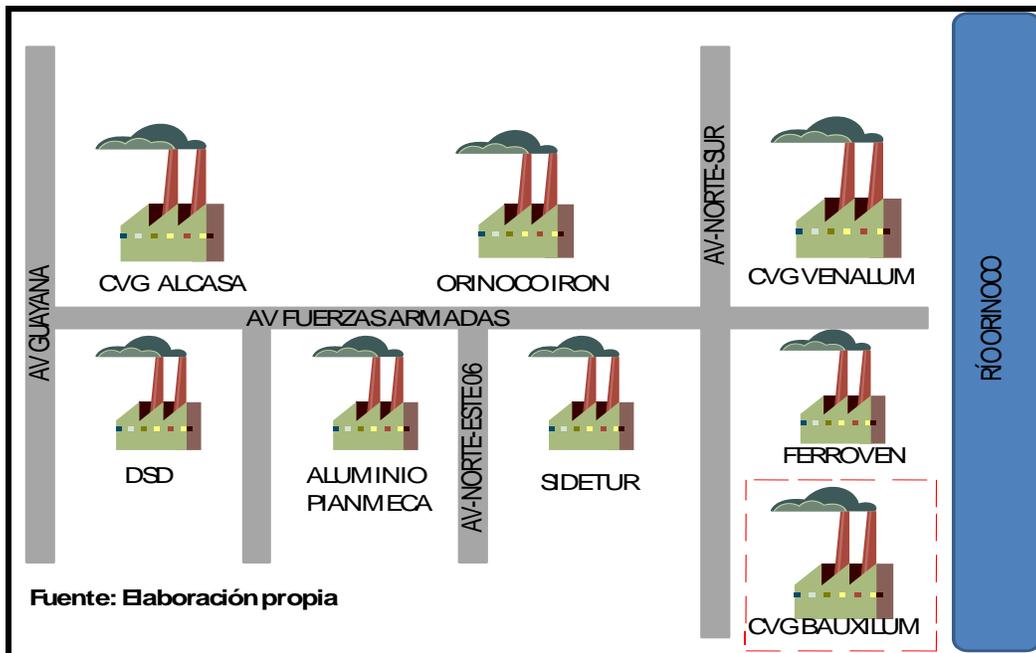


Figura 1. 2 Ubicación catastral de CVG Bauxilum

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa CVG Bauxilum se encuentra ubicada al sur oriente del país en la zona industrial Matanzas, en Ciudad Guayana estado Bolívar, sobre el margen del río Orinoco a 350 km del océano Atlántico. Esto le permite a la empresa el aprovechamiento de cuantiosos yacimientos de mineral bauxita, la cercanía de las fuentes hidráulicas para la generación de energía eléctrica, la disponibilidad de gas natural provenientes de los campos petroleros del oriente venezolano y, por último a la conexión por vía terrestre y fluvial con los mercados del mundo. A través de sus dos operadoras, tiene como tarea la extracción del mineral bauxita en la serranía de Los Pijiguaos, su refinamiento en Ciudad Guayana para la obtención de alúmina en grado metalúrgico para su posterior reducción y obtener el aluminio primario como parte del complejo Venalum-Bauxilum.

En CVG Bauxilum es indispensable el área de lavado de lodo rojo producido, ya que sin esta área el proceso dejaría de ser rentable debido a las pérdidas de soda cáustica y alúmina.

Después del área de lavado de lodo rojo (área 35) se encuentra la zona de espesamiento de lodo rojo (área 75), esta área está compuesta por 2 tanques mezcladores, 2 súper espesadores (tasster) de 600 m³ cada uno equipados para densificar el lodo hasta 1.500 g/l (650 a 700 g/l de sólido) y dos baterías de bombas (bombas de recirculación y bombas de descarga inferior). En esta área se lleva a cabo la preparación del polímero a utilizar para que se produzca la sedimentación del lodo, esta área se compone de una tolva para 750 kg de polímero sólido, una unidad de dosificación y humectación del polímero, 2 tanques reactores de 5 m³ y un tanque de dosificación de 10 m³ de capacidad y 3 bombas de desplazamiento positivo.

Un polímero está constituido por largas cadenas de monómeros que se repite como collar de cuentas, según su tamaño y cantidad forma figuras tridimensionales. El polímero que se utiliza en el área 75 de la planta es del tipo aniónico, esa condición es requerida porque la suspensión donde va a actuar el mismo es catódica, es importante disminuir la dosis de aplicación de polímero ya que la sobredosificación es negativa en para el proceso de floculación.

Evaluar la posibilidad de mejorar el funcionamiento del equipo sedimentador de alto rendimiento permitirá reducir aún más los costos globales de operación de la planta que en la situación actual es crítica por el precio actual de la tonelada de aluminio que es inferior al costo de producción y es de vital importancia la disminución de costos y disminuir el impacto ambiental con un mejor aprovechamiento de las áreas (lagunas) para la deposición de lodo.

CVG Bauxilum requiere un aumento en la eficiencia de los equipos sedimentadores de alto rendimiento, variando las condiciones de preparación y dosificación del floculante.

En cuanto al alcance, se simulará a nivel de laboratorio la operación del sedimentador de alto rendimiento variando la dosis, la concentración y el método de preparación del floculante para obtener una velocidad de sedimentación en el equipo mayor a 20 m/h, al igual que los efectos de la concentración de soda caustica presente en el lodo sobre la acción del floculante. Se observará también el efecto de la temperatura del floculante sobre la velocidad de sedimentación y finalmente, de obtenerse resultados satisfactorios en el laboratorio, se realizarán las pruebas de campo tomando con base los resultados de laboratorio y así verificar el aumento de eficiencia del equipo.

En cuanto a la necesidad, este proyecto contribuye a aumentar la eficiencia de operación de equipos instalados y garantizar la continuidad operativa de los mismos y de esta manera realizar proyectos futuros a nivel de manejo de lodos de la planta CVG Bauxilum y además proporcionara beneficios operativos en las lagunas de deposición de lodos de la empresa disminuyendo el impacto ambiental y lo más importante son los ahorros significativos en gastos de polímero que generara disminución en los costos de operación.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de preparación y dosificación de un polímero comercial en la eficiencia del equipo sedimentador de lodo rojo de alto rendimiento de CVG Bauxilum

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Simular a nivel de laboratorio la operación actual para obtener las variables.
2. Estudiar la operación variando la concentración del polímero.
3. Estimar la variación de la velocidad de sedimentación de lodo cambiando el tipo de solvente.
4. Construir una curva de calibración del tornillo dosificador del floculante en el área 75 y las curvas de concentración.
5. Comparar los resultados de campo con los obtenidos en el laboratorio para el área en estudio.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

En el año 2006 Philips y O'Brien desarrollaron para Nalco Company en Naperville, Estados Unidos un nuevo floculante poliacrilico para la clarificación de lodos rojos, esto se trataba de floculantes poliacrilico de alto peso molecular que superen en su desempeño al menos un 20% a los floculantes ya existentes. Se llevaron a cabo pruebas de velocidad de sedimentación para comparar el floculante poliacrilico y varios ya existentes (Philips, O'Brien, 2006).

También en el año 2006 Melanie; realizo para la Universidad de Quebec, en Quebec Canadá, un estudio de la clarificación de lodo rojo durante la floculación, este estudio se realizó por la importancia de reducir los sólidos suspendidos (turbidez) en los flujos de rebose (Gallaway 2006).

Para Cytec Industries en Connecticut, Estados Unidos, Donald y Dai, estudiaron el efecto el peso molecular del floculante sobre la reología del lodo rojo en el año 2006. Se realizaron pruebas simulando el comportamiento en planta utilizando floculantes de diferentes pesos moleculares (Gallaway 2006).

En el 2003 Pierre y colaboradores, realizaron una investigación para conocer los efectos de la temperatura y el método de preparación de la solución en el desempeño de un floculante de lodo rojo típico, este proyecto en Canadá para Alcan Internacional Ltd.(Crepeau 2003).

2.2 DESCRIPCION DEL PROCESO BAYER PARA LA PRODUCCION DE ALUMINA EN GRADO METALURGICO

El proceso utilizado por la empresa CVG Bauxilum para producir la alúmina calcinada en grado metalúrgico es el proceso Bayer, dicho proceso se divide en dos procesos uno en la operadora de bauxita y otro en la operadora de alúmina. A continuación se describen detalladamente estos procesos.

2.3 OPERADORA DE BAUXITA

El proceso de producción de la bauxita se inicia con la explotación por métodos convencionales de las minas a cielo abierto, después de removida y apilada la capa vegetal para su posterior reforestación. En la estación de molienda la bauxita es transferida a través de un transportador de placas hasta el molino, que reduce el mineral a una granulometría menor a 100 mm para su transporte y mejor manejo. Una vez que el material es triturado, es transferido al sistema de correas transportadoras de bajada, cuya longitud es de 4,2 km llevándolo para ser apilado en el área de homogeneización.

Después de una trayectoria descendente en una altura de 600 m, el material es apilado en el área de homogeneización (Pie de Cerro), la cual está constituida por 4 patios de apilado (225.000 ton cada uno); 6 correas transportadoras; 2 apiladores (1.600 ton/h); 2 recuperadores (3.600 ton/h); un carro de transferencia o cargador de vagones; 5 locomotoras (2.400 hp) y 115 vagones (90 ton carga útil, 30 ton por eje).

El mineral es transferido por ferrocarril desde el área de homogeneización hasta el puerto El Jobal. Un tren de 50 vagones es automáticamente descargado con un promedio de 40 vagones/h en un descargador de vagones rotatorio (volcadora). El área de almacenamiento está constituida por 4 patios de apilado con una capacidad de

600.000 ton (150.000 ton cada uno); apiladores y recuperadores; una cinta transportadora de 3.600 ton/h de capacidad, 1,5km de longitud; un cargador de gabarras móvil. Finalmente el mineral es transportado desde el puerto El Jobal hasta la planta de alúmina en Ciudad Guayana, en un recorrido de 650 km.

2.4 OPERADORA DE ALUMINA

La planta de alúmina de CVG Bauxilum fue constituida en 1977 por la corporación venezolana de Guayana y Alusuisse. Comienza sus operaciones en 1983 con una capacidad instalada de 1.000.000 ton/año. En la actualidad la planta de alúmina tiene una capacidad máxima de 2.000.000 ton/año. El diseño y la construcción de la planta de alúmina fueron hechos por ALESA Alusuisse Engineering LTD.

En la planta procesadora de alúmina se aplica el proceso Bayer para asegurar una buena producción y eficiencia en la extracción de una alúmina de alto grado de pureza partiendo del mineral de bauxita, el cual es del tipo trihidratada.

El diseño original de la planta fue basado en bauxitas provenientes de Surinam, Guyana, Brasil, Sierra Leona y Australia (gove). Como resultado del descubrimiento de bauxita en los pijiguaos, ciertas partes fueron modificadas para que la bauxita de los pijiguaos con sus propiedades específicas (alto contenido de arena y cuarzo) pudiera ser utilizada como materia prima de alimentación para la planta.

El objetivo principal para incrementar de 1.000.000 a 2.000.000 ton/año fue aumentar la productividad, eficiencia y factor operativo, así como aumentar la capacidad de procesamiento del mineral, utilizando bauxita de Los Pijiguaos en un 100 %. Esta nueva capacidad, la ubica como la tercera planta más grande del mundo.

2.5 PROCESO BAYER

La planta de CVG-Bauxilum utiliza el proceso Bayer para producir en grado metalúrgico de la bauxita. El doctor Karl Joseph Bayer, un químico desarrollo este proceso en 1888, los principios básicos del proceso son dos:

- Óxidos de aluminio se disuelven en licor cáustico mientras que la mayor parte de las impurezas no lo hacen.
- Cuando se enfría la solución los óxidos de aluminio se precipitan de la solución de aluminato de sodio.

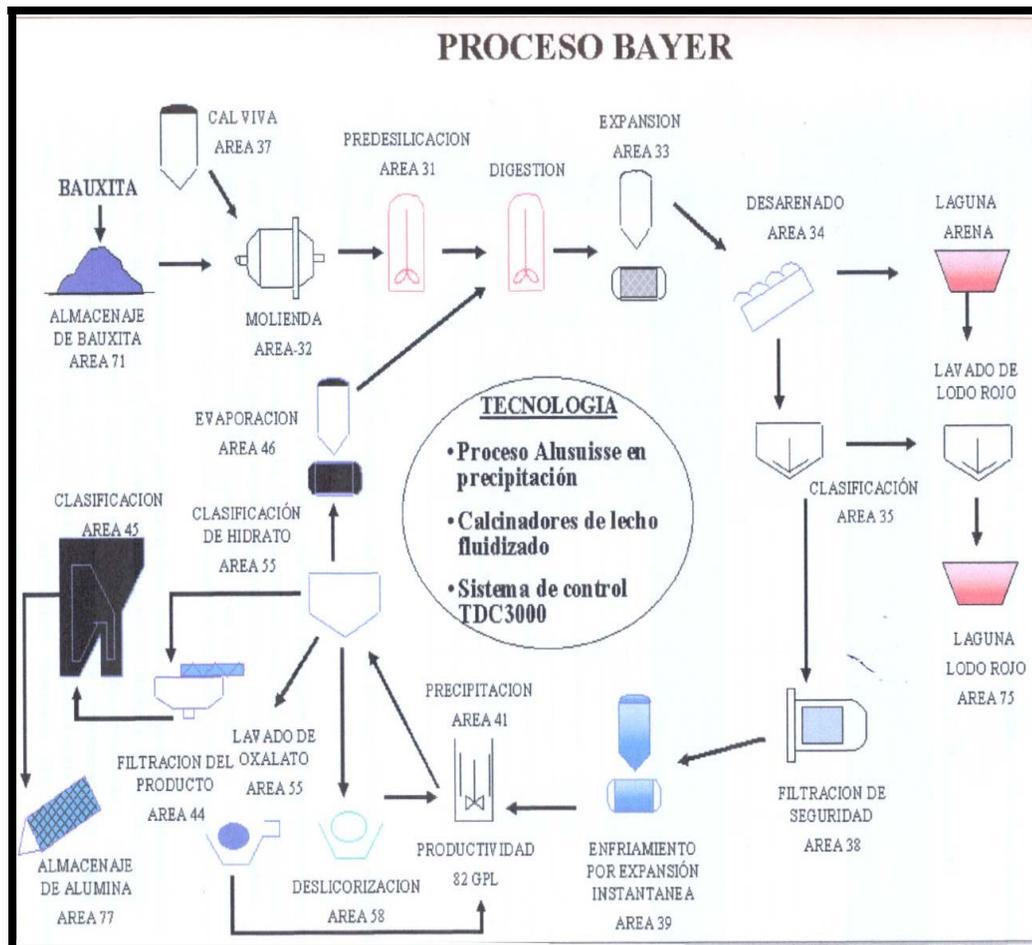


Figura 2.1. Diagrama de flujo del proceso Bayer en la empresa CVG-Bauxilum

2.6 MATERIAS PRIMAS

Las principales materias primas del proceso son:

Bauxita: es un mineral de color rojizo en cuya composición predominan los hidratos y silicatos de alúmina, óxidos de hierro y de titanio. El mismo es producto de la meteorización y lixiviación de una variedad de rocas y sedimentos a través de millones de años.

Soda cáustica: es una solución de hidróxido de sodio (NaOH), es una sustancia alcalina que se utiliza para disolver el contenido de alúmina de la bauxita. Soda cáustica pura disuelta a una concentración de 50% por peso se llama cáustica fresca.

Cal viva: se utiliza para preparar la lechada de cal y regeneración de cáustica en el proceso.

Floculante: material sintético que se añade a los lavadores para mejorar la sedimentación del lodo rojo.

Polímeros: es un compuesto químico de elevado peso molecular, formado por la polimerización de monómeros iguales o distintos. Este compuesto se añade a los espesadores/lavadores para promover la sedimentación del lodo rojo.

2.7 AREAS DEL PROCESO

2.7.1 Manejo de materiales

El área de manejo de materiales está conformada por los equipos que permiten el manejo de la bauxita y soda cáustica y la explotación del producto final. La planta de alúmina cuenta con unidades para el apilado y recuperación de la bauxita.

Actualmente posee una unidad con sistemas de canjilones que combina tanto el apilado como la recuperación, con una capacidad promedio de 2.400 ton/h para el apilado y de 900 ton /h para la recuperación. Este último sistema de manejo de materiales le añade suficiente capacidad de transporte y almacenamiento en el orden de 1.500.000 ton para garantizar una alimentación continua de bauxita desde Los Pijiguaos. Además cuenta con dos silos adicionales de bauxita (un almacén cubierto de 220.000 ton y una pila abierta de 280.000 ton) y un silo de alúmina con una capacidad de 150.000 ton.

2.7.2 Lado rojo

Está conformada por las unidades que permiten la reducción del tamaño de las partículas del mineral de bauxita, la extracción de la alúmina por medio de la soda cáustica y la separación de los minerales que acompañan a la alúmina en la bauxita para prevenir la contaminación del producto final.

2.7.3 Trituración y molienda (área 32)

El objetivo de esta área es reducir el mineral bauxita a un tamaño apropiado (menor a 300 micrones) para la extracción de la alúmina y que garantice su dilución total durante la digestión. La bauxita es descargada en las tolvas y de allí es transportada al triturador de placas donde es mezclada con cal viva y licor cáustico. La suspensión de bauxita fluye por gravedad a los molinos de bola donde se mezcla con más licor fuerte para facilitar el proceso de molienda. Lo que se genera en los molinos es la suspensión de bauxita molida la cual es almacenada en los tanques de relevo para luego ser bombeada a digestión.

2.7.4 Predesilicación (área 31)

Esta área tiene como propósito garantizar el tiempo de residencia necesario para que se genere la cantidad de semilla suficiente en la suspensión de bauxita antes de la etapa de digestión con el fin de que el proceso de precipitación de la sílice en dicha etapa sea acelerado y los valores de sílice disueltos en el licor sean los adecuados.

La predesilicacion se lleva a cabo sobre la suspensión de bauxita molida proveniente del área 32. Esta área está conformada por 4 tanques agitados cada uno dotado con una bomba de recirculación y vaciado, en donde se generan altas temperaturas (100°C) y tiempos de residencia de hasta 10 horas sobresaturando la suspensión de sílice reactiva.

2.7.5 Digestión (área 33)

El propósito del área es disolver la mayor cantidad posible de alúmina trihidratada para formar una solución enriquecida con aluminato de sodio. En los digestores, la suspensión de bauxita molida y el licor fuerte caliente reaccionan durante un tiempo promedio de 90 minutos produciéndose la disolución de la alúmina y la precipitación de la sílice reactiva. El producto que se obtiene de los digestores es la suspensión acuosa de aluminato de sodio la cual contiene ciertas impurezas.

2.7.6 Preparación de la lechada de cal (área 37)

En esta área se lleva a cabo la preparación de la lechada de cal la cual es utilizada en el área de filtrado de seguridad, caustificación de carbonatos (área 36) y además se transporta la cal viva al área 32. En esta etapa del proceso la cal viva se mezcla con condensado de proceso en apagadores aproximadamente a 98°C produciendo la suspensión de agua y cal. La lechada de cal es almacenada en tanques agitados para mantener la mezcla lo más homogénea posible.

2.7.7 Desarenado (área 34)

En esta área se separan los desechos insolubles de tamaños comprendidos entre 0,1 y 0,5 mm los cuales se producen en la disolución de la alúmina. La suspensión de digestión entra en los ciclones primarios donde se realiza la separación de partículas gruesas y finas contenidas en la suspensión. La solución arenosa es enviada a 3 clasificadores para lavar la arena y extraer la cáustica. Las partículas finas de lodo rojo, como parte de la suspensión de alúmina en suspensión, se almacenan en los tanques alimentadores de la suspensión de aluminato.

