

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
INDUSTRIALES PARA LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ASEQUIMICOS  
SAS.**

**MARCELA RODRÍGUEZ REYES  
PAOLA CAROLINA RUIZ LÓPEZ**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.  
2018**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
INDUSTRIALES PARA LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ASEQUIMICOS  
SAS.**

**MARCELA RODRÍGUEZ REYES  
PAOLA CAROLINA RUIZ LÓPEZ**

**Proyecto integral de grado para optar al título de:  
INGENIERO QUÍMICO**

**Director:  
Juan Carlos Duque Gómez  
Gerente General**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.  
2018**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

ING. DIEGO NICOLÁS RODRÍGUEZ SERRANO

---

ING. MARIO FERNANDO ORTIZ

---

ING. OSCAR LOMBANA

Bogotá, 6 de Agosto del 2018

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro:

**Dr. JAIME POSADA DIAZ.**

Vice-rector de Desarrollo y Recursos Humanos:

**Dr. LUIS JAIME POSADA GARCA-PEÑA.**

Vice-rectora Académica y de Posgrados:

**Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS.**

Decano Facultad de Ingeniería:

**Dr. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI.**

Director Facultad de Ingeniería Química:

**Dr. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ.**

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor.

*Este logro va dedicado principalmente a Dios por darme la fuerza para no rendirme, a mis padres Ana y Raúl por su infinito amor, apoyo incondicional y ser mi ejemplo a seguir, a mi hermana Vale por alegrarme en los momentos en que sentí desfallecer, a mi esposo Diego por ser mi ángel guardián, el amor de mi vida, mi mejor amigo y mi soporte incondicional gracias a ti lo logré, a mi hijo perruno Magnus por ser mi compañía constante y mi mayor alegría al llegar a casa. Y finalmente gracias a mi amiga Paola Carolina Ruiz López, no pude tener una mejor compañera de tesis, gracias por emprender este proceso conmigo, no solo gané una amiga, gané una hermana ¡¡Te quiero Roommate!!*

**MARCELA RODRÍGUEZ REYES**

*Gracias a Dios porque me dio la fuerza que algún día sentí perder para culminar este logro, gracias a mis padres Luis Orlando y Elizabeth por el apoyo, la motivación y por nunca desampararme. A mi hermano Pedro David por darme esa voz de aliento que alguna vez necesité y finalmente a mi amiga Marcela Rodríguez Reyes; gracias por enseñarme a trabajar verdaderamente en equipo y luchar conjuntamente por los sueños en la vida, por depositar tu voto de confianza en mí y hacerme sentir siempre como una hermana más en tu vida. ¡Miles y miles de gracias! Los llevo en mi corazón.*

**PAOLA CAROLINA RUÍZ LÓPEZ**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a:

La universidad de América por habernos abierto las puertas para estudiar nuestra carrera, por darnos la formación necesaria para crecer no solo a nivel personal sino también profesional, gracias por ser partícipes de este proceso el cual nos permite culminar una de nuestras etapas más importantes.

A Asequímicos SAS por la oportunidad y la confianza que depositaron en nosotras a lo largo del proceso del desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas residuales industriales en la planta de producción, gracias por darnos la facilidad y las herramientas para llevarlo a cabo, a sus colaboradores y principalmente a Juan Carlos Duque Gómez, Gerente General, por abrirnos las puertas de su empresa y apoyarnos a lo largo del proyecto, al Ingeniero Enrique Franco, analista de calidad, por cada uno de los aportes que realizó a lo largo del proyecto y finalmente a la directora de investigación y desarrollo Miriam Jamaica por su apoyo en los ensayos realizados a nivel laboratorio.

Al Ingeniero Químico Diego Nicolás Rodríguez por su apoyo y ayuda en el desarrollo de este proyecto, siendo una guía a través de este proceso y trabajo.

El Ingeniero Richard Ardila por su colaboración y asesoría en la parte ambiental y al Administrador de Empresas Leonardo Cruz por su asesoría en la parte financiera.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	23
OBJETIVOS	24
1. MARCO CONCEPTUAL	25
1.1 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	25
1.1.1 Características de las aguas residuales	25
1.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	26
1.2.1 Tratamiento secundario	30
1.2.2 Tratamientos terciarios	30
2. MARCO LEGAL	32
3. GENERALIDADES	34
3.1 GENERALIDADES DE ASEQUÍMICOS S.A.S	34
3.1.1 Historia	34
3.1.2 Productos	36
4. DIAGNÓSTICO	37
4.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DE ALCALINIZADORES Y ACIDIFICADORES	37
4.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	40
4.3 BALANCE HÍDRICO	46
4.4 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL	51
4.4.1 Descripción del muestreo	52
4.5 ANÁLISIS Y RESULTADOS	55
5. ALTERNATIVAS VIABLES PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	57
5.1 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	57
5.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN	59
5.3 MATRIZ DE PRIORIZACIÓN	60
5.4 EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA	68
5.4.1 Coagulación – floculación	68
5.4.2 Descripción de los equipos utilizados en el test de jarras	70
5.4.3 Plan de laboratorio	73
5.4.4 Selección del coagulante y/o floculante	75
5.4.5 Oxidación avanzada	78

6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	81
6.1 BALANCE DE MASA	81
6.2 DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS	83
6.2.1 Trampa de grasas	83
6.2.2 Tanque de homogenización	86
6.2.3 Corrector de pH	90
6.2.4 Clarificador	91
6.2.5 Filtración de lecho mixto	96
7. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN	103
7.1 COSTOS DE INVERSIÓN	103
7.2 COSTOS DE OPERACIÓN	104
8. CONCLUSIONES	106
9. RECOMENDACIONES	108
BIBLIOGRAFÍA	109
ANEXOS	111

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Referencias canecas lavadas	43
<b>Tabla 2.</b> Balance hídrico para los años 2016, 2017 y 2018	49
<b>Tabla 3.</b> Parámetros In Situ	52
<b>Tabla 4.</b> Estado actual del agua residual industrial comparado con la resolución 631 de 2015	55
<b>Tabla 5.</b> Criterios de selección para el tratamiento de aguas residuales industriales	61
<b>Tabla 6.</b> Calificación para las alternativas respecto a los costos totales	62
<b>Tabla 7.</b> Calificación para las alternativas respecto a los porcentajes de remoción	63
<b>Tabla 8.</b> Calificación para las alternativas según la flexibilidad	64
<b>Tabla 9.</b> Calificación para las alternativas según la operación sencilla	65
<b>Tabla 10.</b> Calificación para las alternativas según el área de construcción	66
<b>Tabla 11.</b> Matriz de comparación de cada una de las alternativas según criterios de selección	67
<b>Tabla 12.</b> Descripción de los coagulantes y floculantes utilizados	69
<b>Tabla 13.</b> Concentraciones propuestas para coagulantes y floculantes	70
<b>Tabla 14.</b> Mediciones iniciales del agua residual	75
<b>Tabla 15.</b> Resultados prueba 1	76
<b>Tabla 16.</b> Resultados prueba 2	77
<b>Tabla 17.</b> Resultados prueba 3	78
<b>Tabla 18.</b> Dosis para eliminar el color en la muestra tratada	79
<b>Tabla 19.</b> Resultados de los parámetros finales del agua tratada	80
<b>Tabla 20.</b> Entrada de corriente de agua total	82
<b>Tabla 21.</b> Salidas de corriente de agua	82
<b>Tabla 22.</b> Condiciones de operación de la PTAR	83
<b>Tabla 23.</b> Tiempos de retención y caudales de entrada	83
<b>Tabla 24.</b> Características para el diseño de los filtros	97
<b>Tabla 25.</b> Ecuaciones de balance por equipo del proceso	101
<b>Tabla 26.</b> Flujos del proceso físico	101
<b>Tabla 27.</b> Costos de inversión de los equipos	103
<b>Tabla 28.</b> Costos de las materias primas utilizadas	104
<b>Tabla 29.</b> Costos de servicio energético	104
<b>Tabla 30.</b> Mano de obra para un operario con SMLV	105