2.7.8 Sedimentación y lavado (área 35)

El objetivo de esta área es sedimentar las partículas finas de lodo rojo presentes en la suspensión desarenada y lavar la suspensión de lodo rojo para recuperar cáustica y alúmina. La suspensión entra a los espesadores a través de una caja de alimentación situada en el centro para minimizar la turbulencia y promover la floculación de las partículas. El licor de rebose es enviado al área de filtrado de seguridad mientras que el lodo asentado en el fondo es lavado con condensado de procesos en contracorriente para producir licor débil y recuperar la cáustica.

2.7.9 Caustificación de carbonatos (área 37)

En esta etapa del proceso se disminuye la concentración de carbonatos de sodio del flujo de lavadores del área 35 mediante la adición de lechada de cal ya que estos generan efectos negativos en varias áreas del proceso. El flujo de rebose del tercer lavador llega al área y se mezcla con la lechada de cal proveniente del área 37 formando el licor caustificado, luego este es enviado a los primeros lavadores.

2.7.10 Filtración de seguridad (área 38)

En esta área se busca retener la cantidad de sólidos (lodo muy fino) que no ha podido sedimentarse en los espesadores del área 35 y producir un licor filtrado (licor madre) con un contenido de hierro menor de 1 mg/l y sólidos menores a 20 mg/l. los dispositivos utilizados son filtros tipo Kelly y estos se ayudan con un agente filtrante denominado alúmina tricálcica (TCA) que evita el taponamiento rápido de las mallas de los filtros.

2.7.11 Lado blanco

En el lado blanco se encuentran las áreas en las que se manejan las suspensiones ricas en aluminatos y aquellas de las cuales se obtiene la alúmina.

2.7.12 Enfriamiento por expansión instantánea (área 39)

En esta área el licor proveniente del área 38 se enfría con la finalidad de optimizar las condiciones de precipitación de la alúmina contenida en el licor. Ésto se logra mediante la implementación de recipientes de expansión instantánea que funcionan con disminución de presión. El licor madre se enfría y el agua contenida en él se evapora saturándolo aun más y así facilitar la precipitación. El calor desprendido por el vapor es aprovechado para calentar el licor agotado proveniente del área 42.

2.7.13 Precipitación (área 41)

En esta área la alúmina disuelta en el licor madre y en estado de sobresaturación es inducida a cristalizar en forma de trihidróxido de aluminio sobre una semilla del mismo compuesto, generando también licor agotado debido a la precipitación. Este proceso consiste en una serie de precipitadores y una etapa de enfriamiento

intermedia para aumentar la capacidad productiva del circuito. Las semillas añadidas a los primeros precipitadores promueve la precipitación del trihidrato de alúmina.

2.7.14 Evaporación (área 46)

El licor agotado que sale del proceso se envía a una serie de intercambiadores de calor donde se obtiene una concentración de cáustica cuyo valor estará en el rango requerido. Esto se logra al evaporar el agua equivalente a la se introdujo en el circuito de los licores.

2.7.15 Clasificación (área 42)

El propósito de esta área es obtener la calidad y cantidad de hidrato de producto que será convertida en alúmina al igual que la distribución granulométrica del hidrato que será enviado a calcinación y precipitación. Esto se logra mediante el uso de tres renglones de espesadores. Los espesadores primarios separan las semillas más gruesas que son enviadas al área de filtrado de semilla gruesa y producto. En el segundo renglón se clasifican las semillas más finas que son enviadas al área de lavado de oxalatos y el licor rebosante se envía al área 39 para su calentamiento.

2.7.16 Lavado de oxalato (área 55)

Esta etapa se encarga de remover los oxalatos que precipitan e impiden la aglomeración y crecimiento de las partículas de alúmina durante el proceso del área 41. El proceso se realiza mediante la deslicorización de la semilla en los filtros deslicorizadores y donde la torta resultante es lavada con agua a 80°C para disolver los oxalatos formados.

La nueva suspensión es llevada a filtros desaguadores (filtros de tambor), ésta luego es enviada a unos tanques donde se mezcla con licor madre del área 39 para luego ser transportado al área 41.

2.7.17 Filtrado de semilla gruesa y producto (área 58)

El objetivo de esta etapa del proceso es deslicorizar la semilla gruesa proveniente del área 42 y descargarla al área de precipitación y además deslicorizar el hidrato proveniente del área 42 y transferirlo al área 44 resuspendiendo con filtrado de lavado proveniente de la misma área.

2.7.18 Filtración del producto (área 44)

Tiene como finalidad la separación del hidrato filtrado proveniente del área 58, mediante la implementación de filtros planos que operan en condiciones de vacío y así disminuir el contenido de humedad y soda cáustica logrando beneficiar térmicamente la operación de los calcinadores.

2.7.19 Calcinación (área 45)

El hidrato filtrado es descargado por medio de un tornillo sin fin hacia la tolva de alimentación a los secadores de Venturi de los calcinadores. El hidrato es calcinado con el propósito de remover la humedad y el agua químicamente ligada. Esto es hecho en un calcinador de lecho fluidizado (dos por etapa) a una temperatura máxima de 1.100°C. El agua es removida por intercambio de calor en los ciclones entre el hidrato y los gases de desecho. El material luego entra al horno de lecho fluidizado. Finalmente la alúmina calcinada es enfriada en ciclones con intercambio de calor en contracorriente con el aire de combustión. Un enfriador de lecho fluidizado provee el enfriamiento final. Para separar los sólidos arrastrados en los ciclones con gases de desechos e incrementar la eficiencia, se instalaron unos precipitadores electrostáticos.

2.7.20 Patio de tanques de condensado (área 47)

En ella se almacenan todos los flujos de agua caliente que se originan en la planta, de acuerdo al grado de contaminación en los tanques de condensado de proceso y de desecho según sea el caso, adicionalmente se encarga de satisfacer las necesidades del proceso en lo concerniente al agua de lavado.

2.7.21 Sistema de generación de vapor (área 61)

La estación de vapor es la encargada de generar y distribuir toda la energía calorífica en forma de vapor a la operadora de alúmina. Para la producción de vapor emplean 4 calderas acuotubulares colgantes con una capacidad de 200 ton/h.

2.7.22 Planta de tratamiento de aguas para calderas (área 66)

Está conformada por 2 trenes desmineralizadores y tiene como finalidad eliminar por medio de la absorción de iones de una solución por un material sólido y sustituirlos por cantidades equivalentes de otros iones de la misma carga.

2.7.23 Sistema de agua industrial (área 81)

Funciona para los pasos de producción de la planta de alúmina y provee facilidades para alimentar y distribuir agua de diferentes calidades a toda la planta de alúmina. Esta planta también consta de filtros de arena y antracita para mejorar la calidad de agua.

2.8 FUNCIONES DEL ÁREA 35

El área 35 cumple con tres funciones principales que son:

Remover las partículas finas de lodo rojo en la suspensión de digestión desarenada, procediendo por un lado con el licor de rebose (LTR) libre de sólidos o turbidez y por otro lado una suspensión de lodo rojo (SER):

- Lavar la suspensión de lodo rojo con el propósito de recuperar la soda cáustica y la alúmina disuelta o careada por el licor en la suspensión, produciendo simultáneamente una suspensión de lodo (SLR) apropiado para el desecho.
- Producir (LCD), el cual sirve para diluir la suspensión de digestión (SDI).

2.9 PROCESO DEL ÁREA 35

Para cumplir con dichos objetivos el proceso a seguir es el siguiente:

La suspensión desarenada de los T-34-1/101, es recibida por un manifold que distribuye la alimentación a espesadores (2 por etapa) a través de líneas individuales con válvulas de aislamiento.

En los espesadores, se da inicio a la separación del lodo, la cual se realiza por asentamiento de las partículas por gravedad en el fondo del tanque; quedando en la parte superior licor claro de rebose. Cada espesador cuenta con dos líneas por las cuales el licor fluye por gravedad a un manifold, y mediante bombeo es enviado al área 38. El flujo de licor que llega al área de filtración de seguridad, es regulado mediante el nivel de licor en los espesores.

El lodo rojo es recuperado como una suspensión a 1.400-1.450 gpl en densidad, y enviado a través de una bomba de descarga inferior que posee cada espesador.

Con el fin de mejorar la sedimentación del lodo rojo por gravedad, se utiliza un floculante sintético (polímero al 0,4%). El polímero se puede suministrar en

proporciones que se dividen hacia la línea de alimentación y el paso, o se adiciona 100% al pozo de alimentación por medio de inyectores (Lanzas).

El lavado del lodo, consiste en hacer pasar la suspensión de descarga inferior de los espesadores en contracorriente con el agua de lavado (condensado de proceso, agua fresca o agua de laguna); a dichos tanques se le adiciona también una solución acuosa de polímero al 0.1% para ayudar a sedimentar el lodo. Con este proceso se logra recuperar la cáustica y la alúmina, para ser retornadas al proceso, mientras el lodo rojo queda listo para ser descendido hacia las lagunas.

El licor rebosante de la última y cuarta etapa de lavado, es calentado en los intercambiadores de calor de contacto directo, con la finalidad de mantener el perfil de temperatura en los lavadores hasta llegar al primer lavador y reducir la precipitación de alúmina. En la primera etapa de lavado se introduce el lodo rojo proveniente de los espesadores y se va recuperando licor débil; mientras que en la última etapa, se añade el medio lavador y es recuperado el lodo rojo para ser bombeado hacia las lagunas.

2.10 EQUIPOS INSTALADOS

2.10.1 Espesadores:

Los espesadores son grandes tanques sedimentadores provisto de mecanismos móviles de rastrillado que trasladan el lodo rojo hacia las paredes del tanque facilitando así su descarga. El principio básico de los espesadores es la sedimentación por gravedad. El diseño de los espesadores de fondo cónico invertido favorece notablemente el desplazamiento del lodo desde el centro del tanque, una vez allí se dispara hacia los lados del mismo y se produce la sedimentación por gravedad. La descarga inferior de estos tanques es regulada por bombas de velocidad variable, la cual se ajusta de acuerdo al nivel de lodo del espesador.

El flujo de alimentación de cada espesador se regula por medio de aforadores magnéticos según el nivel de los tanques T-34-1/101.

Los espesadores poseen en la parte superior una canal artesa de 1,80 m de altura para la descarga superior de licor. Esta artesa debe permanecer llena a manera de garantizar flujo constante de rebose. Este flujo es controlado a su vez por los requerimientos del área de filtración de seguridad (A-38).

2.10.2 Diseño para Bauxilum

- Capacidad: 6.620 m³
- Inclinación del piso: 2,5%
- Distancia entre rastrillo y piso: 40-70 mm.
- Torque estándar: 542.327 N.m
- Altura total del tanque: 7,5 m
- Diámetro: 33,5 m
- Altura de la artesa: 1,8 m
- Altura del pozo: 3,8 m
- Brazo de la rastra: 5 primeras cuchillas curvas a una altura de 1m desde el piso, el resto son cuchillas lisas
- Velocidad de la rastra: 0,9 rev. /min.

2.11 TEORIA DE SEDIMENTACION

La separación de una suspensión diluida, por sedimentación gravitacional, separándola de un fluido claro y una suspensión de mayor contenido de sólidos, recibe el nombre de sedimentación.

La separación de una gran proporción de impurezas contenida en la suspensión que ha de pasar por filtración de seguridad se lleva a cabo por sedimentación. Sin embargo, debido a que las impurezas son demasiado pequeñas para obtener un proceso de alimentación eficiente por sedimentación basado solo en sedimentación por gravedad, es preciso convertir estas partículas en agregado de mayor tamaño y más fácilmente decantables con el fin de obtener una separación satisfactoria por sedimentación; este aumento del tamaño de las partículas se logra mediante la adición de agentes coagulantes o flóculos; y es a éste proceso de formación de flóculos lo que se denomina floculación.

La sedimentación del lodo rojo en los espesadores no es más que la deposición por gravedad de las partículas de lodo en el fondo de los tanques y para ayudar a dicha sedimentaciones se recurre al proceso de floculación que ocurre paralelamente a la separación del lodo rojo con la finalidad de lograr una alta velocidad de sedimentación de los sólidos contenidos en la suspensión para lo cual se añade floculante sintético (polímero).

Para describir mejor el mecanismo de la sedimentación, se puede experimentar en un cilindro de vidrio graduado de un litro y se llena de la suspensión a utilizar para realizar una prueba intermitente. Tan pronto se inicia el proceso, todas las partículas comienzan a sedimentar, estableciéndose varias zonas: una zona de mayor concentración de sólidos (inferior), una zona de transición de sólidos y del líquido claro. Este método proporciona la velocidad de sedimentación de la suspensión; la velocidad de sedimentación disminuye cuando aumenta la concentración de sólidos en suspensión. A medida que se incrementan las dosis de floculantes, aumenta el tamaño de los flóculos logrando densidades mayores en ellos, lo que produce una mayor velocidad de sedimentación.

2.12 ELIMINACIÓN DE PARTÍCULAS POR SEDIMENTACIÓN

La sedimentación es una operación unitaria consistente en la separación por la acción de la gravedad de las fases sólida y líquida de una suspensión diluida para obtener una suspensión concentrada y un líquido claro.

Se pueden distinguir dos tipos de sedimentación, atendiendo al movimiento de las partículas que sedimentan:

- Sedimentación libre: se producen suspensiones de baja concentración de sólidos. La interacción entre partículas puede considerarse despreciable, por lo que sedimentan a su velocidad de caída libre en el fluido.
- Sedimentación por zonas: se observa en la sedimentación de suspensiones concentradas. Las interacciones entre partículas son importantes.

2.13 SEDIMENTACIÓN POR ZONAS

En la figura 2.2 se representa el proceso de sedimentación por zonas en una probeta. Este proceso consta de las siguientes etapas: en un principio el sólido, se encuentra con una concentración inicial X_0 (figura 2.2.a), comienza a sedimentar (figura 2.2.b), estableciéndose una interfase 1 entre la superficie de la capa de sólidos que sedimentan y el líquido clarificado que queda en la parte superior (zona A). La concentración de sólidos en esta zona es uniforme, sedimentando toda ella como una misma capa de materia a velocidad constante V_s .

Esta velocidad de sedimentación puede calcularse a partir de la pendiente de la representación de la altura de la interfase 1 frente al tiempo, tal y como se muestra en la figura 2.3.

Simultáneamente a la formación de la interfase 1 y de la zona interfacial, se produce una acumulación y compactación de los sólidos en suspensión en el fondo de la probeta, dando lugar a la denominada zona de compactación (zona D). En esta zona la concentración de sólidos en suspensión es también uniforme y la interfase que bordea esta zona, interfase 2, avanza en sentido ascendente en el cilindro con una velocidad constante V .

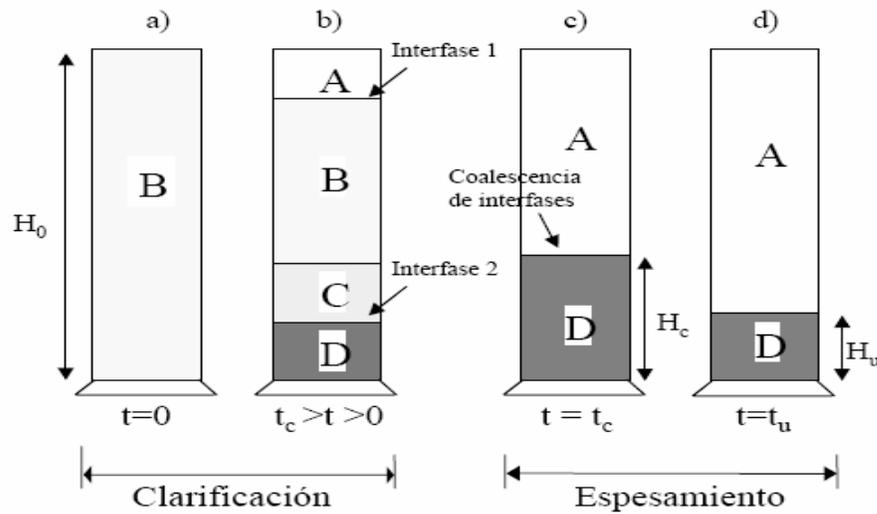


Figura 2.2 Proceso de sedimentación por zonas (Ramalho, 2006)

Entre la zona interfacial y la zona de compactación se encuentra una zona de transición (zona C). En esta zona la velocidad de sedimentación de los sólidos disminuye debido al incremento de la viscosidad y de la densidad de la suspensión, cambiando la concentración de sólido gradualmente entre la correspondiente a la zona interfacial y a la de la zona de compactación.

Las zonas de compactación e interfacial pueden llegar a encontrarse, produciéndose la coalescencia de las dos interfases anteriormente citadas, en el denominado momento crítico t_c , desapareciéndola zona de transición (figura 2.2.c). En este momento el sólido sedimentado tiene una concentración uniforme X_c o concentración crítica, comenzando la compactación y alcanzándose, posteriormente, la concentración final X_u (figura 2.2.d).

La velocidad de sedimentación en el momento t_c corresponde a un valor V_c dado por la pendiente de la tangente a la curva de sedimentación en el punto C, tal y como se indica en la figura 2.3 donde $V_c < V_s$.

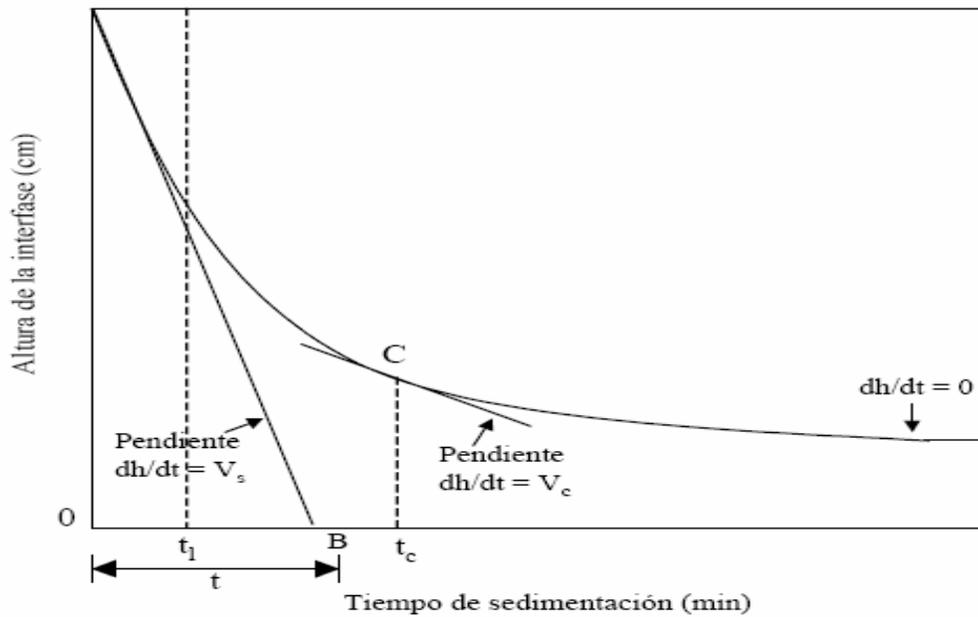


Figura 2.3 Representación gráfica de la altura frente al tiempo (Ramalho, 2006)

2.14 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SEDIMENTACION Y ACCION DEL AGENTE FLOCULANTE

Se destacan los siguientes factores:

- Tipo de bauxita, ya que en la naturaleza química de los compuestos de hierro en el mineral, su concentración y su granulometría poseen gran influencia sobre la decantación.
- Distribución del tamaño de las partículas del lodo que se asocia directamente con el área superficial de sólido a ser agregada en flóculos y por lo tanto con la dosis a emplear.
- Concentración de sólidos, dado que el incremento en el número de partículas distribuidas en la suspensión de entrada al sedimentador disminuye la velocidad de caída de las partículas.
- Combinación de agentes floculantes, para aprovechar las ventajas de los diversos productos tanto naturales como sintéticos.

2.15 TEORIA DE FLOCULACION

Las teorías del transporte de las partículas están basadas en la química coloidal y superficial. La mecánica de fluidos y partículas; las teorías de estabilización de diseño de estructuras y equipos de floculación para un proceso de coagulación viene influenciado por consideración de los contactos entre las partículas; la sección del tipo de coagulación y su dosificación están basadas en la desestabilización de las partículas. La floculación se refiere a la absorción de polímeros orgánicos y la posterior formación de puentes partículas-polí.