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Ubicación en el mapa	34
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo de producción de alcalinizadores y acidificadores	38
<b>Figura 3.</b> Lavado de áreas y elementos de protección personal	41
<b>Figura 4.</b> Proceso de lavado de canecas	44
<b>Figura 5.</b> Zona de soda y alkalos (Mezcladora)	45
<b>Figura 6.</b> Residuo líquido resultante del lavado de la mezcladora	45
<b>Figura 7.</b> Esquema del balance hídrico año 2018	51
<b>Figura 8.</b> Utilización de IBC con agua potable	53
<b>Figura 9.</b> IBC de $1m^3$ con agua residual resultante de lavados de áreas, canecas, elementos de protección personal y mezcladora	54
<b>Figura 10.</b> Recolección aguas residuales lavado de áreas	54
<b>Figura 11.</b> Equipo utilizado en las pruebas de Jarras	70
<b>Figura 12.</b> Turbidímetro	71
<b>Figura 13.</b> Balanza analítica	72
<b>Figura 14.</b> Medidor de pH en el laboratorio	73
<b>Figura 15.</b> Muestra tomada del tanque de almacenamiento	74
<b>Figura 16.</b> Condiciones iniciales del agua residual industrial	75
<b>Figura 17.</b> Test de Jarras – Prueba 1	76
<b>Figura 18.</b> Test de Jarras – Prueba 2	77
<b>Figura 19.</b> Test de Jarras – Prueba 3	78
<b>Figura 20.</b> Eliminación del color en la muestra de agua tratada	79
<b>Figura 21.</b> Filtración del agua tratada con carbón activado y arena	80
<b>Figura 22.</b> Entradas y salidas de corrientes de agua de ASEQUÍMICOS .S.A.S	81
<b>Figura 23.</b> Trampa de grasas	86
<b>Figura 24.</b> Tanque de homogenización	90
<b>Figura 25.</b> Tanque de clarificación	96
<b>Figura 26.</b> Filtro de lecho mixto	100

## LISTA DE CUADROS

	<b>pág.</b>
<b>Cuadro 1.</b> Etapas del proceso de tratamiento de aguas residuales	27
<b>Cuadro 2.</b> Tipos de tratamiento y sus características	31
<b>Cuadro 3.</b> Comparación infraestructura de la planta de ASEQUÍMICOS SAS	35
<b>Cuadro 4.</b> Productos químicos más vendidos	36
<b>Cuadro 5.</b> Zonas de recolección de la planta	42

## LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
<b>Gráfica 1.</b> Agua residual industrial vs. Bimestre año 2017 y 2018	50
<b>Gráfica 2.</b> Calificación de alternativas de tratamiento de aguas residuales industriales para ASEQUÍMICOS SAS	68

## LISTA DE ECUACIONES

	pág.
<b>Ecuación 1.</b> Caudal doméstico	47
<b>Ecuación 2.</b> Agua residual industrial	47
<b>Ecuación 3.</b> Relación de agua residual y doméstica	47
<b>Ecuación 4.</b> Porcentaje de remoción	69
<b>Ecuación 5.</b> Área del dispositivo	84
<b>Ecuación 6.</b> Relación ancho/longitud	84
<b>Ecuación 7.</b> Volumen útil	84
<b>Ecuación 8.</b> Profundidad útil	85
<b>Ecuación 9.</b> Volumen de la trampa de grasas	85
<b>Ecuación 10.</b> Volumen del tanque homogeneizador	86
<b>Ecuación 11.</b> Volumen de un cilindro	87
<b>Ecuación 12.</b> Diámetro del tanque	87
<b>Ecuación 13.</b> Altura del tanque homogeneizador	87
<b>Ecuación 14.</b> Potencia requerida	87
<b>Ecuación 15.</b> Longitud de la paleta de agitación	89
<b>Ecuación 16.</b> Diámetro del disco central	89
<b>Ecuación 17.</b> Área del tanque de homogenización	89
<b>Ecuación 18.</b> Volumen para un tanque de clarificación	91
<b>Ecuación 19.</b> Diámetro del tanque clarificador	92
<b>Ecuación 20.</b> Altura del tanque clarificador	92
<b>Ecuación 21.</b> Sección cónica del clarificador	92
<b>Ecuación 22.</b> Altura del cono	93
<b>Ecuación 23.</b> Volumen del cono	93
<b>Ecuación 24.</b> Altura cilíndrica total del tanque	93
<b>Ecuación 25.</b> Altura del cilindro	93
<b>Ecuación 26.</b> Altura total del clarificador	94
<b>Ecuación 27.</b> Potencia requerida para el clarificador	94
<b>Ecuación 28.</b> Longitud de la paleta de agitación para el tanque clarificador	95
<b>Ecuación 29.</b> Diámetros del disco central para el tanque clarificador	95
<b>Ecuación 30.</b> Área total del clarificador	95
<b>Ecuación 31.</b> Tamaño efectivo para el carbón activado	97
<b>Ecuación 32.</b> Profundidad efectiva	97
<b>Ecuación 33.</b> Tamaño efectivo para la arena	98
<b>Ecuación 34.</b> Profundidad de lecho combinado	98
<b>Ecuación 35.</b> Coeficiente de uniformidad efectivo	98
<b>Ecuación 36.</b> Área de la filtración de partículas	98
<b>Ecuación 37.</b> Volumen del filtro	99
<b>Ecuación 38.</b> Volumen retenido en el filtro	99

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
<b>Anexo A.</b> Certificado de la participación de ASEQUÍMICOS SAS en redes - car	112
<b>Anexo B.</b> Variables físico – químicas en el agua residual	114
<b>Anexo C.</b> Resultado de la caracterización del agua residual realizado por el laboratorio ambiental de la CAR	115
<b>Anexo D.</b> Diagrama metodología experimental selección dosificación coagulante floculante	123
<b>Anexo E.</b> Resultados de la caracterización e informe del agua tratada otorgado por el laboratorio Biotrends	124
<b>Anexo F.</b> Resultados de las réplicas para cada muestra	126
<b>Anexo G.</b> Acta de reunión de panel de expertos	129
<b>Anexo H.</b> Diagrama de flujo de proceso PDF	132
<b>Anexo I.</b> Cotización de la propuesta de tratamiento	133
<b>Anexo J.</b> Hoja de seguridad del Bisulfato de sodio	140
<b>Anexo K.</b> Hoja de seguridad del Hipoclorito de sodio	146
<b>Anexo L.</b> Hoja de seguridad del Asefloc 2.800	155
<b>Anexo M.</b> Hoja de seguridad del Asefloc 5.500	161
<b>Anexo N.</b> Hoja de seguridad del Sulfato de aluminio	167
<b>Anexo Ñ.</b> Hoja de seguridad Policloruro de aluminio	172

## LISTA DE ABREVIATURAS

**ASEFLOC:** polihidroxiclорuro de aluminio.  
**CAR:** corporación autónoma regional  
**cm:** centímetro  
**COP:** pesos moneda corriente  
**DBO<sub>5</sub>:** demanda bioquímica de oxígeno  
**DQO:** demanda química de oxígeno  
**EPP:** Elementos de protección personal  
**g:** gramo  
**IBC:** Siglas para dar significado a *Gran Recipiente para Mercancías a Granel*  
**IDEAM:** instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales  
**Kg:** kilogramo  
**L:** litro  
**µs:** microsegundo  
**m<sup>2</sup>:** metro cuadrado  
**m<sup>3</sup>:** metro cubico  
**mm:** milímetro  
**min:** minuto  
**ml:** mililitro  
**NTK:** nitrógeno total KJELDAHL  
**NTU:** número de unidades de turbiedad  
**PAC:** Policloruro de Aluminio  
**PFD:** diagrama de flujo de proceso  
**PPM:** partes por millón  
**PTAR:** planta de tratamiento de aguas residuales  
**p/p:** porcentaje peso a peso  
**p/v:** porcentaje peso a volumen  
**rad:** radianes  
**RAS:** reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico  
**RPM:** revoluciones por minuto  
**RPS:** revoluciones por segundo  
**RESPEL:** residuos peligrosos  
**SAAM:** sustancias activas al azul de metileno  
**SLMV:** salario mínimo legal vigente  
**SS:** sólidos sedimentables  
**SST:** sólidos suspendidos totales  
**ST:** sólidos totales  
**s:** segundo  
**sem:** semana  
**v/v:** porcentaje volumen a volumen  
**W:** watts  
**WSCP:** dicloruro de polietileno (dimetiliminio) etileno- dimetiliminio etileno

## GLOSARIO

**ÁCIDO HIPOCLOROSO:** es la forma activa del cloro considerado entre los desinfectantes naturales más potentes, tóxico para los seres humanos, animales y plantas, es altamente eficaz como agente microbiano y de acción rápida.