En el área 75, al igual que el área 35, se requiere del uso de polímero como elemento de floculación.

Polímero es una larga cadena de monómeros que se repite como collar de cuentas, según su tamaño y cantidad forma figuras tridimensionales. El polímero que se utiliza en lado rojo II (área 35 Bauxilum planta), es del tipo aniónico, esa condición es requerida porque los elementos que componen el lodo rojo en la planta son catódicos, cada zona del área requiere de un tipo específico de polímero; por esa razón se encuentra con tres tipos de polímero en lado rojo II (área 35/75). La característica específica de cada polímero se escoge según sea la concentración cáustica en la suspensión donde va a actuar el mismo.

El polímero que entra a planta se nos presenta en dos formas; como sólido en forma de grano y con un índice de humedad igual o parecida al 9%; la primera fase de su preparación consiste en preparar una suspensión de polímero con alta concentración, para luego diluir la misma hasta el parámetro requerido. La otra forma es en fase líquida a alta concentración con una densidad de 1.08 kg/l; de igual manera este producto hay que diluirlo para dosificarlo en los sitios de aplicación.

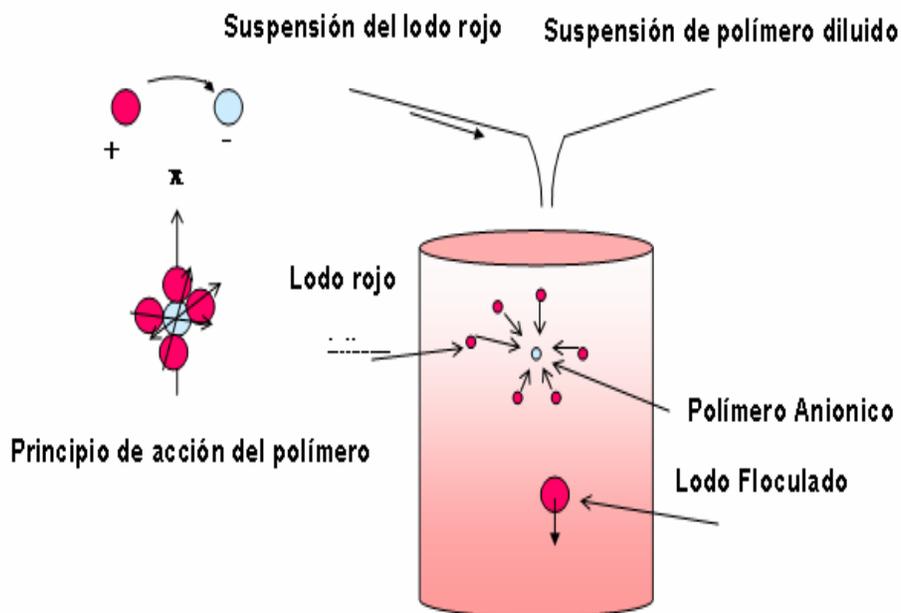


Figura 2.4 Acontecimiento dentro del espesador y/o lavador

En la figura 2.4 se graficó de una forma bastante sencilla el fenómeno que ocurre dentro de un tanque que contiene una suspensión de lodo rojo, cuando se le adiciona un producto floculante, en este caso polímero sintético; es importante destacar lo siguiente, la escogencia del polímero va a depender de el tipo de producto que se va a procesar y el ambiente de trabajo. En el caso específico de la empresa Bauxilum el producto a procesar es: lodo rojo, el lodo en cuestión se presenta como una suspensión con una densidad que va desde 1.260 hasta 1.270 g/l y una concentración de cáustica de 136 g/l, esto es en los espesadores del área 35; mientras que en los lavadores la concentración de cáustica es de 70 g/l aproximado. En el área 75, se acondiciona el ambiente para facilitar la acción del polímero, esto sucede en el mezclador, ya que con licor de reciclaje del mismo taster se agregan hasta 450 m³/h de licor provenientes del reboce donde la concentración de cáustica se encuentra: entre 8 y 10 g/l.

2.16 PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DE POLÍMERO

El polímero que se utiliza en los espesadores, viene en fase líquida, y su dilución y dosificación ocurre cuando lo insertamos en una corriente de agua pre-establecida a volúmenes fijados por control de calidad y proceso.

Los problemas de dosificación de este producto se presentan mayormente por falla en la presión de agua o por disparo de la bomba serie P-35-38-A/B/138 según sea la que esté en servicio para la etapa correspondiente otro motivo de fallas es aguas abajo, en la dosificación de polímero diluido a cada recipiente en particular, elementos que se involucran: válvulas tipo Fisher y elementos de medición de flujo; cualquier comportamiento atípico en el lodo, es producto de desviaciones en el manejo de la dosificación del polímero, donde una sobre dosificación va representar la presencia de polímero excedente en el licor de reboce (LTR); mientras que una dosificación deficiente dejaría presencia de turbidez en el reboce del espesador

involucrado en la actividad . En ambos casos, el daño al proceso productivo es bastante considerable ya que afecta directamente a los filtros de seguridad en área 38.

Una forma práctica para identificar el comportamiento del polímero en el proceso es, utilizando un cilindro, dicho cilindro debe estar completamente transparente para así facilitar la visión de la el lodo rojo proveniente de los últimos lavadores, que entra al tanque mezclador a una concentración de (entre 1.260 y 1.280 g/L) en dicho mezclador se encuentra con dos corrientes de licor que son: licor de recicló proveniente del tasster y condensado de proceso proveniente del área 47.

Al reunir las tres corrientes en un ambiente de agitación, se logra una suspensión con una densidad 1.080 g/l (deseable) y una concentración de cáustica < 20 g/l, condición ideal para la acción del polímero; en el mismo mezclador se le adiciona un 30% del polímero previsto. La suspensión saliente del mezclador, entra al tasster a través del pozo de distribución, en donde recibe El 70% de polímero faltante para completar la dosis pre establecida, dada la baja concentración de cáustica en la suspensión, el polímero se dispersa dentro del baño atrapando los Sólidos finos de lodo rojo hasta convertirlos en floculas pesadas que por la acción de la gravedad, viajan hacia la parte inferior del tasster, donde mecanismos de agitación y compactación ayudan a compactar el lodo aumentando así su densidad.

2.17 PREPARACIÓN DE POLIMERO EN AREA 75

Esta área se compone de:

Una tolva para 750 kg de polímero sólido, una unidad de dosificación y humectación de polímero dos tanques reactores de 5 m cúbicos c/u y un tanque de compensación de 10 metros cúbicos y tres bombas de desplazamiento positivo.

El polímero que se utiliza en el área 75 viene granulado en sacos de 750 kg, y con una humedad de 9%; la preparación de este polímero difiere en alguna forma del que se prepara en el área 35 zona de lavadores, toda vez que este se adiciona directamente a la corriente de agua en la succión de la bomba. El polímero ya húmedo pasa a un reactor en donde se le agrega el agua requerida por parámetro para formar un polímero diluido; el tiempo de duración del polímero en los dos reactores de maduración completa su preparación para que luego pase a un tanque de compensación prueba.

2.18 CALIDAD DEL POLÍMERO PREPARADO

Para confirmar la calidad del polímero que preparamos, se practica una caída de cilindro; en el área 75, la misma consiste en tomar una porción del polímero preparado, desde la parte inferior del primer reactor y se vierte en un cilindro calibrado con un orificio pre-determinado, el cilindro en cuestión, tiene una capacidad volumétrica de 30 mililitros, se toma el tiempo que dura el vaciado del cilindro (en segundos) y se compara con la tabla correspondiente para determinar la cantidad de polímero presente en la suspensión.

Para mejor entendimiento de este capítulo es bueno recordar que: a mayor cantidad de solubles en un solvente, en este caso (agua de laguna caustificada) mayor es la densidad de la suspensión, y por lo tanto, presenta mayor resistencia al flujo. La información obtenida de este análisis debe ser transmitida a sala de control central lado rojo, para las acciones correctivas a que haya lugar.

El polímero preparado, se dosifica al proceso por medio de bombas de desplazamiento positivo, antes de entrar al proceso recibe una segunda dilución, esta dilución sirve para bajar la concentración del mismo y así aumentar su capacidad de disociación en la suspensión de lodo rojo en el tasster (sedimentador).

2.19 INFORMACIÓN TÉCNICA

Una vez aplicado el polímero, la velocidad de sedimentación del lodo debe ser mayor que 20 m/h, es decir, todos los sólidos deben sedimentar por debajo de 700 ml en un cilindro de un litro en menos 12 segundos.

Desde la parte superior del tanque, observar el nivel de licor en el mismo, confirmar con sala de control la veracidad de la indicación, en caso de desviación solicitar la presencia de un instrumentista. A la altura de la boca de visita del tasster, se encuentran siete puntos para el chequeo de las condiciones de proceso, los mismos van a diferentes alturas, desde 0,7 m hasta 3,3 m. En estos puntos de chequeo se puede apreciar el nivel de lodo en el tasster, la zona de turbidez y la zona de inicio de la presencia del licor claro. Para lograr una información más confiable, en el sitio está dispuesta una línea de agua de purga, esto permite efectuar un barrido previo hacia el interior de tasster para garantizar un flujo confiable para así una mejor apreciación de la muestra.

Los principios de funcionamiento del Tasster M están basados en tres simples mecanismos de operación resumidos en:

- Floculación.
- Baja agitación.
- Compresión.

El Tasster M es un super-floculador (aproximadamente 200 g de floculante/ t de lodo rojo). Está compuesto de un cuerpo cilíndrico y fondo cónico el cual es alimentado por la parte superior con:

- Suspensión de lodo rojo proveniente del tren de lavadores a una concentración de sólidos de 110 g/l a la entrada del Tasster.
- Solución de floculante proveniente de la unidad de floculación.
- Agua de lavado.

La adición de floculante es hecha en diferentes puntos a través de bombas dosificadoras. El propósito es la formación de grandes floculos. Varias aspas permiten, a un mismo tiempo, a una muy baja velocidad de rotación (3 a 4 cm/s) hacer más fácil la aglomeración de los floculos entre ellos y una compresión de estos floculos que los exprimen y remueven el agua. La velocidad es lo suficientemente lenta para evitar el rompimiento de los floculos (ver figura 2.5).

La parte cónica está equipada con un dispositivo que asegura:

- El raspado adecuado de la pasta de lodo.
- Un mecanismo que empuja el lodo hacia la descarga situada en el fondo del cono.

Este mecanismo que empuja también permite mejorar la compactación del lodo que se inicia en la parte cilíndrica y extraer el lodo compactado.

El lodo, cada vez más compactado, es extraído por el fondo mediante una bomba. La operación de esta bomba dependerá del nivel de lodo. Este nivel de lodo es mantenido en el nivel de la cuchilla compactadora superior.

El rebose del Taster, libre de lodo, fluye al mismo tiempo:

- Hacia el último lavador en línea como agua de lavado.
- Hacia el tanque mezclador antes del Taster M.

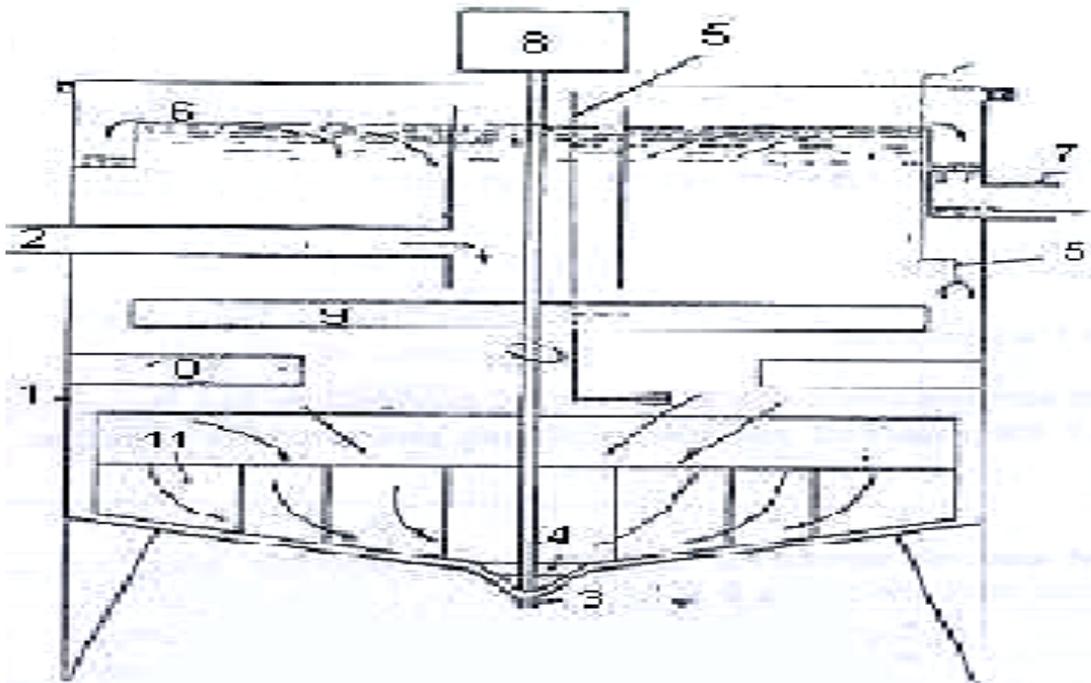


Figura 2.5 Partes principales del tasster M (Chauvez 2005)

Las partes principales del Tasster M son:

1. Carcasa
2. Lodo a ser tratado
3. Tubería de descarga inferior
4. Rascador limpiador
5. Sensor de Nivel
6. Rebose del Tasster
7. Tubería de rebose
8. Agitador
9. Cuchilla superior
10. Cuchilla cortadora
11. Cuchilla inferior

El lodo, es extraído por el fondo mediante una bomba; su operación dependerá del nivel del lodo. Este nivel es mantenido en el nivel de la cuchilla superior.

El rebose del sedimentador, libre de lodo, fluye al mismo tiempo, hacia el último lavador en línea como agua de lavado y hacia el tanque mezclador a la entrada del sedimentador.

2.20 SEDIMENTADOR IMPLEMENTADO EN CVG BAUXILUM

El modelo a ser implementado es el M110 de 11m de diámetro, con la particularidad de tener un doble fondo inclinado. El primer fondo tiene una pendiente de 11%, lo que es conveniente, ya que permite a través de cuchillas hacer fluir el lodo rojo hacia el centro del tanque. El segundo fondo tiene una mayor pendiente con la finalidad de recolectar el lodo que va a la succión antes de ser bombeado.

2.20.1 Ventajas técnicas

- Reduce dimensiones de la línea de descarga.
- Diseño robusto y buena operatividad.
- Alta compactación del lodo.
- Bajo consumo de energía.

El sedimentador a pesar de estar ubicado en un área específica es equivalente al último lavador de una etapa de lavado, por consiguiente permite una reducción de las pérdidas de cáustica con el lodo rojo.

2.21 ESTUDIOS DE INVESTIGACION

2.21.1 Metodología

2.21.1.1 Prueba de laboratorio en Gardanne, Francia

Las pruebas de laboratorio fueron realizadas de acuerdo a los lineamientos dados por Neyrtec Mineral. El lodo rojo proveniente desde la planta de alúmina de Aluminium Pechiney situada en Gardanne fue usado para realizar el estudio.

Las pruebas de laboratorio están basadas en los siguientes datos de proceso:

- Concentración de sólidos en la alimentación.
- Dosis de floculante.

El propósito del estudio era determinar:

Cinética de la sedimentación.

- Tipo de floculante.
- Concentración del floculante en peso (peso del floculante en relación al volumen de agua de dilución).
- Concentración de cáustica.
- Máxima compactación alcanzable en el laboratorio.

2.21.1.2 Pruebas piloto en Gardanne

Una planta piloto, construida en base a las recomendaciones de Neyrtec Mineral, se usó para simular la operación del sedimentador de alto rendimiento. Las pruebas

piloto fueron realizadas de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio (concentración de sólidos, floculante, etc.).

En primer momento, estas pruebas permiten comparar los resultados obtenidos en el laboratorio con los resultados de la planta piloto.

2.21.1.3 Pruebas de laboratorio en BAUXILUM

Las pruebas de laboratorio están basadas en los siguientes datos de proceso:

- Concentración de sólidos en la alimentación.
- Dosis de floculante.
- Temperatura.
- Concentración de cáustica.

El propósito de estas pruebas fue estudiar el lodo rojo del último lavador de una etapa de lavado y el comportamiento del lodo rojo para los proyectos de concentración de lodos y deposición de lodo en seco. Estas pruebas permitieron determinar:

- Características del lodo rojo de BAUXILUM para una compactación dada (yield stress, viscosidad, etc.).
- Máxima compactación alcanzable.

Como los datos de proceso son estimaciones, por tanto, el valor de concentración de sólidos del lodo rojo tiene que ser determinado después de la puesta en servicio tomando en cuenta:

- Dosis de floculante (peso de floculante en relación al contenido de lodo rojo).

- Punto de inyección del floculante.
- Concentración del floculante (peso del floculante en relación al volumen de agua de dilución). Tomamos 2 g/l.
- Concentración de sólidos en la alimentación del sedimentador.

2.21.2 Selección del floculante

La mayor parte de los floculantes usados en los trenes de lavado de las plantas de alúmina son sintéticos y están basados en el mismo principio químico porque son poli-acrilamidas. Por lo tanto, la selección del floculante depende de su nivel de anionicidad.

En Bauxilum, la concentración de cáustica en el último lavador del tren de lavado es alto y oscila entre 10 y 30 g/l. por lo tanto los floculantes seleccionados tienen que ser eficientes en este rango de cáustica. El floculante seleccionado fue el siguiente: NALCO-85040.

2.22 CARACTERIZACION DE LA SUSPENSION

2.22.1 Comportamiento reologico de la suspensión

El comportamiento reologico de la suspensión es determinado usando un viscosímetro rotacional, una copa estática y agitación rotacional. Este tipo de medida genera una relación entre la tasa de corte y el esfuerzo de corte del material. Esta relación es requerida para hacer cálculos a diferentes diámetros de tuberías y condiciones de operación a una determinada tasa de corte.

2.22.2 Flexibilidad de la instalación

Las instalaciones para la concentración de lodo rojo permiten manejar concentraciones de sólidos alrededor de 630 g/l así como también probar el incremento hasta alrededor de 850 g/l.

2.23 SISTEMAS PRINCIPALES

Existen 2 líneas de compactadores en paralelo correspondientes a 2 trenes de lavadores. Asumiendo que la suspensión de lodo bombeada desde los 2 últimos lavadores tienen las mismas características, las 2 líneas de compactación de lodo son idénticas.

2.23.1 Tanques mezcladores

La suspensión con una concentración de sólidos de entre 350-420 g/l procedente de los lavadores es transferida al tanque mezclador asociado al sedimentador.

Cada tanque mezclador recibe:

- Agua para lavado de lodo
- Solución de floculante
- Una parte de flujo de rebose del sedimentador de alto rendimiento con la finalidad de ajustar la concentración de sólidos requerida a la entrada de este.

A la salida de los tanques mezcladores, la concentración de sólidos debe ser menor a 130 g/l para facilitar el espesado dentro de los sedimentadores.

2.23.2 Sedimentadores de alto rendimiento

Su propósito es incrementar la concentración de sólidos en el flujo de lodo de descarga bombeado hacia las lagunas de lodo rojo.

2.23.3 Rebose del sedimentador

La concentración de sólidos en el rebose esta alrededor de 0,3 g/l.

El rebose de cada sedimentador es enviado a un manifold el cual se distribuye de la siguiente manera:

- A los tanque mezcladores como licor de dilución.
- A los últimos lavadores.
- A la unidad de preparación de floculante.

2.23.4 Descarga inferior del sedimentador

La concentración de sólidos estará alrededor de 630 g/l en la primera fase, desde un tanque la suspensión de lodo es bombeada hasta las lagunas de lodo rojo a través de tuberías. Primero, una bomba propulsora envía la suspensión de lodos a través de una trampa de sólidos, que impide que las costras de fluido entren a la bomba siguiente.

2.24 SISTEMAS SECUNDARIOS DE FASE I

2.24.1 Sistemas de corrientes

Algunos equipos existentes permanecen en su mismo sitio con la finalidad de asegurar un respaldo a los sedimentadores y equipos asociados. Hay un colector para cada etapa de lavado el cual permite desviar la alimentación del sedimentador y la suspensión de lodo de 350-420 g/l es dirigida a otros tanques si es necesario.

Hay 3 bombas para ambos tanques: 2 bombas en operación y 1 disponible. Estas bombas envía la suspensión de lodo hasta la laguna de lodo rojo.

2.24.2 Sumidero

El sumidero ha sido diseñado para recibir la suspensión de lodo.

2.25 SISTEMAS AUXILIARES FASE I

2.25.1 Aire de servicio

La entrega es hecha con una tubería instalada en la unidad, la cual está ensamblada con conectores adecuados con válvulas y acoples fáciles que permiten conectar mangueras flexibles para varios usos.

2.25.2 Aire de instrumentación

Aire comprimido libre de aceite es requerido para realizar el control de equipos de proceso.

2.25.3 Agua cruda

Una tubería opera en la unidad. La cual está ensamblada con conectores adecuados con válvulas y acoples fáciles que permiten conectar mangueras flexibles para varios usos.

Con relación al control de proceso, la unidad de compactación de lodo puede ser dividida en tres secciones funcionales:

- Alimentación del sedimentador.
- Descarga inferior del sedimentador.
- Bombeo de lodo.

2.26 CONTROL DE ALIMENTACION DEL SEDIMENTADOR

2.26.1 Resumen del control de proceso

Son instalados dos sedimentadores, uno por etapa, ambos en operación. Ellos son alimentados con la mezcla de los siguientes fluidos:

- Suspensión de lodo rojo bombeada desde los últimos lavadores.
- Agua cruda: en operación normal, el agua cruda es introducida ahora en el proceso Bayer a la alimentación de los sedimentadores en lugar del último lavador. No hay cambios en la entrada del ultimo lavador que pueden ser usados como respaldo.
- Condensado de proceso: en operación normal, el condensado de proceso es introducido ahora en el ciclo Bayer en la alimentación de los sedimentadores en lugar de los últimos lavadores. No hay cambios en la entrada del ultimo lavador que puedan ser usados como respaldo.
- Recirculación de rebose: el rebose de cada sedimentador es dividido en dos rutas. Una primera parte es enviada a los últimos lavadores de la etapa correspondiente. Una segunda parte es recirculada con la finalidad de ajustar la densidad de las mezclas de todos los fluidos.
- Floculante: la dosificación es hecha con una bomba equipada con control de velocidad.

2.26.2 Estrategia de control

2.26.2.1 Suspensión de lodo

El flujo de lodo a la entrada del sedimentador es una coacción, no un parámetro de afinación. De hecho éste es controlado por un simple lazo que actúa sobre la velocidad de la bomba de lodo del último lavador de cada etapa.

El valor del flujo de lodo es usado para predefinir el punto de ajuste del flujo de floculante. Entonces, un cambio en el flujo de lodo es inmediatamente transferido sobre el floculante introducido.

La densidad de la suspensión de lodo es medida a la salida de las bombas de lodo.

2.26.2.2 Condensado de proceso

El flujo de condensado es medido a la entrada de cada sedimentador. Este es ajustado por el operador de acuerdo al balance de agua del ciclo Bayer.

Agua cruda el flujo de agua cruda es medida a la entrada de cada sedimentador. Este es ajustado por el operador de acuerdo al balance de agua del ciclo Bayer. El agua cruda es usada en caso de escasez de condensado de proceso.

2.26.2.3 Rebose del sedimentador

Para cada sedimentador el rebose es recogido con bombas equipadas con control de velocidad. Este es utilizado para las siguientes funciones:

- Alimentación de licor débil al último lavador.
- Recirculación al sedimentador.
- Segunda dilución del floculante.

El flujo de recirculación es controlado por un lazo en cascada. Un punto de cálculo de la densidad de la mezcla de los fluidos de alimentación genera un punto de ajuste de flujo de reciclo, que gobierna la válvula de control de reciclo.

2.26.2.4 Flocculante

La solución de flocculante es preparado en una descarga designada. El control de la inyección se lleva a cabo con un lazo de cascada predictivo.

El flujo de lodo a la entrada del sedimentador define el punto de ajuste de flujo de flocculante que es aplicado al controlador de flujo de flocculante con la finalidad de anticipar la dosificación.

2.27 CONTROL DE DESCARGA INFERIOR

2.27.1 Resumen de la descripción de procesos

La descarga inferior del sedimentador es extraída por medio de bombas de velocidad variable. La densidad y el flujo son medidos.

El lodo de los dos sedimentadores es colectado al mismo tanque.

2.27.1.1 Estrategia de control

El objetivo del control es obtener una densidad constante. Por lo tanto, las velocidades de las bombas de extracción de lodo son operadas por un lazo en cascada: el controlador de densidad determina el punto de ajuste de flujo que es aplicado al controlador de flujo.

Alarmas de alta y baja advierten al operador cuando la densidad esta fuera del rango normal de operación.

Si el nivel del tanque colector es muy alto entonces las bombas de extracción de los dos sedimentadores son paradas.

2.28 CONTROL DE BOMBEO DE LODO

2.28.1 Resumen de la descripción del proceso

El lodo extraído de los dos sedimentadores es enviado a un tanque colector de lodo.

En operación normal, las bombas elevadoras de presión alimentan a la bomba elevadora de presión que dirige el lodo hacia las lagunas de lodo rojo. Las bombas elevadoras de presión y la bomba de alta presión están equipadas con control de velocidad.

En caso de indisponibilidad de las bombas elevadoras de presión y/o la bomba de alta presión, las tres bombas preexistentes son usadas como respaldo. El lodo es diluido por adición de agua de laguna y agua cruda. Cada tanque tiene su circuito propio de dilución equipado con válvulas de control.

2.28.2 Estrategia de control

Control del nivel del tanque colector de lodo es controlado por cambio de velocidad de la bomba de alta presión. Con la finalidad de anticipar las variaciones de nivel, el flujo de lodo extraído de los dos sedimentadores es incluido en la señal controladora.

Alarmas de alta y baja advierten al operador cuando el nivel de lodo esta fuera del rango normal de operación.

2.28.3 Control de velocidad de las bombas elevadoras de presión

La presión de la bomba de alta presión controla la velocidad de las bombas elevadoras de presión.

2.28.4 Control de bombas de respaldo

Si el circuito normal de vaciado del tanque colector no esta disponible, la otra serie de bombas pueden ser usadas para enviar el lodo hacia las lagunas de lodo rojo. En este caso, el lodo es diluido usando un lazo de control: el controlador de nivel del tanque dirige, en modo rango compartido, las dos válvulas de control instaladas en las líneas de agua de la laguna y agua cruda respectivamente. Entonces el agua de laguna es usada primero, y el agua cruda es adicionada si es necesaria.

2.29 CONTROL DEL SUMIDERO

2.29.1 Resumen de la descripción del proceso

Los fluidos provenientes de reboses accidentales o fuga de tuberías son recogidos en un sumidero. Entonces ellos se reciclan hacia los tanques mezcladores a la entrada de los sedimentadores. El sumidero está equipado con un agitador, una bomba sumergible y detectores de alto y bajo nivel. La bomba es arrancada y parada automáticamente, dependiendo del nivel en el sumidero.

2.29.2 Estrategia de control

El agitador del sumidero es controlado desde una estación remota o desde un panel de control local. La bomba sumidero es enlazada con el nivel.

El enclavamiento de nivel del sumidero puede ser activado o inhibido desde una caja de control local.

2.30 ESTACION DE PREPARACION DEL FLOCULANTE

2.30.1 Resumen de la descripción del proceso

El proceso de preparación del floculante incluye una tolva equipada con un tornillo dosificador, dos tanques de preparación con un dispositivo para primera dilución y un tanque de almacenamiento con tres bombas extractoras dosificadoras.

2.30.2 Estrategia de control

2.30.2.1 Dosificación del floculante

La dosificación se realiza a través del tornillo dosificador, la velocidad del mismo es ajustada localmente.

El agua es añadida en un cono para mojar el floculante pulverizado y transportarlo hacia el primer tanque de preparación a través de la bomba de preparación. El control del flujo de agua es ajustado localmente.

La concentración dentro del primer tanque de preparación es controlada con la válvula de control de flujo (primera dilución).

Una secuencia especial opera todos los actuadores de la unidad de dosificación (tornillo alimentador, bomba de preparación y válvula de control humectante).

2.30.2.2 Control de la segunda dilución

La concentración del floculante dirigido a los sedimentadores es ajustada con la válvula de control de la segunda dilución.

2.30.3 Enclavamientos de los tanques de preparación y tanque de almacenamiento

Cuando el nivel de uno de los tanques de preparación es alto, la secuencia de preparación es abortada y ninguna preparación es permitida hasta q el nivel regrese a su condición normal.

De igual forma, cuando el nivel del tanque de almacenamiento es muy alto, la secuencia de preparación es abortada y ninguna preparación es permitida hasta que el nivel regrese a su condición normal.

Cuando el nivel del tanque de almacenamiento es bajo, la secuencia de preparación es arrancada:

- Arranque de la bomba de preparación.
- Apertura de la válvula humectante.
- Arranque del tornillo de extracción.
- Apertura de la primera dilución.

Cuando el nivel del tanque de almacenamiento es muy bajo:

Todas las bombas de extracción son paradas, las válvulas de la segunda dilución son cerradas y el agitador del tanque de almacenamiento es parado.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 SIMULACION A NIVEL DE LABORATORIO DE LA OPERACIÓN ACTUAL PARA LA OBTENCION DE VARIABLES

Para la obtención de variables a fin de establecer el patrón de comparación de la velocidad de sedimentación se realizaron tomas de muestras de lodo del último lavador en operación (figura 3.1), también licor de rebose del sedimentador (REB) y agua de laguna (LSN). Las muestras de lodo y REB se mantienen en un baño de María para mantener su temperatura en 70 °C.



Figura 3.1 Toma muestra de lodo

A las muestras recolectadas de lodo se le determinó en el laboratorio la concentración de sólidos totales, (Bauxilum, ensayo de laboratorio, código 40-002, anexo G) presentes en el lodo a partir de ésto se pudo calcular los volúmenes de licor de rebose y lodo requeridos para preparar la suspensión con la concentración de

sólidos deseada, siendo esta, la concentración de sólidos en la alimentación de los sedimentadores 110 g/l, para ello se empleo la siguiente ecuación:

$$V_1 * C_1 = V_2 * C_2 \quad (\text{Ec 3.1})$$

Siendo:

V_1 = volumen de suspensión a 110 g/l que se desea preparar en l.

C_1 = concentración de sólidos deseada en la suspensión de sólidos 110 g/l.

V_2 = volumen necesario de lodo para la preparación de la suspensión a 110 g/l.

C_2 = concentración de la muestra del lodo tomada del campo en g/l.

$$V_2 = V_1 * C_1 / C_2$$

$$V_2 = 9 \text{ l} * 110 \text{ g/l} / 532 \text{ g/l}$$

$$V_2 = 1,86 \text{ l}$$

$$\text{Vol de suspensión a preparar a 110 g/l} = \text{vol de lodo} + \text{vol de rebose} \quad (\text{Ec 3.2})$$

Despejando:

Vol de rebose = vol de suspensión a preparar a 110 g/l - vol de lodo

$$\text{Vol de rebose} = 9 \text{ l} - 1,86 \text{ l} = 7,14 \text{ l}$$

Vol: volumen.

Luego se procede a mezclar ambos volúmenes para obtener la suspensión deseada para la prueba de sedimentación.

Se determinó la concentración de caustica (Na_2O) de LSN y REB aplicando la técnica de termotitulación, (Bauxilum, Ensayo de laboratorio, código 30-001, anexo F)

Tabla 3.1 Valores de termotitulación de LSN, REB y suspensión de lodo

Solvente	Agua de Laguna (LSN)	Rebose del tasster	Mezcla
Volumen de ácido requerido (ml)	1,913	3,290	3,420
Volumen de ácido requerido (ml)	2,396	4,326	4,434
Concentración de caústica (g/l)	10,800	23,00	24,1
Porcentaje de alúmina presente %	2,000	2,160	2,21
Concentración de alúmina (g/l)	888	17,52	17,94

Se preparó el polímero a la concentración actual de 2 g/l, se pesaron 0,2 g de floculante, se agregó lentamente en 100 ml de LSN y se agitó constantemente a una velocidad de aproximadamente 800 rpm por 30 min. Una vez listo el polímero se procedió a una segunda dilución con REB hasta concentración de 1,5 g/l manteniendo agitación suave aproximadamente 400 rpm por 15 min.

Mientras se preparó el calentamiento de sedimentación donde se llevaran a cabo las pruebas, éste se calentó hasta una temperatura de 65 °C figura 3.2.

Se realizó la prueba de sedimentación (Bauxilum, ensayo de laboratorio, código 40-002, anexo G), seleccionando cuatro dosis de polímero 70, 80, 90 y 100 g/ton de lodo alimentado, esto para obtener la dosis mínima que produce una velocidad de sedimentación mayor a 20 metros de altura por hora de lodo sedimentado, debido a experiencias anteriores dentro de la empresa se conoce que para dosificaciones por debajo de 70 g/ton de lodo no se obtienen las velocidades requeridas, mientras que por encima de 100 g/ton el consumo de polímero es muy elevado, por ello se utilizó el rango especificado anteriormente.

Para el cálculo de las dosis de polímero aplicadas a cada muestra se calcularon de la siguiente manera:

$$\text{Dosis de polímero para aplicar} = \text{concentración de sólidos} * \text{dosis de polímero industrial} / \text{factor de conversión} \quad (\text{Ec. 3.3})$$

Dosis de polímero para industrial = 70 g/ton

Concentración de sólidos = 110 g/l

Factor de conversión = 1500

Dosis de polímero para aplicar = $110 \text{ g/l} \times 70 \text{ g/ton} / 1500$

Dosis de polímero para aplicar = 5,13 ml

De igual manera se procedió para las otras dosis.

Tabla 3.2 Dosis de aplicación equivalentes del polímero a diferentes concentraciones de dilución

	Dosis a escala de laboratorio		
Dosis industrial	1,5 g/l	2 g/l	2,5 g/l
70 g/ton de lodo	5,13	3,85	3,08
80 g/ton de lodo	5,87	4,40	3,52
90 g/ton de lodo	6,6	4,95	3,96
100 g/ton de lodo	7,33	5,50	4,40

Para la prueba de sedimentación se empleó el método de la varilla perforada se utilizaron ocho cilindros de 1.000 ml con suspensión de lodo de 110 g/l para realizar la prueba por duplicado, se aplicó agitación fuerte a las muestras de lodo de 10 a 15 veces para la homogeneización utilizando la varilla perforada (figura 3.3), se adicionaron las dosis respectivas de floculante a cada cilindro.



Figura 3.2 Baño de calentamiento de sedimentación

Se procedió a una agitación suave de las muestras de 3 a 5 veces para la distribución del polímero en todo el cilindro. Se da inicio a la prueba, se midió la altura de la fase sedimentada para intervalos de tiempo preestablecidos.



Figura 3.3 Aplicación del método de la varilla perforada

Se obtuvieron datos del comportamiento de la altura de la interfase en función del tiempo para cada cilindro.

Tabla 3.3 Valores para el cálculo de velocidades de sedimentación empleando el polímero Nalco 85020⁺ a una concentración de aplicación de 1,5 g/l

Polímero	Dosis de aplicación del polímero a 1,5 g/l			
	70	80	90	100
Tiempo	70	80	90	100
0 (seg)	1000	1000	1000	1000
15(seg)	500	480	460	480
30(seg)	460	440	430	430
45(seg)	440	420	410	400
60(seg)	420	400	400	380
2(min)	390	380	380	340
4(min)	370	350	350	300
6(min)	350	340	340	300
8(min)	340	340	340	280
10(min)	340	330	330	270
15(min)	320	310	320	270
20(min)	320	310	310	260
30(min)	300	300	300	250
40(min)	290	290	290	240
50(min)	280	280	280	230
60(min)	280	270	280	230
Volumen de polímero (ml)	5,1	5,9	6,6	7,3

Y se obtuvieron las velocidades de sedimentación para cada dosis de polímero.

3.2 ESTUDIO DE LA OPERACIÓN VARIANDO LA CONCENTRACION DEL POLIMERO

Se realizó como procedimiento inicial el mismo descrito en la etapa anterior en cuanto a la recolección de muestras en el campo LSN, REB, se le realizaron los mismos estudios y cálculos semejantes empleando las ecuaciones mencionadas anteriormente, se verificó la concentración de caustica y fracción molar, se preparó la suspensión de sólidos diluida a 110 g/l.

Se varió la concentración de preparación del polímero este preparó a un concentración de 3 g/l se pesaron 0,6 g de floculante, se agregaron lentamente en 200 ml de LSN y se mantuvo la agitación constante de aproximadamente 800 rpm por 30 min. Una vez listo el polímero se procedió a una segunda dilución con LSN de 100 ml hasta concentración de 2,5 g/l y los 100 ml restantes a una concentración de 2 g/l manteniendo agitación suave aproximadamente 400 rpm por 15 min.

Se realizaron pruebas de sedimentación utilizando las diluciones obtenidas para verificar la obtención de velocidades de sedimentación mayores a 20 metros de altura de lodo por hora.

Tabla 3.4 Valores para el cálculo de velocidades de sedimentación para una concentración de dilución del polímero de 2.5 g/l

Polímero	Nalco 85020⁺ Concentración inicial 0,3%, final 0,25%							
Dosis Tiempo	70	70	80	80	90	90	100	100
0 (seg)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
15(seg)	540	490	470	480	450	420	390	450
30(seg)	460	440	440	450	410	390	360	410
45(seg)	430	410	410	420	380	370	350	400
60(seg)	410	400	400	410	370	350	330	380
2(min)	380	370	380	380	340	330	310	360
4(min)	340	340	340	350	320	310	300	330
6(min)	330	330	330	340	300	300	290	320
8(min)	320	320	320	330	290	290	280	310
10(min)	310	310	320	320	290	280	270	300
15(min)	300	300	310	310	270	260	260	300
20(min)	290	290	300	300	270	260	260	290
30(min)	280	280	280	280	260	260	250	280
40(min)	270	270	270	270	250	250	240	270
50(min)	260	260	260	270	250	250	240	260
60(min)	250	250	260	260	240	240	230	260
Volumen de polímero ml	3.10	3.10	3.50	3.50	4.00	4.00	4.40	4.40

3.3 ESTIMACION DE LA VARIACION DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION DE LODO CAMBIANDO EL TIPO DE SOLVENTE

En esta etapa se realizaron nuevamente toma de muestras de lodo, agua de laguna y rebose del tasster, para la realización de pruebas de sedimentación. En el procedimiento se cambió el solvente de preparación del polímero de LSN por REB, para verificar la influencia de la temperatura en la preparación del floculante, ésta se realizó de la manera explicada en la etapa anterior variando además del solvente la concentración de preparación y la de dilución.

Después de esto se realizó la prueba de sedimentación para obtener valores de velocidad de sedimentación para compararlos con los anteriores.