**AFLUENTE:** agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o algún proceso de tratamiento.

**AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES:** son aquellas que proceden de cualquier actividad industrial en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de drenaje.

**ALCALINIDAD TOTAL:** mide la habilidad del agua para resistir el pH. Es un amortiguador

**CLARIFICADOR:** consiste en un tanque de sedimentación que ayuda a eliminar los contaminantes y concentrarlos en los lodos que se generan, lo que reduce la cantidad de volumen requerido en filtro – prensa.

**DESINFECTANTES:** los desinfectantes desactivan o matan la mayor parte de los microorganismos (más del 99,9%) que pueden causar enfermedades (patógenos).

**EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO:** es el porcentaje de concentración que se remueve de un efluente en el tratamiento de aguas residuales para un determinado parámetro evaluado.

**ENTURBIAMIENTO:** pérdida de la transparencia del agua debido generalmente a la presencia de la materia en suspensión (orgánica o inorgánica), al desarrollo de microorganismos o a la presencia de geles de hierro o aluminio.

**ISOTANQUE:** es un embalaje transportable rígido o flexible habitualmente de plástico o metal. Tiene una capacidad máxima de 3 m<sup>3</sup>, aunque los habitualmente usados son de 1 m<sup>3</sup>, y se puede emplear tanto para materias sólidas como líquidas. Están acondicionados para su manipulación mecánica mediante carretilla elevadora o gato hidráulico.

**LODO ACTIVADO:** proceso de tratamiento por el cual el agua residual y el lodo biológico (microorganismos) son mezclados y aireados en un tanque denominado reactor. Los flóculos biológicos formados en este proceso se sedimentan en un tanque de sedimentación, lugar del cual son recirculados nuevamente al tanque aireador o reactor.

**MUESTRA PUNTUAL:** muestra tomada al azar en un cuerpo receptor y en una hora determinada para el examen de un parámetro que normalmente no puede preservarse.

**ÓSMOSIS INVERSA:** es una tecnología de purificación del agua que utiliza una membrana semipermeable para eliminar iones, moléculas y partículas más grandes en el agua potable. Para lograr la ósmosis inversa se aplica una presión para vencer la presión osmótica, que es una propiedad coligativa producida por diferencias de potencial químico del solvente, un parámetro termodinámico. La ósmosis inversa puede eliminar muchos tipos de elementos suspendidos en el agua, incluyendo bacterias, y está utilizada tanto en procesos industriales como para la producción de agua potable.

**OXIDACIÓN:** es el proceso de cambiar la estructura química de los contaminantes para removerlos más fácilmente del agua.

**OXÍGENO DISUELTO:** cantidad de oxígeno que se encuentra presente en el agua. Es un componente esencial para la vida de cuerpos de agua.

**pH:** expresa condiciones básicas, ácidas y neutras de una solución. Es medido en escala de 0 a 14, donde 7 expresa que la sustancia es neutra. Los valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica y los valores por debajo de 7 indican que la sustancia es ácida.

**RESPEL:** el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos es el instrumento de gestión de información mediante el cual se captura información normalizada, homogénea, sistemática sobre la generación y el manejo de residuos o desechos peligrosos, originados por las diferentes actividades productivas y sectoriales de las empresas.

**TURBIEDAD:** es una medida de la cantidad de partículas sólidas suspendidas en el agua que causan que los rayos de luz brillando a través del agua se esparzan y tengan una apariencia neblinosa.

**VERTIMIENTO:** conjunto de materiales de desecho que se vierten en algún lugar, especialmente los procedentes de instalaciones industriales o energéticas.

## RESUMEN

**TÍTULO** DESARROLLO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PARA LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ASEQUIMICOS SAS.