Tabla 3.6 Valores para el cálculo de velocidades de sedimentación para una concentración de dilución del polímero de 2 g/l preparada con el REB

Polímero	Nalco 85020 ⁺ Concentración inicial 0,3%, final 0,20%							
Dosis								
Tiempo	70	70	80	80	90	90	100	100
0 (seg)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
15(seg)	480	440	440	450	440	460	460	390
30(seg)	420	400	400	420	410	410	430	370
45(seg)	400	380	380	400	390	390	410	350
60(seg)	380	370	370	380	370	380	400	340
2(min)	350	340	340	350	350	350	370	330
4(min)	320	320	330	330	320	330	340	300
6(min)	300	300	310	310	310	310	320	290
8(min)	300	300	300	300	300	300	320	280
10(min)	290	290	290	300	290	300	310	280
15(min)	280	280	280	290	290	290	300	270
20(min)	270	270	270	280	280	280	300	260
30(min)	260	260	260	270	270	270	280	250
40(min)	250	250	250	260	250	260	270	240
50(min)	250	250	250	250	250	250	260	240
60(min)	240	240	250	250	240	250	260	230
Volumen de polímero (ml)	3,85	3,85	4,40	4,40	4,95	4,95	5,50	5,50

Tabla 3.7 Valores para el cálculo de velocidades de sedimentación para una concentración de dilución del polímero de 2,5 g/l preparada con el REB

Polímero	Nalco 85020 ⁺ Concentración inicial 0,3%, final 0,25%							
Dosis								
Tiempo	70	70	80	80	90	90	100	100
0 (seg)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
15(seg)	540	490	470	480	450	420	390	450
30(seg)	460	440	440	450	410	390	360	410
45(seg)	430	410	410	420	380	370	350	400
60(seg)	410	400	400	410	370	350	330	380
2(min)	380	370	380	380	340	330	310	360
4(min)	340	340	340	350	320	310	300	330
6(min)	330	330	330	340	300	300	290	320
8(min)	320	320	320	330	290	290	280	310
10(min)	310	310	320	320	290	280	270	300
15(min)	300	300	310	310	270	260	260	300
20(min)	290	290	300	300	270	260	260	290
30(min)	280	280	280	280	260	260	250	280
40(min)	270	270	270	270	250	250	240	270
50(min)	260	260	260	270	250	250	240	260
60(min)	250	250	260	260	240	240	230	260
Volumen de polímero (ml)	3,10	3,10	3,50	3,50	4,00	4,00	4,40	4,40

3.4 CONSTRUCCION DE UNA CURVA DE CALIBRACION DEL TORNILLO DOSIFICADOR DEL FLOCULANTE EN EL AREA 75 Y LAS CURVAS DE CONCENTRACION

Se verificó que el área de preparación del polímero (figura 3.4) no esté en proceso, se revisó el nivel del tanque dosificador, luego en la sala de control se estableció el porcentaje de velocidad del tornillo dosificador, simultáneamente se midieron la velocidad del tornillo dosificador (rpm), tiempos de salida del floculante por la apertura y finalmente la masa recolectada para el tiempo. Se expresó la curva de calibración del tornillo dosificador (figura 3.5) flujo másico en función del porcentaje de velocidad.

Tabla 3.8 Datos para construcción de curva de calibración del tornillo dosificador

Porcentaje de velocidad del tornillo (%)	Revoluciones (rpm)	Tiempo de llenado de las bolsas (s)	Masa bolsa más polímero (kg)	Masa recolectada (kg)	Tiempo Promedio (s)	Masa Promedio (kg)	Flujo de polímero (kg/h)
25	30	30	0,2960	0,2860	30	0,2913	34,96
		30	0,3000	0,2900			
		30	0,3080	0,2980			
50	44	30	0,4300	0,4200	30	0,4347	52,16
		30	0,4520	0,4420			
		30	0,4520	0,4420			
75	60	30	0,5960	0,5860	30	0,5807	69,68
		30	0,5800	0,5700			
		30	0,5960	0,5860			
100	74	30	0,7400	0,7300	30	0,7313	87,76
		30	0,7440	0,7340			
		30	0,7400	0,7300			



Figura 3.4 Área de preparación del polímero



Figura 3.5 Tornillo dosificador del polímero

A fin de la construcción de las curvas de concentración se prepararon soluciones de floculante utilizando agua de laguna (LSN) a cinco concentraciones diferentes, paso siguiente se mide el tiempo en el cual cada una de las soluciones fluye de un punto a otro a lo largo de una jeringa, finalmente se construyen las graficas tiempo vs concentración, estas mismas soluciones son medidas en el viscosímetro disponible en el laboratorio.

Tabla 3.9 Datos para construcción de curvas de concentración del polímero contra tiempo

Concentración (%)	Tiempo (s)	Tiempo Promedio (s)
0,5	20,69	20,25
	20,44	
	19,62	
0,4	17,50	17,26
	16,97	
	17,31	
0,3	11,12	11,02
	10,78	
	11,16	
0,2	10,66	10,44
	10,44	
	10,22	
0,1	7,81	7,95
	8,00	
	8,04	

Tabla 3.10 Valores de concentración de polímero contra viscosidad de la solución empleando el viscosímetro y LSN como solvente

Viscosidad (cP)	Concentración (%)	Torque(%)	Temperatura (°C)
126,00	0,5	63,0	23,0
80,30	0,4	40,1	21,2
38,60	0,3	19,3	22,3
19,60	0,2	9,8	22,0
8,00	0,1	4,1	22,4

3.5 COMPARACION DE LOS RESULTADOS DE CAMPO CON LOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO PARA EL AREA EN ESTUDIO

Para la comparación de los resultados, se realizaron chequeos diarios en el área 75, en la sala de control, y en el laboratorio de prueba de plantas, éstas se realizaron aplicando variaciones en la concentración de preparación y dilución del polímero, estos chequeos consisten: en la verificación la preparación de polímero y efectuar la caída de cilindro para confirmar la concentración del mismo.

Tomar una muestra de la suspensión de lodo en el mezclador, colocar la misma en un cilindro calibrado y observar el índice de precipitación de lodo, nivel del mismo, altura del interface, altura del licor claro. Un punto muy importante en este caso es: ver la formación y tamaño del floculo formado.

Repetir esta operación, ahora tomando la muestra en el pozo de alimentación del Tassster, para desde la parte superior del tanque, observar el nivel de licor en el mismo, confirmar con sala de control la veracidad de la indicación, en caso de desviación solicitar la presencia de un instrumentista. A la altura de la boca de visita

del Tasster, se encuentran siete puntos para el chequeo de las condiciones de proceso, los mismos van a diferentes alturas, desde 0,7 m hasta 3,3 m. En estos puntos de chequeo se puede apreciar el nivel de lodo en el Tasster, la zona de turbidez y la zona de inicio de la presencia del licor claro. Para lograr una información más confiable, en el sitio está dispuesta una línea de agua de purga, esto permite efectuar un barrido previo hacia el interior de tasster para garantizar un flujo confiable para así Una mejor apreciación de la muestra.

Se recogen muestras del lodo compactado de descarga y del rebose del tasster, en el laboratorio de prueba de planta se le realizan los análisis respectivos, como termotitulación y sólidos totales y pruebas de sedimentación semanales.

CAPÍTULO IV

DISCUSIONES DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 SIMULACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO DE LA OPERACIÓN ACTUAL PARA LA OBTENCION DE VARIABLES

Con los valores de la tabla 3.3, se construyeron graficas para cada una de las dosis y así obtener la velocidad de sedimentación para la obtención de variables. A continuación está la grafica para una de las dosis utilizadas en la prueba, el resto de las graficas estan en el anexo C.

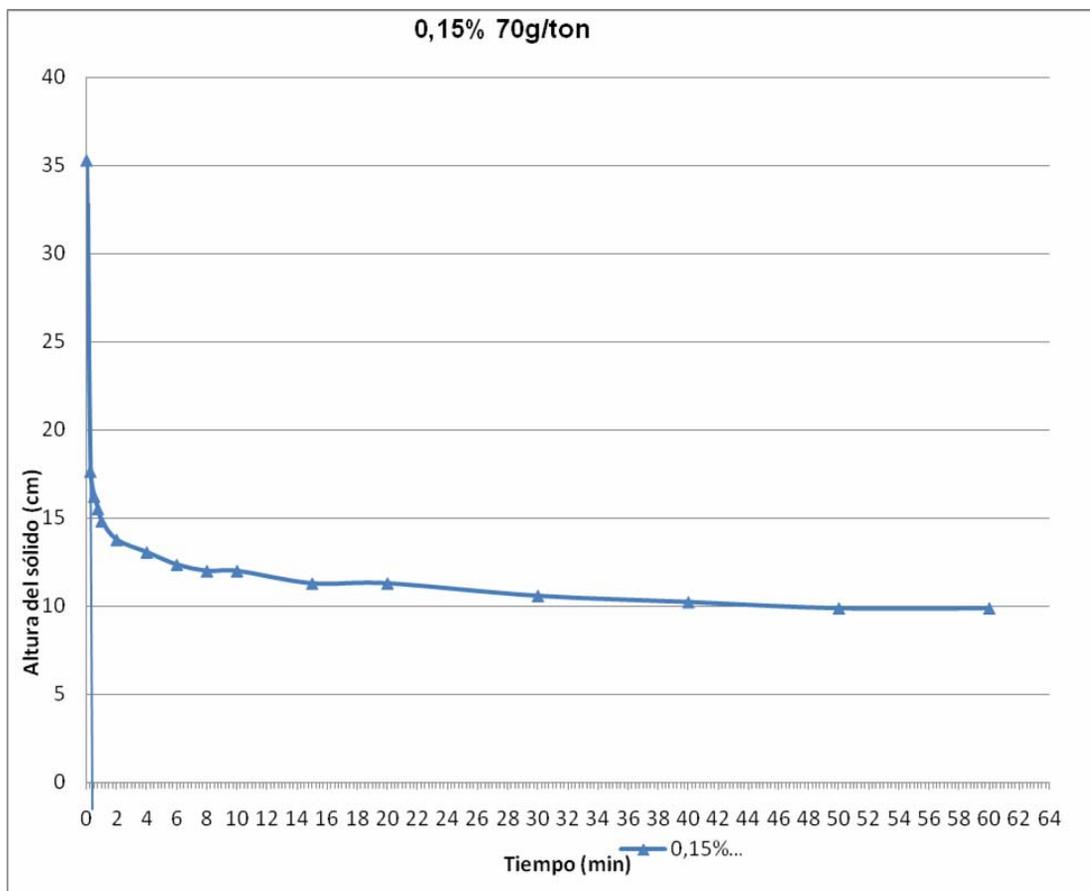


Figura 4.1 Grafica de prueba de sedimentación para una dosis de 70 g/ton con LSN

En la grafica 4.1 podemos observar el comportamiento ideal de una curva de velocidad de sedimentación

Tabla 4.1 Valores obtenidos de velocidad de sedimentación en la prueba patrón

Polímero	Nalco 85020⁺ Concentración inicial 0,2%, final 0,15%							
Dosis	70	70	80	80	90	90	100	100
Tiempo leído (min)	0,7	0,65	0,55	0	0,5	0,5	0,45	0
Velocidad de sedimentación(m/h)	30,26	32,59	38,51	38,51	42,36	42,36	47,07	47,07

Se puede observar que para cada una de las dosis de floculante aplicadas se generan velocidades mayores al valor mínimo requerido (20 m/h) y se incrementa a medida que la dosis va en aumento. Estas pruebas de sedimentación, realizadas por duplicado simulan una aproximación de lo que ocurre en planta, ya que se reproducen las mismas condiciones de concentración de cáustica y temperatura, sin embargo, hay que tomar en consideración un factor de escalamiento entre los resultados de laboratorio y planta. Se puede decir de manera general, que a una concentración final de dilución de 1,5 g/l de floculante se garantizan buenos resultados para dosificaciones mayores de 80 g/t de lodo.

4.2 ESTUDIO DE LA OPERACIÓN VARIANDO LA CONCENTRACION DEL POLIMERO

Para la realización de este objetivo se aumentó la concentración de preparación del floculante de 2 g/l hasta 3 g/l y se trabajó con dos concentraciones de dilución diferentes de 3 a 2,5 g/l y de 3 a 2 g/l.

Antes de incrementar la concentración de polímero en el laboratorio, previamente se determinó la posibilidad de realizar la dilución del floculante desde 3 g/l hasta 2 g/l, en la prueba industrial, tomando en consideración la capacidad de los equipos instalados.

En la figura 4.2 se muestran las velocidades de sedimentación para las diferentes concentraciones, en la preparación y dosificación del polímero. En ésta se observa, que al preparar y dosificar el polímero a una mayor concentración, se incrementan las velocidades de sedimentación en un 80% aproximadamente, con respecto a la prueba patrón, para iguales dosis de aplicación. A una mayor dilución se espera un mejor trabajo del polímero, debido a que éste, puede extender su cadena y generar una mayor separación entre sus moléculas se obtienen mejores resultados, al diluir desde 3 hasta 2,5 g/l

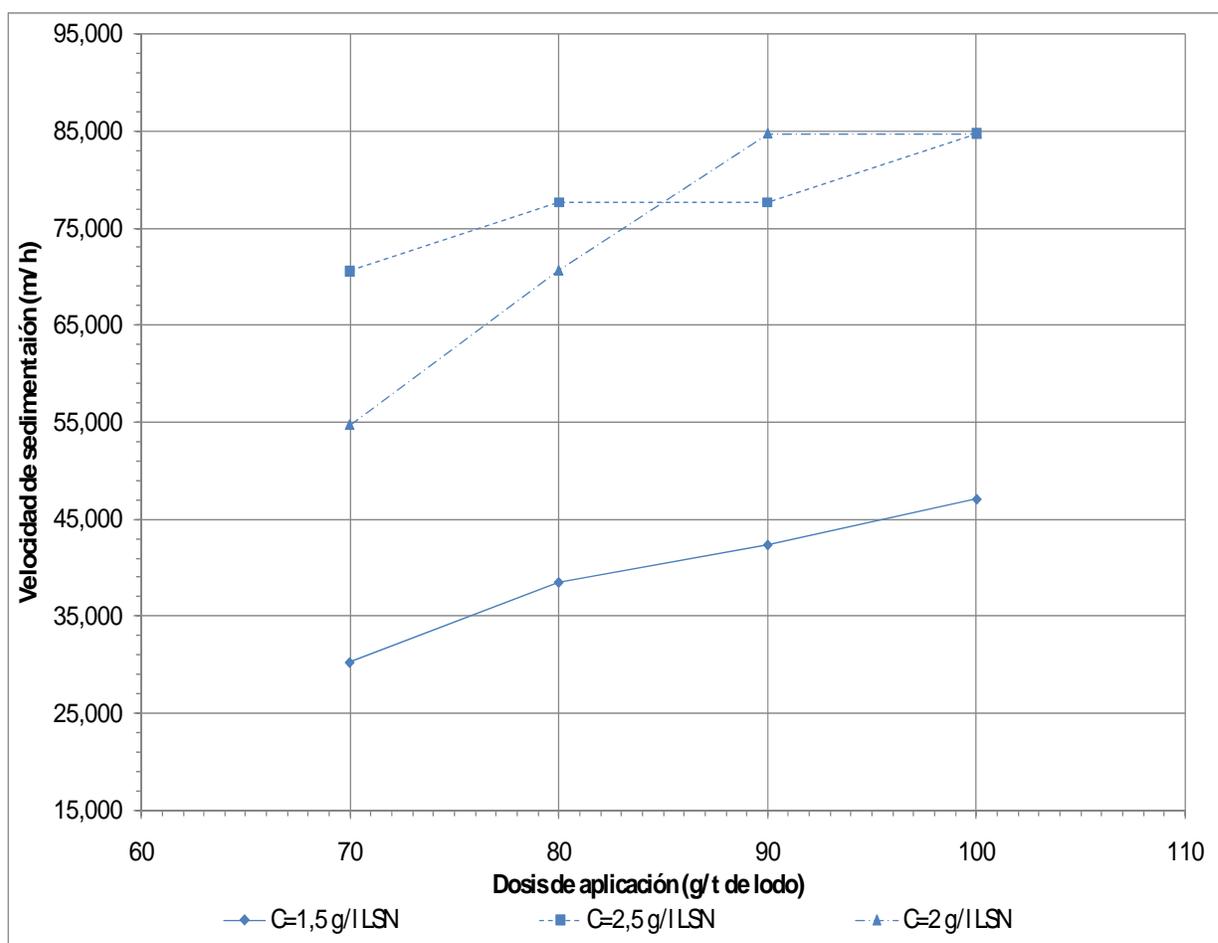


Figura 4.2. Velocidad de sedimentación de lodo rojo para diferentes dosificaciones y concentraciones de preparación utilizando LSN como solvente

Tabla 4.2 Valores obtenidos de velocidad de sedimentación en la prueba con cambio de concentración

Polímero	Nalco 85020 ⁺ Concentración inicial 0,3%, final 0,25%							
Dosis	70	70	80	80	90	90	100	100
Tiempo leído (min)	0,3	0,3	0,3	0,25	0,25	0,3	0,25	0,25
Velocidad de sedimentación(m/h)	70,60	70,60	70,60	84,72	84,72	70,60	84,72	84,72

4.3 ESTIMACION DE LA VARIACION DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION DE LODO CAMBIANDO EL TIPO DE SOLVENTE

En esta etapa se procedió a sustituir el solvente LSN (25°C) en la preparación y dilución del polímero por REB (65°C), para verificar la influencia de la temperatura en el comportamiento del polímero, se obtuvieron resultados muy significativos que nos permitan concluir si valdría la pena sustituir en planta el LSN por REB, ya que con la variación en la velocidad de sedimentación obtenida con el aumento de la concentración de preparación y de dilución son mayores, pero el REB presenta mucha turbidez que es muy difícil controlar en planta, y no procede el cambio de solvente.