En el presente trabajo de grado se desarrolló un sistema de tratamiento de aguas residuales industriales para la planta de producción de ASEQUIMICOS SAS. Para la selección de la alternativa de tratamiento de las aguas residuales generadas por los procesos de lavado de canecas, áreas, elementos de protección personal y equipos (mezcladora), se desarrolló un diagnóstico actual de las aguas de vertimiento, incluyendo el balance hídrico de la planta, con el propósito de evaluar cada uno de los efluentes por medio de una caracterización realizada por un laboratorio externo (Laboratorio Ambiental de la Corporación Autónoma Regional) el cual permitió definir los parámetros críticos a tener en cuenta para la elección de la alternativa de tratamiento.

Después del diagnóstico se plantearon varias alternativas de tratamiento y se evaluó la viabilidad de cada una de ellas considerando criterios como costos, eficiencia de remoción y flexibilidad. Una vez analizados estos aspectos por medio de una matriz de priorización, haciendo uso de un panel de expertos, se eligió la alternativa de tratamiento más eficaz para posteriormente simular a nivel laboratorio cada una de las operaciones unitarias de la alternativa seleccionada y así definir las condiciones de operación y los porcentajes de remoción experimentales. De igual forma, se realiza una caracterización del agua tratada para corroborar que los parámetros críticos a tratar (aceites y grasas, pH y sólidos suspendidos) se encuentren dentro de los límites permisibles establecidos por la resolución 631 de 2015. Por último, se realizó el diseño conceptual de la planta junto con el dimensionamiento de equipos usados en el tratamiento del agua y se estiman los costos de inversión, operacionales y totales de la planta de tratamiento.

### **PALABRAS CLAVES:**

- Aguas residuales industriales.
- Tratamiento de aguas industriales.
- Caracterización.
- Vertimientos.
- Operaciones unitarias.
- Test de jarras.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad ambiental de Colombia, el tratamiento de aguas es una de las situaciones más difíciles y críticas. La situación es muy similar en el resto del continente: la contaminación de ríos y mares se debe primordialmente a la deficiente gestión de limpieza del más del 60% de las aguas residuales provenientes del vertimiento generado en las grandes ciudades por el sector industrial y doméstico<sup>1</sup>.

Debido a lo anterior la empresa busca desarrollar actividades que permitan mitigar sus impactos ambientales como consecuencia de la generación de residuos. Para esto la compañía forma parte de un programa denominado “**Crecimiento Verde en Acción: redes de Empresas Sostenibles RedES- CAR**”, impulsado por la Corporación Autónoma Regional (CAR), con apoyo de la Universidad de los Andes y Bancoldex. En el **Anexo A** se reconoce a la empresa como una de las compañías que hace parte de este proyecto ambiental.

Uno de los inconvenientes que se presentan actualmente en la compañía es la generación de aguas residuales industriales, producto de los procesos de lavado que se realizan en la planta de producción, las cuales no cuentan con una disposición final adecuada y les impide obtener una licencia ambiental de vertimientos, razón por la cual se ha decidido evaluar el diseño de una planta de tratamiento de agua residual industrial.

En general, las aguas residuales industriales que se generan en los procesos anteriormente descritos son de naturaleza básica con gran cantidad de sólidos suspendidos, aceites y grasas y partículas de color. En el presente proyecto se selecciona una alternativa de tratamiento efectiva en la remoción de los parámetros en mención, con el fin de cumplir con los requerimientos de la empresa y con los parámetros indicados en la resolución 631 de 2015.

---

<sup>1</sup>ACUATECNICA SAS ¿Por qué debemos descontaminar las aguas residuales? Disponible en: <<http://acuatecnica.com/por-que-debemos-descontaminar-las-aguas-residuales/>>

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un sistema de tratamiento de aguas residuales industriales para la planta de producción de ASEQUIMICOS S.A.S

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Diagnosticar el estado actual de las aguas industriales de vertimiento.
2. Seleccionar la alternativa de tratamiento por medio de un desarrollo experimental.
3. Establecer las especificaciones técnicas del sistema de tratamiento de aguas industriales.
4. Realizar los costos de operación y los costos de inversión.

## 1. MARCO CONCEPTUAL

### 1.1 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Las aguas residuales resultan después de haber sido utilizadas en domicilios, fábricas, actividades industriales etc. Estas aguas deben ser tratadas antes de ser vertidas a la naturaleza debido a factores como alteración a la salud pública, el impacto ambiental y más importante aún, la posible reutilización del agua para otros fines.

El tratamiento de aguas residuales involucra una serie de pasos, cada uno con una gran importancia para la eliminación de los contaminantes del agua. Dependiendo de las plantas de tratamiento de aguas residuales las etapas pueden variar. Sin embargo, a nivel general se identifican varias etapas como son: pozo de gruesos, desbaste, desarenado/desengrasado, decantación primaria, tratamiento biológico, decantación secundaria y tratamiento de lodos.

**1.1.1 Características de las aguas residuales.** Dadas las características y variaciones en la descarga de las aguas residuales al sistema de alcantarillado, la diferencia en las costumbres de la comunidad aportante, el régimen de operación de las industrias servidas, el clima, etc., los caudales de agua residuales oscilan ampliamente durante el año, cambian de un día a otro y fluctúan de una hora a otra. Todos los factores anteriores, deben tenerse en cuenta en el cálculo de las variaciones del caudal y, por consiguiente, de la concentración de las aguas residuales afluentes a una planta de tratamiento.

Un estudio de caracterización de las aguas residuales deberá incluir suficiente información sobre los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes, su biodegradabilidad, su posible transformación por métodos físico – químicos y su potencial tóxico o inhibidor de la fisiología de los microorganismos.

En términos generales se puede decir que un estudio de caracterización debe cumplir con los siguientes objetivos:

- Proveer toda la información necesaria para la selección y diseño del proceso de tratamiento.
- Proveer suficiente información para decidir sobre la inclusión en el diseño de la planta.
- Indicar la necesidad de neutralizar las aguas residuales, antes del proceso de tratamiento, y la posibilidad de recuperación de materiales.
- Indicar la necesidad de tratamientos previos para eliminar o contrarrestar los efectos de aquellas sustancias que sean tóxicas a los microorganismos o interfieran con su fisiología.

- Indicar el grado de tratamiento necesario, de acuerdo con normas que regulan la calidad que deben tener las aguas antes del vertimiento, o de acuerdo con la capacidad de asimilación de la corriente receptora.

En la tabla del **Anexo B** se observan los componentes, características y variables físico – químicas medidas en un análisis de una muestra de agua residual contempladas en la normatividad ambiental aplicada a la resolución 631 del año 2015.

## **1.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reutilización. Es muy común llamarlo depuración de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento de aguas potables.

La finalidad de estas operaciones es obtener un agua con las características apropiadas según el uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza de los procesos varía en función tanto de las propiedades del agua de en su estado inicial como de su destino final.

Debido a que las mayores exigencias, en lo referente a la calidad del agua se centran en su aplicación para el consumo humano y animal estos se organizan con frecuencia en los procesos de potabilización de aguas residuales.

Las características presentadas por las aguas residuales, como por ejemplo la presencia de sólidos y partículas abrasivas, hacen que sea necesario llevar a cabo una serie de métodos los cuales se describen en el **Cuadro 1**.

**Cuadro 1.** Etapas del proceso de tratamiento de aguas residuales.

<b>ETAPAS DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>		
<b>Etapa</b>	<b>Función</b>	<b>Tipo de procesos</b>
Pretratamiento	Eliminación de sólidos	Físico y/o químico
Tratamiento primario	Eliminación de materia en suspensión	Físico
Tratamiento secundario	Eliminación de materia orgánica biodegradable	Biológico
Tratamiento terciario	Eliminación de sales disueltas, nutrientes, patógenos, materia orgánica refractaria y afino en la reducción de sólidos y demanda biológica de oxígeno	Físico y/o químico y/o biológico
Tratamiento de lodos	Estabilización y reducción de volumen de los lodos o fangos producidos en el tratamiento del agua	Físico y/o químico

**Fuente:** Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales mediante humedales artificiales de alta tasa en la locación petrolera de Caño Gandú. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/5044/1/292544.2011.pdf>.

- Pre – tratamientos y tratamientos primarios. Para que el proceso pueda efectuarse normalmente, es necesario tener en cuenta los siguientes factores.
- Características del agua residual como: DBO, materia en suspensión, pH, productos tóxicos.
- Calidad del efluente de salida requerido.