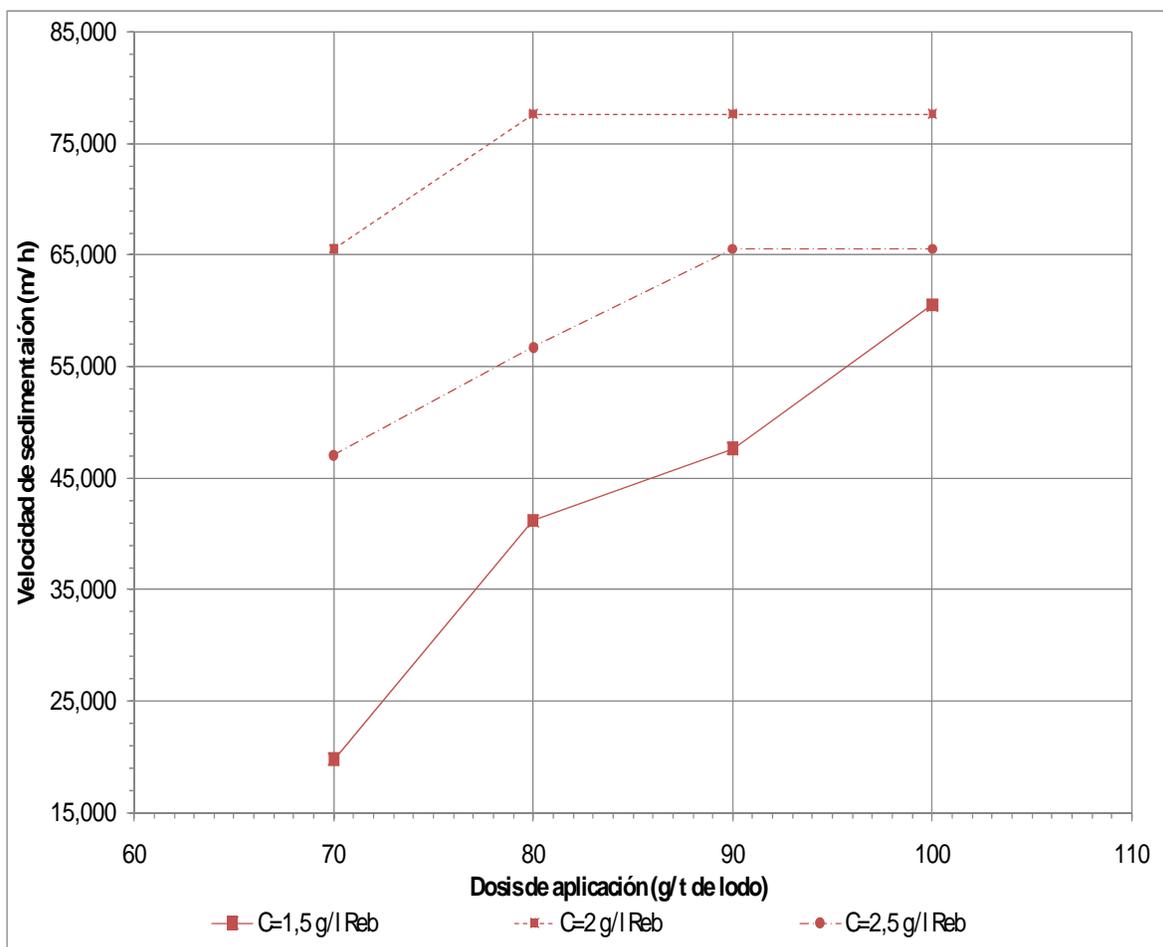


Figura 4.3 Velocidad de sedimentación de lodo rojo para diferentes dosificaciones y concentraciones de preparación utilizando REB como solvente

Tabla 4.3 Valores obtenidos de velocidad de sedimentación en la prueba con cambio de solvente de preparación

Polímero	Nalco 85020 ⁺ Concentración inicial 0,3%, final 0,20%							
Dosis	70	70	80	80	90	90	100	100
Tiempo leído (min)	0.35	0.30	0.25	0.30	0.25	0.3	0.3	0.25
Velocidad de sedimentación(m/h)	60.51	70.60	84.72	70.60	84.72	70.60	70.60	84.72

4.4 CONSTRUCCION DE UNA CURVA DE CALIBRACION DEL TORNILLO DOSIFICADOR DEL FLOCULANTE EN EL AREA 75 Y LAS CURVAS DE CONCENTRACION

Con lo valores de la tabla 3.9 de la sección anterior se construyó la curva de calibración del tornillo dosificador del polímero la cual permite el ajuste del mismo de ser necesario, lo cual es importante para la modificación de dosis en el campo

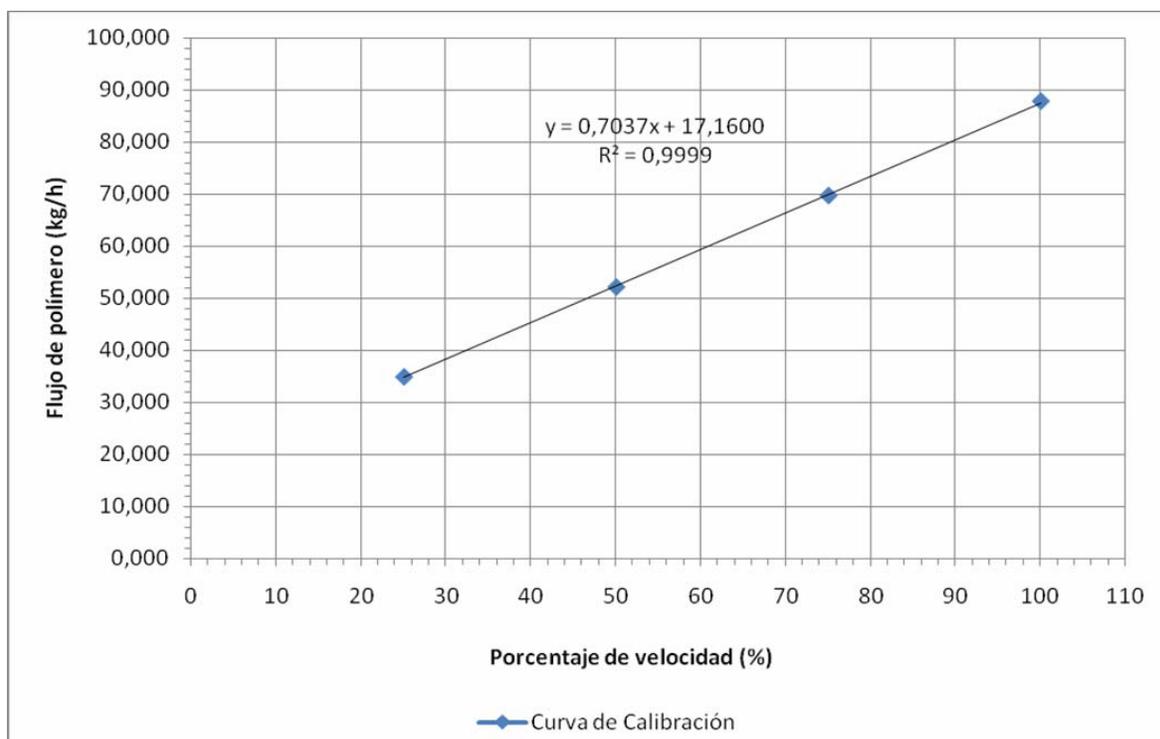


Figura 4.4 curva de calibración del tornillo dosificador

Se puede observar en la figura 4.4 que aún estando en velocidad cero, aun existe un flujo de polímero en el tornillo. Es importante destacar que el equipo presenta este error por fallas en el mantenimiento y calibración, y gracias a esta curva se pudo determinar esta falla.

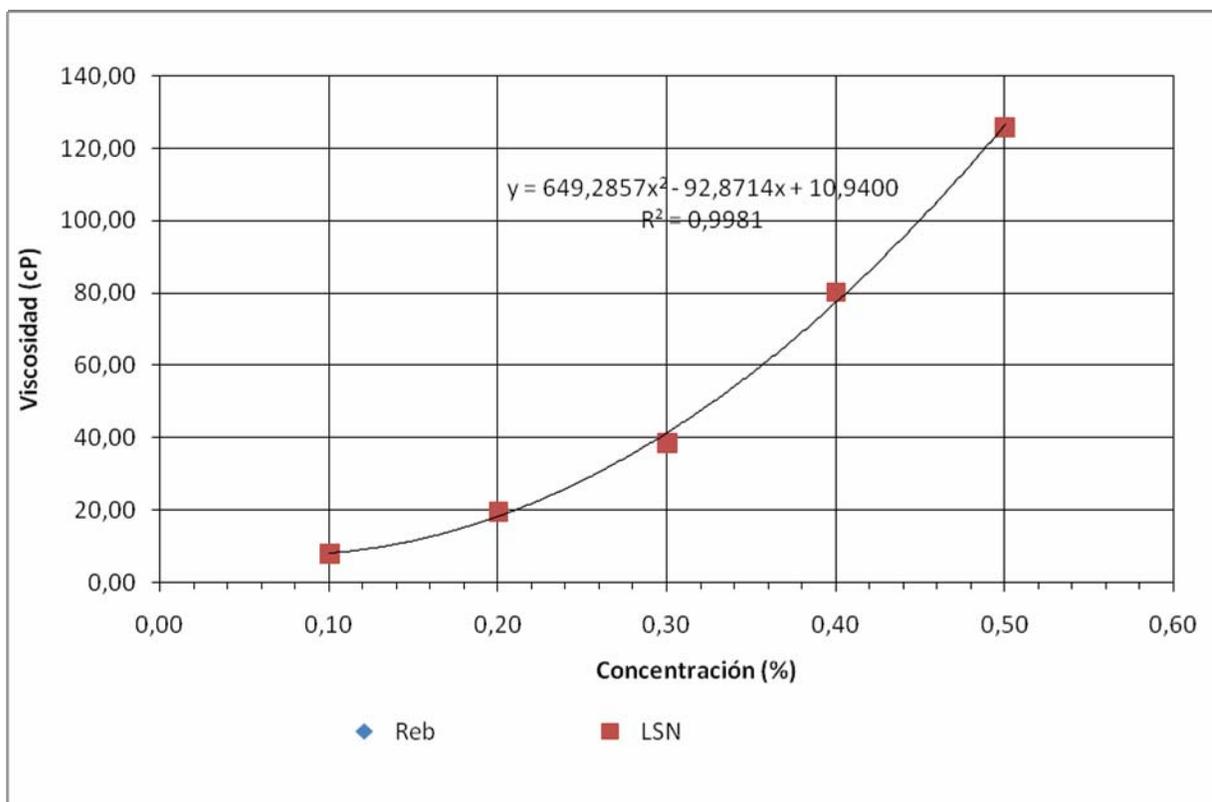


Figura 4.5 curva de concentración de polímero contra viscosidad de la solución empleando el viscosímetro y LSN como solvente

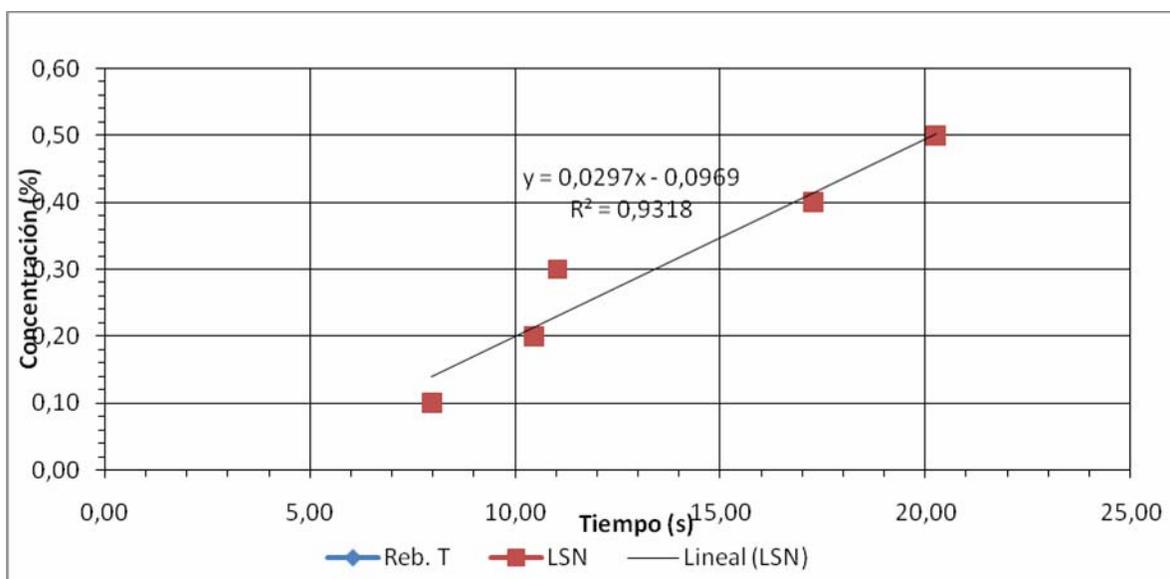


Figura 4.6 Curva de concentración de polímero contra tiempo

4.5 COMPARACION DE LOS RESULTADOS DE CAMPO CON LOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO PARA EL AREA EN ESTUDIO

En las pruebas a escala de laboratorio se incremento la concentración de preparación de floculante de 2 a 3 g/l, utilizando dos solventes (LSN 25°C y REB 70°C) y se realizaron dos diluciones una de 3 a 2,5 g/l y la otra de 3 a 2 g/l. Además, en cada dilución se evaluó el efecto que produce la temperatura sobre el desempeño del floculante, cuando se varía el solvente.

El análisis de esta etapa del proyecto, se basó en verificar de acuerdo a los resultados obtenidos a nivel de laboratorio, si era posible mejorar o mantener la eficiencia del sedimentador de alto rendimiento aumentando la concentración de preparación y dosificación del floculante, con la finalidad de disminuir su consumo al bajar su dosificación, y además garantizar la concentración del sólidos establecidas en el lodo de descarga. El chequeo fue realizado mediante visitas a la planta y observación directa del funcionamiento de los equipos.

A través de los resultados de laboratorio se determinó que el efecto de la temperatura al preparar el polímero con licor de rebose no es significativo, está indica que en campo se pueden utilizar ambos solventes (LSN y REB), y no existirían variaciones importantes en los resultados. Debido a los riesgos que representan la preparación del polímero con licor de rebose del sedimentador y, a las limitaciones en cuanto al horario de trabajo en el área industrial, por medidas de seguridad, se requiere un seguimiento estricto en el campo por el personal responsable (24 horas al día). Si el licor se encuentra con un porcentaje de turbidez muy alto, éste puede contaminar y deteriorar el polímero, ocasionando grandes pérdidas para la planta. Por esta razón la empresa decidió realizar las pruebas de campo preparando el polímero con agua de laguna.

Para verificar la velocidad de sedimentación (20 m/h) se utilizó el criterio aplicado en planta; si en un cilindro de 1.000 ml después de agitar la suspensión, la interfase se encuentra por debajo de 700 ml en menos de 12 segundos, entonces, la velocidad es mayor a 20 m/h.

Otro indicador de altos valores de velocidad es el nivel de lodo en el equipo, mientras menos sólidos se recolecte en la muestra más elevados son los valores de velocidad de sedimentación.

Con respecto a la velocidad de sedimentación, en el laboratorio hubo un aumento aproximado de 80% con respecto a la prueba patrón. Sin embargo, no es posible realizar una comparación con los resultados de campo ya que no existe un método de medición que proporcione valores exactos y precisos. También, se observó que la concentración de Na_2O no afecta la dosificación del floculante, ya que el polímero utilizado presenta una carga aniónica alta, lo que le permite trabajar en un amplio rango de concentración de cáustica hasta 90 g/l.

Comparando los resultados obtenidos, en ambas etapas existió disminución en la dosificación de floculante durante la realización de las pruebas en campo.

Estos resultados demuestran que a nivel de campo un incremento en la concentración de polímero y una disminución en la dosificación puede proporcionar un ahorro de aproximadamente 700.000 Bsf./año a la empresa, ya que en este ensayo se consumen 56 g menos de polímero por cada tonelada de lodo alimentada, información suministrada por la superintendencia de lodo rojo CVG Bauxilum.

4.5 CONCLUSIONES

1. Para garantizar una velocidad de asentamiento mayor a 20 m/h trabajando con una concentración de floculante de 1,5 g/l se requieren dosificaciones mayores de 80 g/t de lodo alimentado.
2. Al aumentar la concentración de floculante (de 2 a 3 g/l) se incrementó la velocidad de sedimentación en un 80% respecto a la prueba patrón.
3. El efecto de la temperatura sobre la acción del floculante al cambiar el solvente de preparación no es estadísticamente significativo a escala de laboratorio.
4. La concentración del Na_2O presente en el agua de laguna y en el licor de rebose no produce ningún efecto sobre la acción del floculante a nivel de laboratorio y campo.
5. Al emplear el REB como solvente del polímero en lugar del LSN se observa turbidez en la unidad de preparación de polímero.
6. Una disminución en la dosificación, significa una baja del consumo de 56 g menos por tonelada de lodo y nos proporciona un ahorro de aproximadamente 700.000 Bsf. /año a la empresa.

4.6 RECOMENDACIONES

1. Se sugiere realizar las preparaciones de floculante utilizando licor de rebose REB llevando a cabo un seguimiento estricto en la estación de preparación del floculante.
2. Es aconsejable controlar las concentraciones de caustica en las pruebas a nivel de laboratorio para determinar su efecto sobre el proceso de sedimentación.
3. Se recomienda realizar pruebas con diferentes tipos o mezclas de floculantes para obtener resultados comparativos.
4. Se sugiere diseñar una metodología que permita realizar mediciones de la velocidad de sedimentación a nivel de campo para obtener valores exactos y precisos de esta variable.
5. Es aconsejable realizar un estudio exhaustivo para determinar posibles aplicaciones comerciales del lodo rojo.
6. Se sugiere realizar análisis estadísticos a los resultados obtenidos

BIBLIOGRAFÍA

1. CVG Bauxilum C.A, “visión, misión y antecedentes de la empresa” 2005, disponible en: <http://www.bauxilum.com/empresa.php>.
2. CVG Bauxilum C.A, “Procesos de producción de bauxita” 2005, disponible en: <http://www.bauxilum.com/procesos.php> .
3. CVG Bauxilum C.A, “Proceso de producción de alúmina” 2005, disponible en: <http://www.bauxilum.com/procesos.php>.
4. Turpial I, Juan R, “Proceso Bayer en la región de Guayana” 1985, disponible en: <http://materiales.wikispaces.com/view/proceso+Bayer.doc>.
5. Phillips, E y O'brien, K **“Development of new polyacrylate flocculants for red mud clarification”** Nalco Company. 2006
6. Gallaway, T **“Light Metals”** 2006
7. Crepeau, P **“Light Metals”** 2003
8. Ramalho, R **“Tratamiento de aguas residuales”** Editorial Reverte S.A. 2006
9. Chauvez, A **“Taller del área 75”** 2005.
10. Seminarios técnicos del proceso bayer área 35/75 sedimentación y lavado de lodo rojo. 1997
11. BAUXILUM. Proyecto de modernización espesamiento de lodos rojos descripción del proceso. 2006
12. BAUXILUM. Proyecto de modernización espesamiento de lodos rojos descripción del proceso. 2006
13. R. Perry, **“Manual del Ingeniero Químico”**, Ed. McGraw Hill, México. 1994
14. R. Treyball, **“Operaciones con Transferencia de Masa”**, Ed. McGraw Hill. México. 1986
15. W. McCabe y J. Smith, **“Operaciones Básicas de Ingeniería Química”**, Ed. Reverte, Tomo I y Tomo II, Barcelona, España. 1981
16. J. Ocon y G. Tojo, **“Problemas de Ingeniería Química”**, Ed. Aguilar. 1980

ANEXOS

**ANEXO A: IMÁGENES DE PLANTA Y EQUIPOS DE
LABORATORIO UTILIZADOS**



Figura A.1 Equipo utilizado para el análisis de termotitulación



Figura A.2 Densímetro del último lavador en operación



Figura A.3 Lodo del último lavador



Figura A.4 Sacos de polímero en almacén

**ANEXO B: GRAFICAS DE VELOCIDADES DE
SEDIMENTACIÓN A UNA CONCENTRACIÓN DE DILUCIÓN
DEL POLÍMERO DE 1,5G/L**

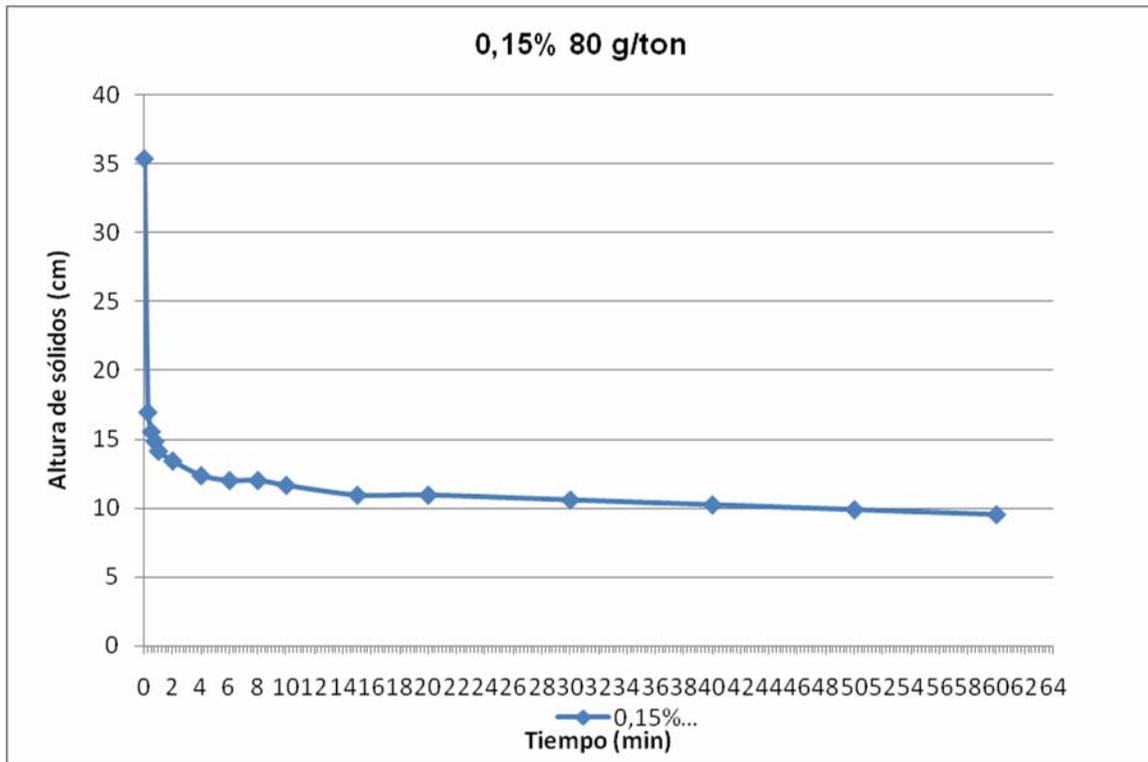


Figura B.1 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 80 g/ton

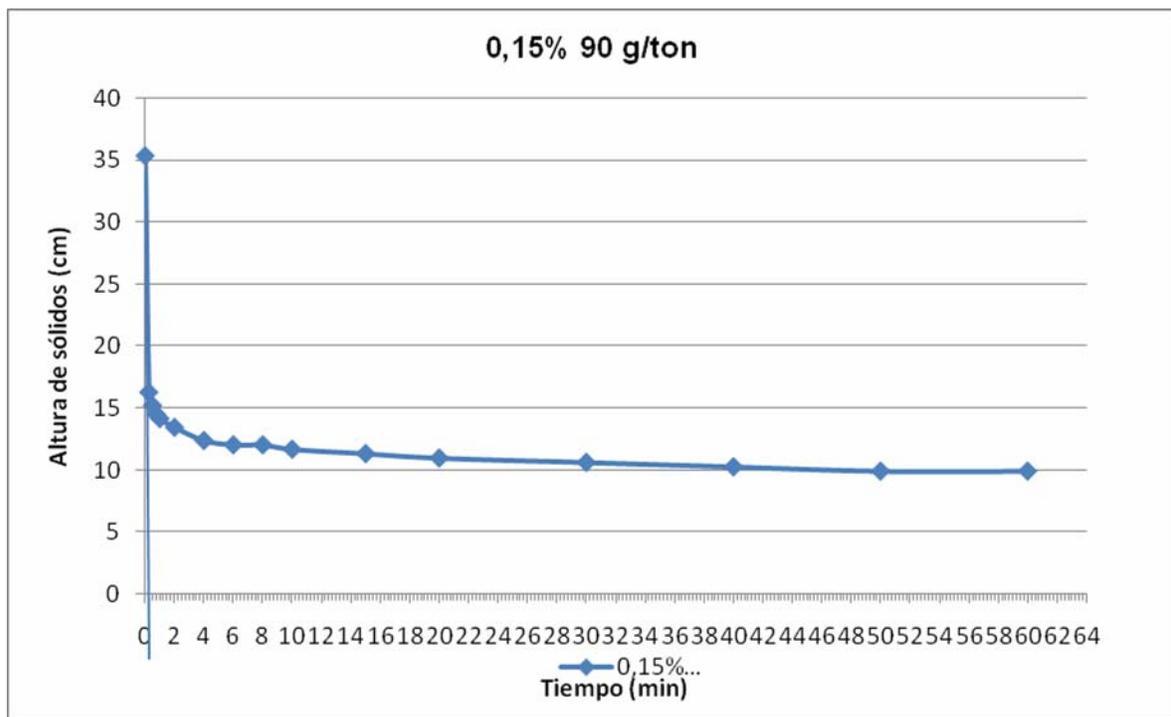


Figura B.2 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 90 g/ton

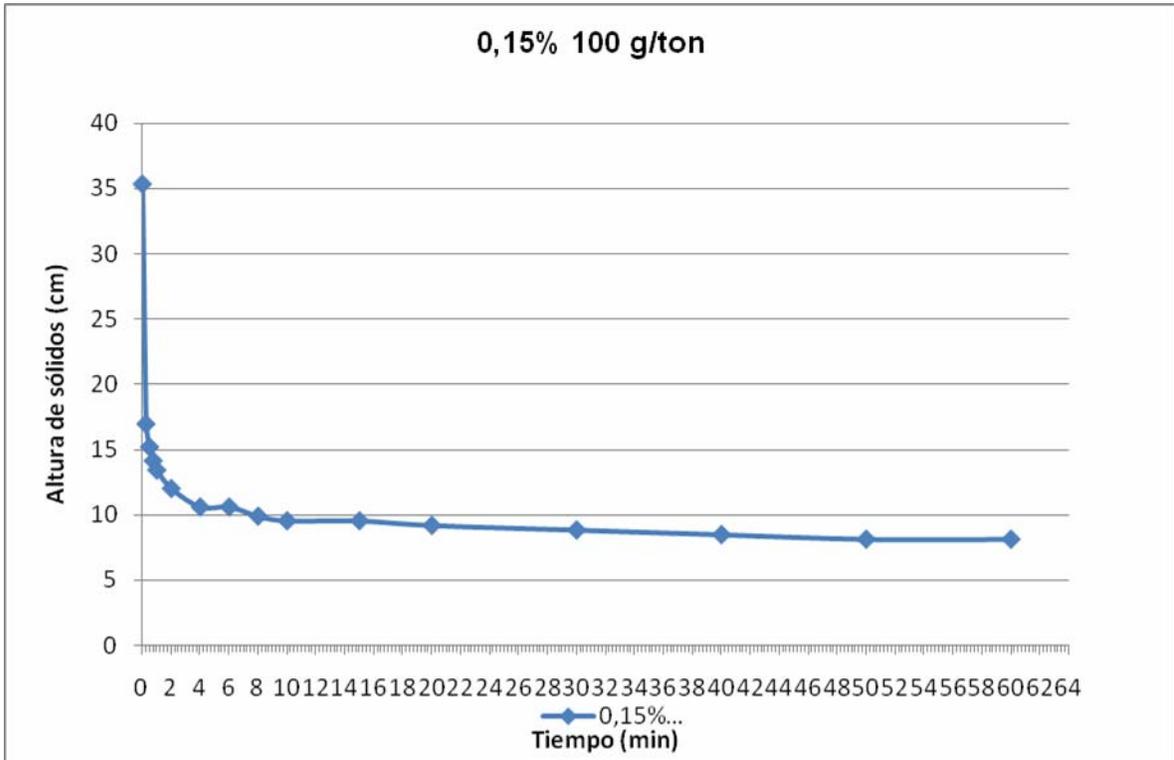


Figura B.3 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 100 g/ton

**ANEXO C: GRAFICAS DE VELOCIDADES DE
SEDIMENTACIÓN A UNA CONCENTRACIÓN DE DILUCIÓN
DEL POLÍMERO DE 2,5G/L**

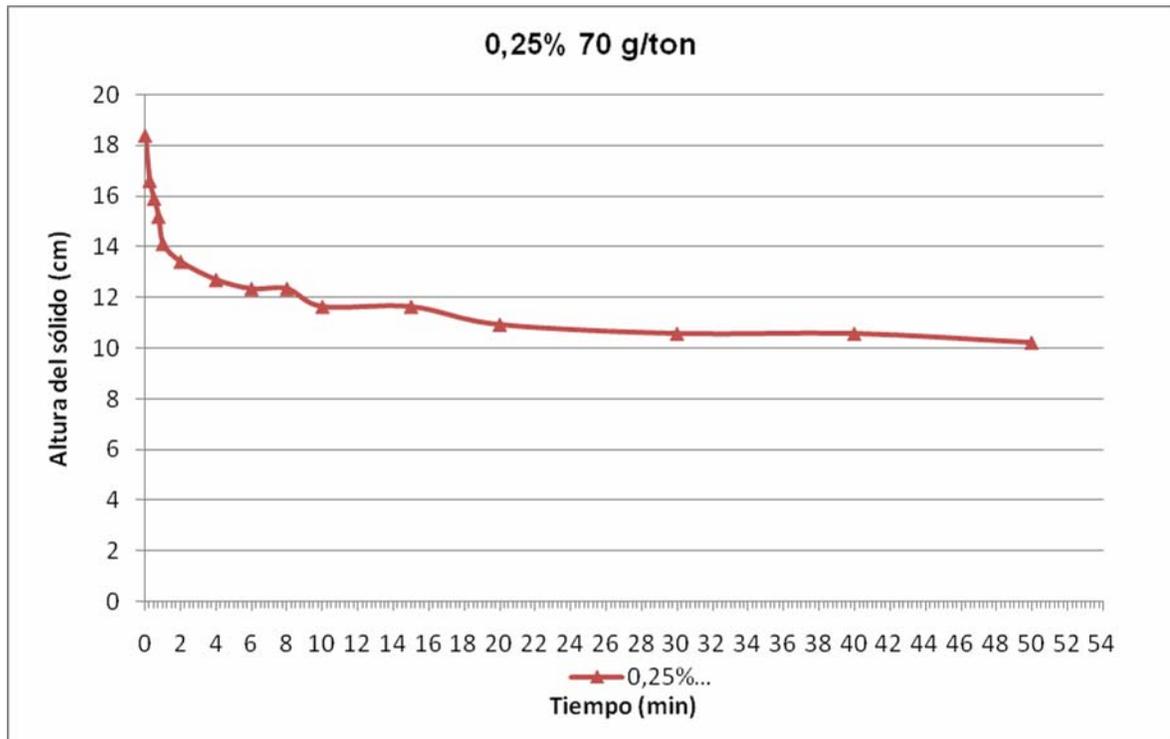


Figura C.1 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 70 g/ton

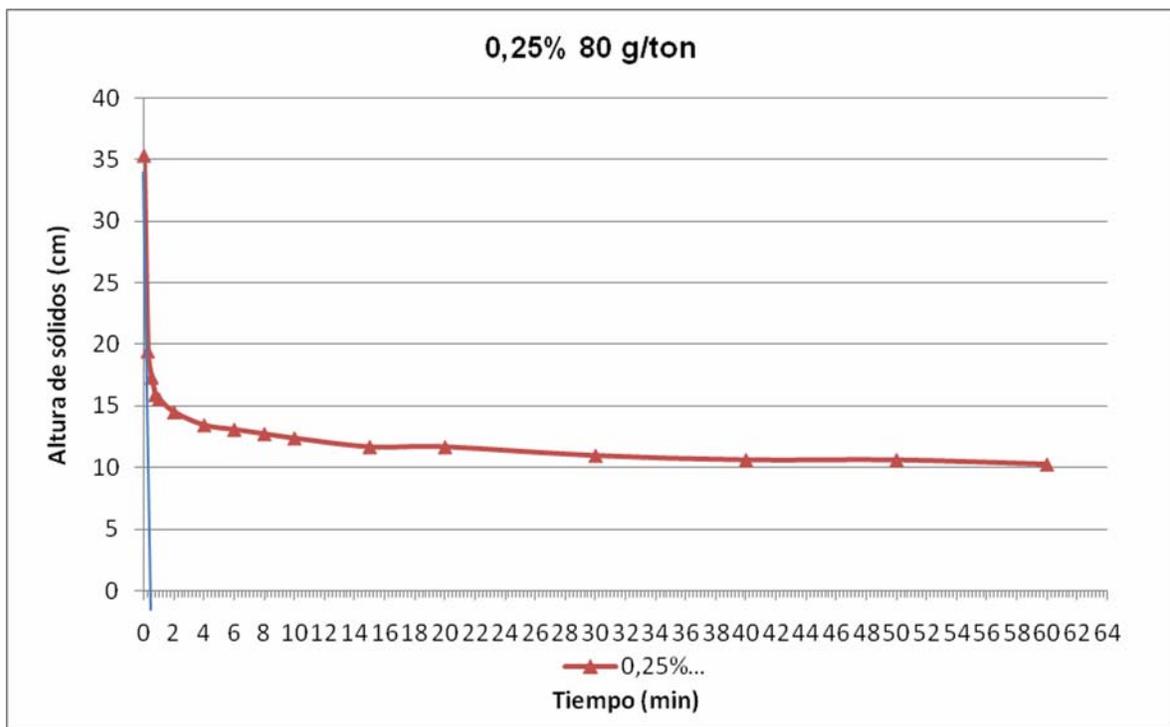


Figura C.2 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 80 g/ton

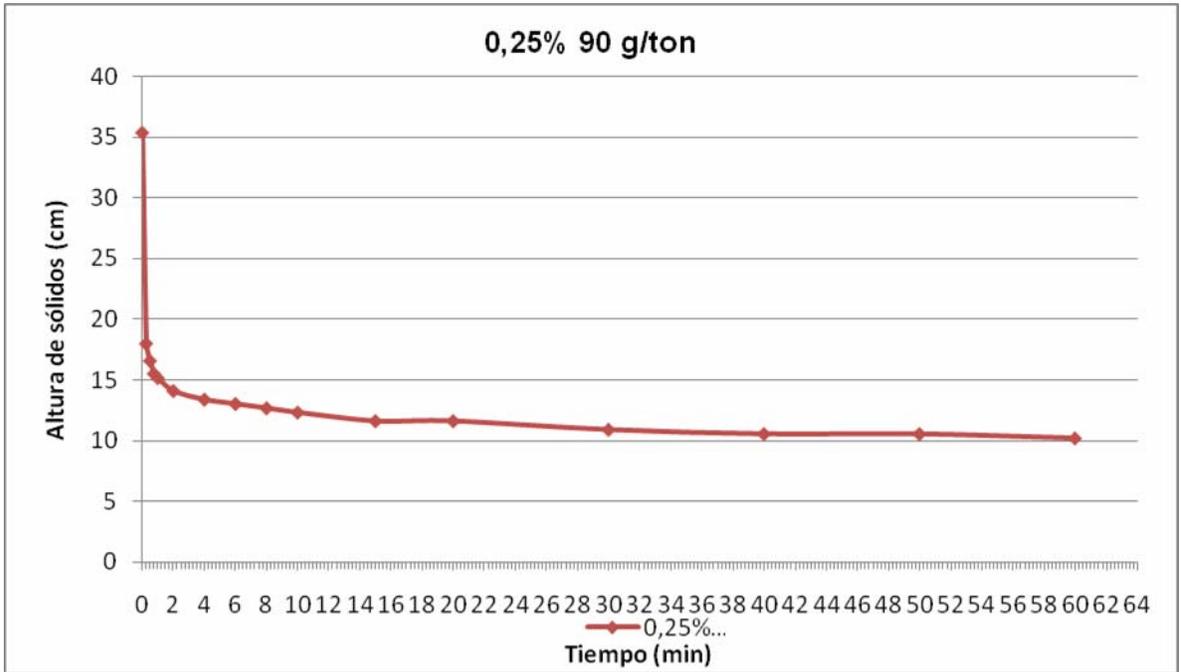


Figura C.3 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 90 g/ton

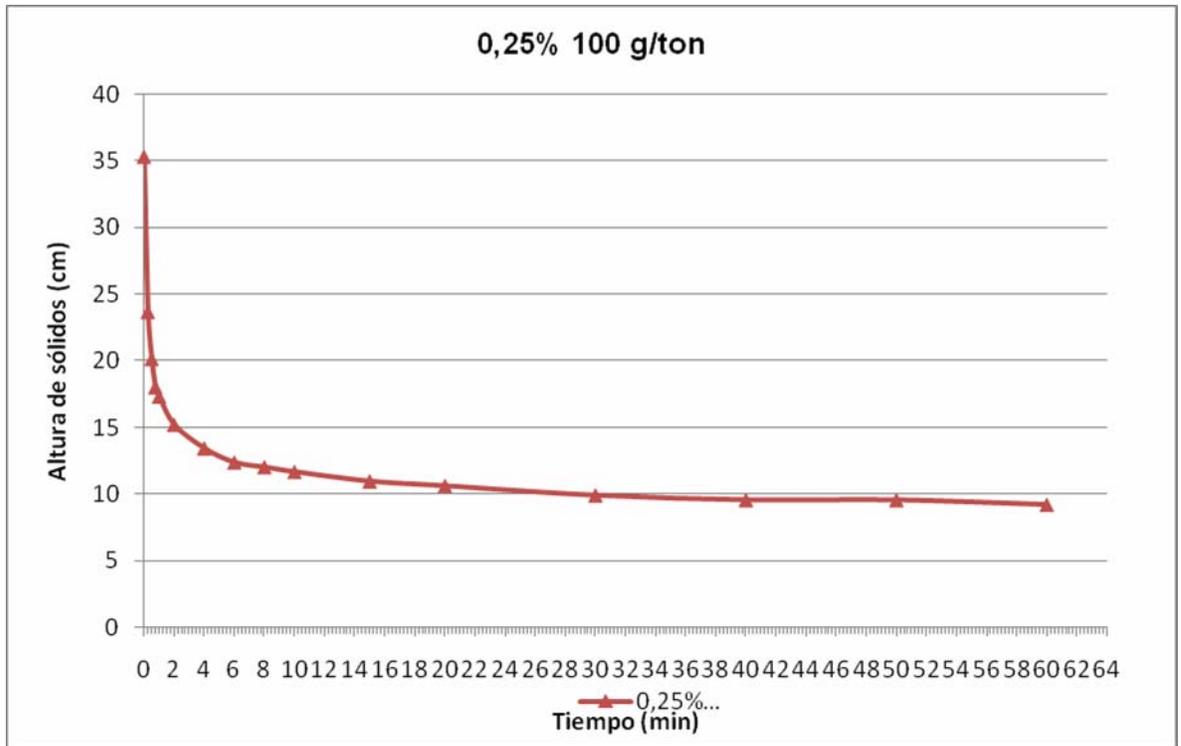


Figura C.4 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 100 g/ton

**ANEXO D: TABLAS DE VALORES DE DILUCIÓN DEL
POLÍMERO**

Tabla D.1 Valores de dilución del polímero

Volumen de la solución diluida (ml)>>>	100
Concentración de la solución diluida (g/l)>>>	1,5
Concentración de la solución Preparada (g/l)>>>	2
Volumen de la solución preparada (ml)>>>	75
Volumen del solvente a utilizar (ml)>>>	25

Volumen de la solución diluida (ml)>>>	100
Concentración de la solución diluida (g/l)>>>	2,5
Concentración de la solución Preparada (g/l)>>>	3
Volumen de la solución preparada (ml)>>>	83,33
Volumen del solvente a utilizar (ml)>>>	16,67

Volumen de la solución diluida (ml)>>>	100
Concentración de la solución diluida (g/l)>>>	2
Concentración de la solución Preparada (g/l)>>>	3
Volumen de la solución preparada (ml)>>>	66,67
Volumen del solvente a utilizar (ml)>>>	33,33

**ANEXO E: GRAFICAS DE VELOCIDADES DE
SEDIMENTACIÓN A UNA CONCENTRACIÓN DE DILUCIÓN
DEL POLÍMERO DE 2,5G/L PREPARADO CON REBOSE DEL
SEDIMENTADOR**

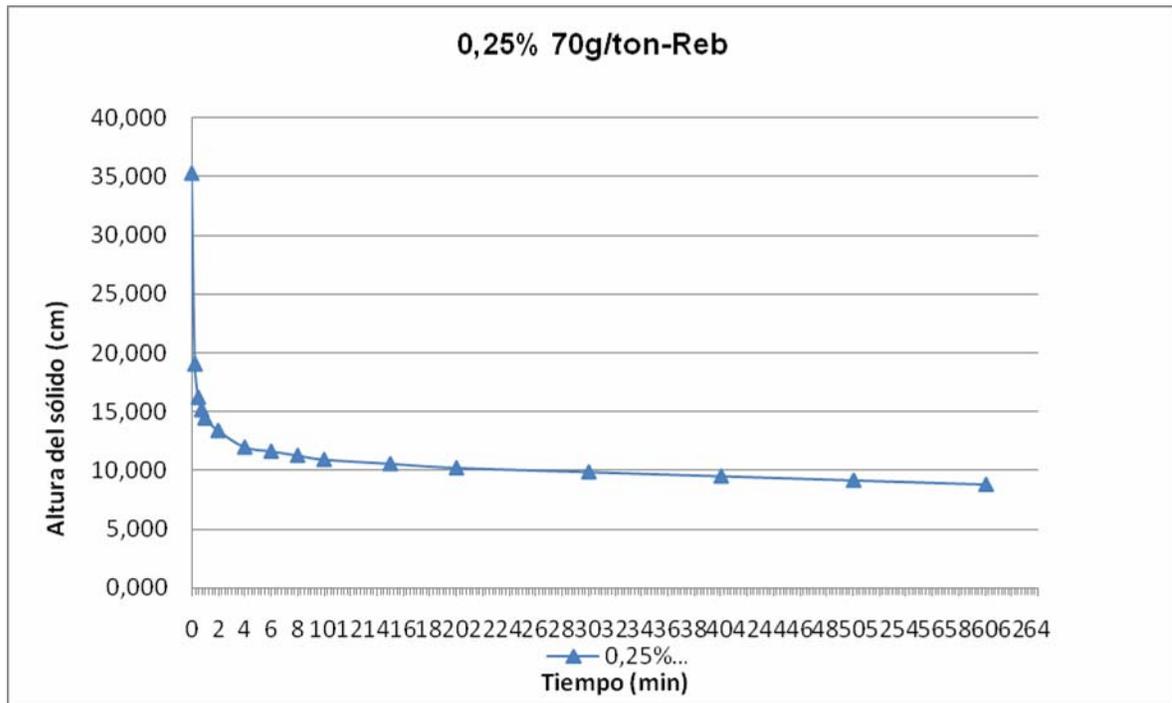


Figura E.1 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 70 g/ton

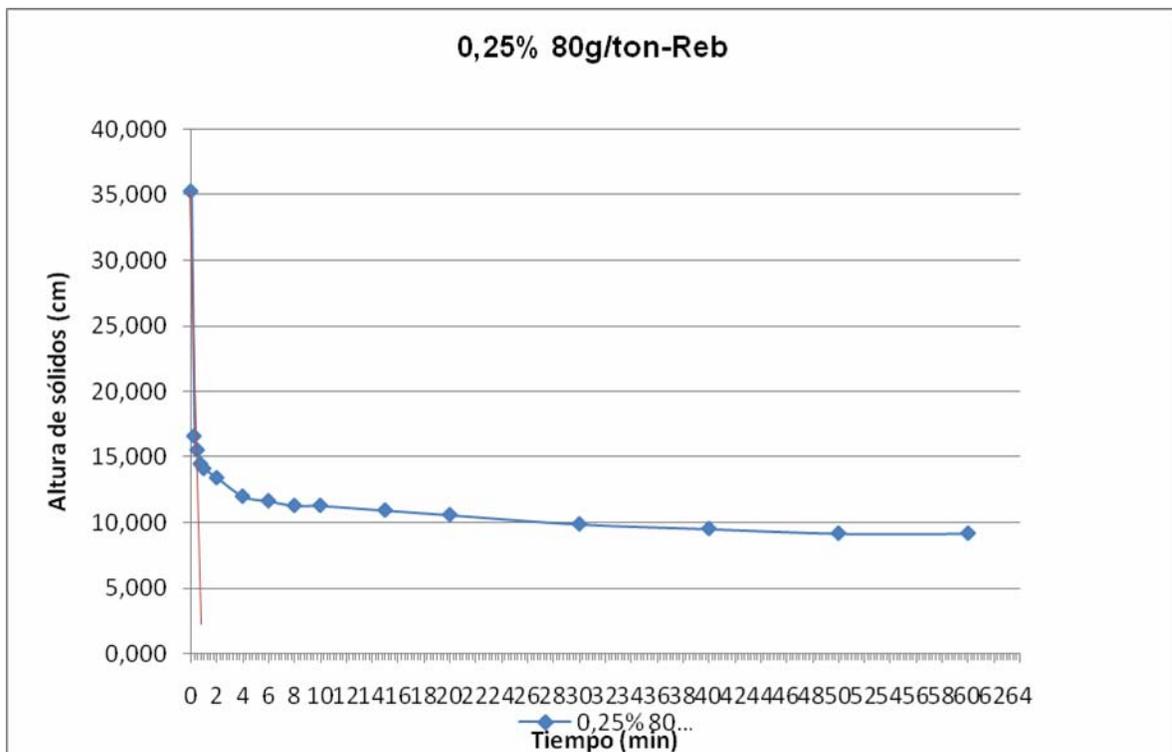


Figura E.2 Curva de velocidad de sedimentacion dosis 80 g/ton

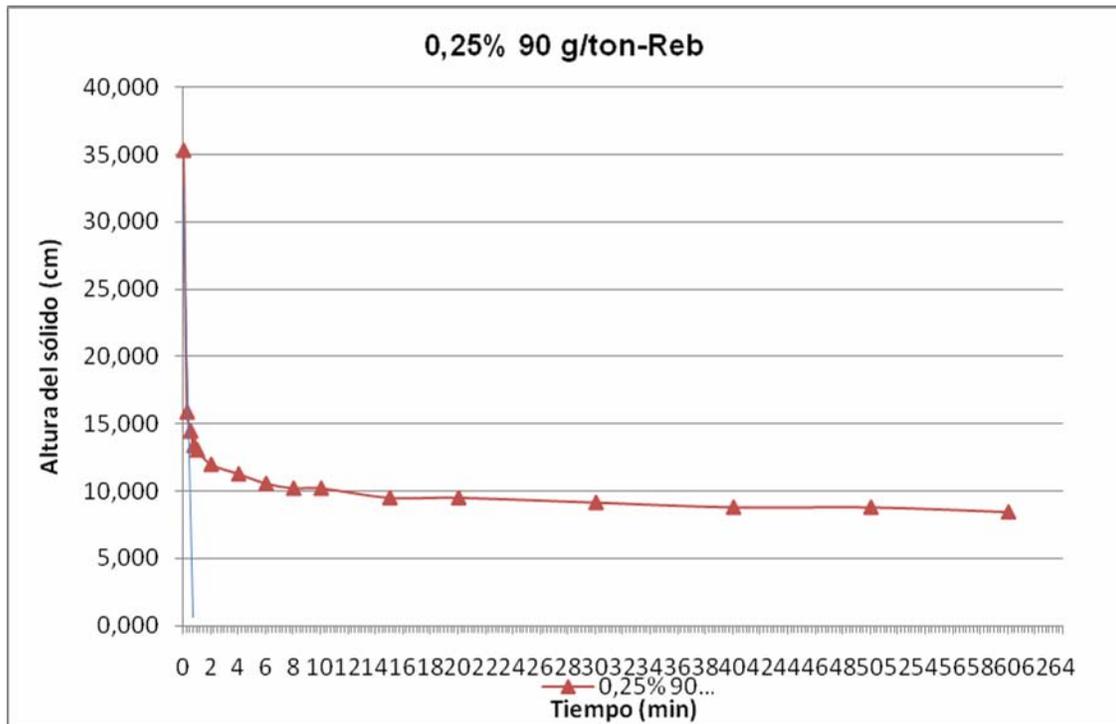


Figura E.3 curva de velocidad de sedimentacion dosis 90 g/ton

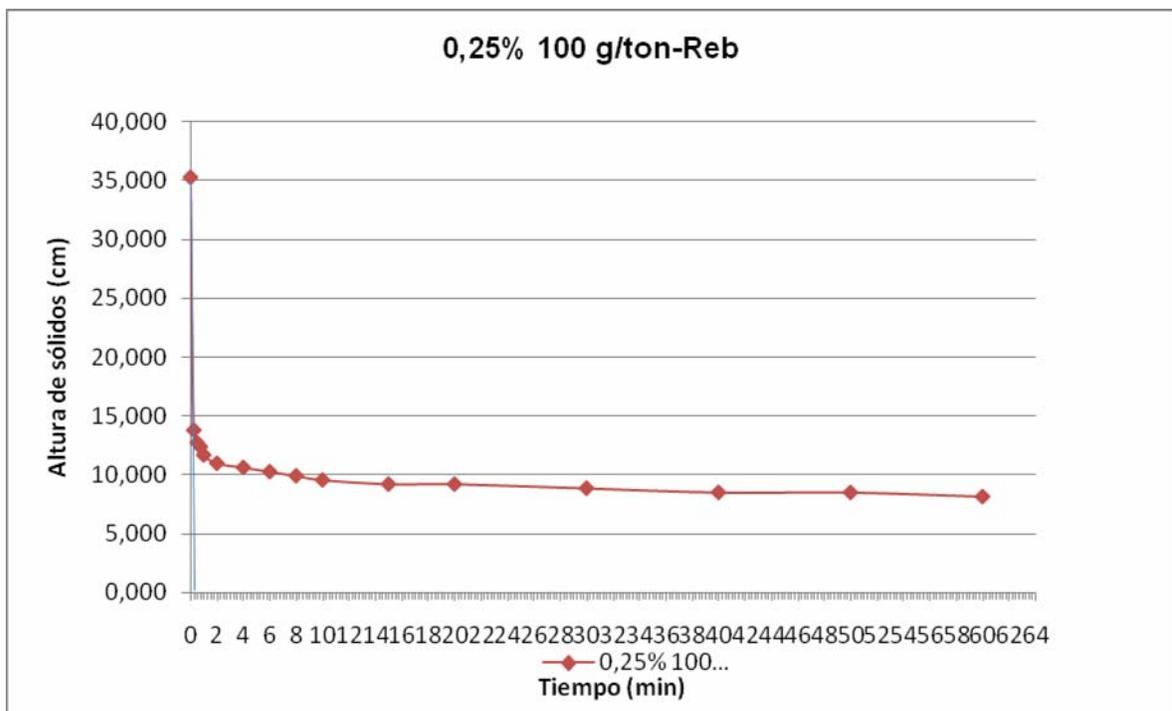


Figura E.4 curva de velocidad de sedimentacion dosis 100 g/ton

**ANEXO F: ENSAYO DE LABORATORIO 30-001 CVG
BAUXILUM**

Asunto

Análisis de Licores de Planta para Concentraciones de Na_2O y Al_2O_3 por Titulación Termométrica

1. ALCANCE:

Determinar las concentraciones del Na_2O y Al_2O_3 a las diferentes muestras del proceso. Lo que permite controlar estos parámetros y la relación $[\text{Na}_2\text{O}] / [\text{Al}_2\text{O}_3]$ a lo largo de todo el proceso Bayer.

2. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Ormet Laboratory Procedures, Volumen II Book N° 8; T. J. Sloan.

3. DEFINICIONES:

3.1 Licor cáustico: Es la solución acuosa de aluminato de sodio

3.2 Soda cáustica: Es una solución de hidróxido de sodio (NaOH) alcalina que se usa para disolver el contenido de alúmina en la bauxita.

4. PRINCIPIO DEL ENSAYO

En la titulación termométrica se utiliza el efecto térmico para la detección del punto final de la titulación. Este tipo de titulación se basa en la medida del calor de neutralización liberado cuando se adiciona ácido clorhídrico a los licores del proceso Bayer.

5. MATERIALES Y/O EQUIPOS

- 5.1. Diluidor Hamilton
- 5.2. Temotitulador Wesseling
- 5.3. Dosimat Metrohm 765
- 5.4. Agitador Magnético modelo E-649
- 5.5. Vasos de Poliestireno
- 5.6. Cubierta plástica 15mmx5mm

Asunto

Análisis de Licores de Planta para Concentraciones de Na_2O y Al_2O_3 por Titulación Termométrica

6. REACTIVOS

- 6.1. Acido clorhídrico 1.28 Mol.
- 6.2. Tartrato de sodio y potasio 614 g/l
- 6.3. Fluoruro de potasio 617 g/l

7. MATERIAL A ENSAYAR

- 7.1. Licores de planta

8. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- 8.1. Coloque el agitador magnético en un vaso de poliestireno limpio y seco.
- 8.2. Transfiera con el diluidor Hamilton 1 ml de muestra, previamente enfriada, dentro del vaso.
- 8.3. Añada 10 ml de tartrato de sodio y potasio, luego coloque el vaso de poliestireno con la muestra bajo ensamblaje de titulación, cúbralo con la tapa plástica y encienda el agitador. Tome la precaución de que el magneto se mueva libremente.
- 8.4. Coloque el selector de titulación en la posición del Na_2O . Balance el potenciómetro para tener una lectura cero (ambas luces del potenciómetro deben estar apagadas).

Asunto

Análisis de Licores de Planta para Concentraciones de Na_2O y Al_2O_3 por Titulación Termométrica

- 8.5. Oprima el botón de arranque hasta que aproximadamente 0.2 ml de ácido haya sido agregado.
 - 8.6. Anote la lectura de la bureta cuando termine la titulación del Na_2O (no pare la agitación).
 - 8.7. Añada 10 ml de solución KF (617 g/l).
 - 8.8. Lleve a cero la lectura de la bureta y cambie el selector de titulación a la posición de Al_2O_3 .
 - 8.9. Repita los pasos 8.5 y 8.6.
 - 8.10. Para la agitación, retire los vasos de poliestireno y lave el aparato con agua destilada.
9. CALCULOS
- Introduzca las lecturas obtenidas durante la titulación, en el computador programado para el cálculo de Na_2O y Al_2O_3 en g/l. En la pantalla aparecerán los valores de Na_2O y Al_2O_3 contenida por la muestra con su respectiva relación molar-cáustica ($[\text{Na}_2\text{O}] / [\text{Al}_2\text{O}_3] \times 1.645$)
10. NORMAS DE SEGURIDAD
- Ver práctica administrativa “Normas de Seguridad de Laboratorio”

**ANEXO G: ENSAYO DE LABORATORIO 40-001 CVG
BAUXILUM**

Ensayo de laboratorio

BAUXILUM

Pág. 1 de 4

ASUNTO:

Pruebas de Digestión/Sedimentación

1. OBJETIVO.

Determinar la dosis mínima de polímero a utilizar en los espesadores, para la obtención de un licor de rebose libre de sólidos.

2. ALCANCE.

Determinar la velocidad de sedimentación del lodo rojo tanto a nivel de espesadores como de lavadores, obteniéndose un licor de rebose libre de sólidos.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Critical reports on applied chemistry Volumen 20. Production of Aluminium and Alumina, Edited by A.R. Burkin Imperial College, London.

4. PRINCIPIO DEL ENSAYO.

Al producto de digestión diluido, se le añade la carga de polímero para inducir la sedimentación y posteriormente ser evaluada.

5. MATERIALES Y EQUIPOS.

5.1 Autoclave Buchiglasuster de 2 litros de capacidad.

5.2 Circulador de Aceite Haake N4B.

5.3 Sistema de Filtro a presión.

5.4 Papel de filtro whatman No. 54 de 24 cm de diámetro.

5.5 Papel de filtro whatman No. 802.

5.7 Embudo plástico de 7 cm de diámetro

5.10 Beaker de acero inoxidable

Conformado Nombre y apellido LUISA GARCÍA	Aprobado Nombre y apellido ROSAIDA MEJIAS	Fecha vigencia
Firma	Firma	
Fecha	Fecha	

Ensayo de laboratorio

BAUXILUM

Pág. 2 de 4

ASUNTO:

Pruebas de Digestión/Sedimentación

6. REACTIVOS.

6.2 Solución de polímero diluido al 0.1%

7. MATERIAL A ENSAYAR.

Muestra de bauxita, representativa de embarque o pila.

8. PASOS A SEGUIR.

8.1 Calcule el volumen de LAD para efectuar la digestión y obtener un volumen de suspensión de digestión diluida de 1.05 litros, a través de la ecuación "A".

8.2 Una vez conocido el volumen de LAD, calcule la carga de bauxita como se especificó en el ensayo 001 punto 8.1 (para las digestiones con cal, calcule el porcentaje de cal con respecto a la carga de bauxita).

8.3 Realice la digestión utilizando el procedimiento descrito en el ensayo 001, desde el punto 8.2 hasta el punto 8.16.

8.4 Recoja el producto de digestión con un cilindro, mida el volumen de la suspensión.

8.5 Lave el autoclave con el volumen de licor débil de planta calculado a través de la ecuación "B". Agregue estos lavados al cilindro (sí la prueba requiere desarenar, luego de agregar los lavados, pase toda la suspensión por un tamiz de 106 μm).

8.6 Filtre 50 ml de la suspensión de dilución, a través de papel de filtro whatman 802. Analice el filtrado por termotitulación.

8.7 Transfiera la suspensión de dilución a un cilindro de vidrio de un litro previamente calentado a 90 °C. Homogenice bien la muestra en el cilindro.

Conformado Nombre y apellido LUISA GARCÍA	Aprobado Nombre y apellido ROSAIDA MEJIAS	Fecha vigencia
Firma	Firma	Fecha

ASUNTO:

Pruebas de Digestión/Sedimentación

- 8.8 Adicione y homogenice el polímero o lechada de cal, de acuerdo a las condiciones de prueba. Para sus cálculos utilice las ecuaciones "C" y "D".
- 8.9 Tome lecturas de altura de sedimentación del lodo (volumen en el cilindro) a intervalos de tiempo, comience tomando lecturas cada minuto, los primeros 8 minutos, luego cada dos minutos hasta los 20 minutos y por último cada 10 minutos hasta completar una hora.
- 8.10 Una vez finalizada la sedimentación, tome 100 ml del licor sobrenadante por succión, medidos a un nivel en el cilindro de 800 ml. Realice un análisis de sólidos suspendidos.
- 8.11 Filtre el lodo sedimentado a través del filtro de presión utilizando papel de filtro whatman No. 54.
- 8.12 Lave con 4 litros de agua caliente.
- 8.13 Coloque en un horno de secado a 110°C por 4 horas.
- 8.14 Pese el sólido.

Conformado Nombre y apellido LUISA GARCÍA	Aprobado Nombre y apellido ROSAIDA MEJIAS	Fecha vigencia
Firma	Firma	
Fecha	Fecha	

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DE UN POLÍMERO COMERCIAL EN LA EFICIENCIA DEL EQUIPO SEDIMENTADOR DE LODO ROJO DE ALTO RENDIMIENTO DE CVG BAUXILUM
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
Marcano Bastardo, Florclaudine del Valle	CVLAC: 16.546.462 E MAIL: marcanoflorclaudine@gmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

BAUXILUM, Polímero, CVG, floculación, sedimentador de lodo, Nalco 85020⁺.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Química

RESUMEN (ABSTRACT):

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la preparación y dosificación del polímero NALCO 85020[±] en la eficiencia del equipo sedimentador de lodo rojo de alto rendimiento de CVG Bauxilum, para promover un ahorro en el consumo de dicho polímero sin afectar la eficiencia del equipo sedimentador, para ello se simuló a nivel de laboratorio la operación actual del equipo de concentración de preparación de 2 g/l y para obtener un conjunto de variables que nos sirven de patrón a la hora de considerar cambios de dosificación y preparación, luego se procedió al estudio de la operación del equipo variando la concentración del polímero de 2 g/l a 3 g/l para observar si existen variaciones significativas en la velocidad de sedimentación; también se estimaron las variaciones empleando un cambio en el solvente de preparación del polímero, se construyeron curvas del tornillo dosificador y curvas de concentración del polímero(Nalco 85020[±]) para corroborar la concentración de preparación en el campo, y se compararon los resultados de campo con los obtenidos en el laboratorio para el área en estudio finalmente obtuvieron los siguientes resultados: a) a fin de garantizar los parámetros de velocidad de sedimentación hay que emplear dosificaciones mayores a 80 g/ton; b) al aumentar la concentración de preparación del floculante se incremento la velocidad de sedimentación en un 80% con respecto a la prueba patrón; c) manteniendo las condiciones de sólidos dentro de especificación y disminuyendo la dosis se incremento la eficiencia del proceso de espesamiento de lodo de manera general.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Raven, Hernan	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:	4.136007			
	E_MAIL	Hraven1@hotmail.com			
	E_MAIL				
Parra, Frank	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:	8.265.561			
	E_MAIL	Frankparra@gmail.com			
	E_MAIL				
Alemán, Rafael	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:	3.673.390			
	E_MAIL	Reas96@			
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2011	02	20
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS.EQUIPO SEDIMENTADOR DE LODO ROJO CVG BAUXILUM.doc	

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I
J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y
z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

INGENIERO QUÍMICO

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

PREGRADO

ÁREA DE ESTUDIO:

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

INSTITUCIÓN:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE / NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado:

“Los trabajos de grado son propiedad exclusiva de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, el cual lo participará al Consejo Universitario”

Marcano Bastardo, Florclaudine del Valle

AUTOR

Raven, Hernán R.

ASESOR

Frank Parra

JURADO

Rafael Aleman

JURADO

POR LA SUBCOMISION DE TESIS

Yraima Salas