La etapa preliminar debe cumplir dos funciones:

- Medir y regular el caudal de agua que ingresa a la planta.
- Extraer los sólidos flotantes grandes y la arena (a veces, también la grasa).

Normalmente las plantas están diseñadas para tratar un volumen de agua constante, sin embargo, debe adaptarse a la variación del agua consumida por la comunidad. Hay horas, generalmente durante el día, en las que el volumen de agua producida es mayor, por lo que deben instalarse sistemas de regulación de forma que el caudal que ingrese al sistema de tratamiento sea uniforme.

- **Cribado.** El cribado es la operación utilizada para separar material grueso del agua, mediante el paso de ella por una criba o rejilla. Esto se cumple proporcionando un movimiento en particular al medio de cribado, el cual es generalmente una malla o una placa perforada. La distancia o las aberturas de las rejillas dependen del propósito a usar y de las condiciones de mantenimiento, en el tratamiento de aguas residuales se usan rejillas gruesas, principalmente de barras o varillas de acero.

El cribado es la primera operación que se debe considerar en una planta de tratamiento de aguas. Es un método que remueve del agua residual los contaminantes más voluminosos, ya sean flotantes o suspendidos<sup>2</sup>

- **Igualamiento.** Consiste en amortiguar las variaciones de caudal para lograr un caudal aproximadamente constante. Tiene diferentes propósitos, entre los cuales están:
  - Superar los problemas operacionales causados por las variaciones de caudal
  - Proveer un control adecuado de pH para minimizar los requerimientos posteriores de dosificación en procesos de neutralización.
  - Permitir descarga de caudales muy variables al alcantarillado.
  - Proveer un flujo continuo en plantas de residuos industriales con operación de procesos intermitentes.

Y entre sus múltiples ventajas se pueden destacar las siguientes:

- Mejora la tratabilidad del agua residual.
- Estabiliza el pH.
- Mejora la eficiencia y por tanto la calidad del efluente.
- **Flotación.** La flotación es un sistema de separación sólido-líquido o líquido-líquido basado en la diferencia de densidades, es decir, se pretenden separar aquellos elementos sólidos o líquidos que pueden flotar (por su menor densidad respecto al líquido) o son susceptibles de flotar, bajo ciertas condiciones, sobre el líquido<sup>3</sup>. En los procesos de flotación, el agua afluyente o recirculada es presurizada a presiones de dos a cuatro atmosferas, en presencia de aire y luego despresurizada a presión atmosférica en el tanque o unidad de flotación. Este proceso es usado para separar sólidos de baja densidad o partículas líquidas de una fase líquida.

---

<sup>2</sup> R. S. Ramalho; Tratamiento de aguas residuales, Editorial REVERTÉ S.A, Faculty of Science and Engineering.

<sup>3</sup> Investigando el tratamiento de agua publicación en línea disponible en: <[http://cidta.usal.es/cursos/agua/modulos/Conceptos/uni\\_04/u5c2s1.htm#Anchor0](http://cidta.usal.es/cursos/agua/modulos/Conceptos/uni_04/u5c2s1.htm#Anchor0)>

- **Neutralización (Homogenización).** Las aguas residuales deben neutralizarse para ajustar su valor de pH. Solo mediante este proceso podrán cumplir los requisitos de las distintas unidades de proceso que conforman los sistemas de tratamiento de aguas residuales<sup>4</sup>. Los métodos más usados son la homogenización donde se mezclan las corrientes, algunas son ácidas y otras alcalinas; la otra manera es controlando el pH, que consiste en la adición de ácidos (o bases) para neutralizar las corrientes alcalinas o ácidas. La neutralización puede utilizarse para el tratamiento de las aguas residuales ácidas que contienen metales. La incorporación de un reactivo alcalino aumenta el pH de los residuos ácidos. Esto forma un precipitado que recoge los metales no deseados. El resultado es una solución inicial cuyo pH se ha ajustado dentro de un rango óptimo para precipitar los metales como hidróxidos.
- **Sedimentación con floculación.** Por sedimentación se denomina el proceso mediante el cual se asientan los sólidos suspendidos en un fluido, bajo la acción de la gravedad. La sedimentación con floculación tiene lugar cuando la velocidad de sedimentación de las partículas aumenta, debido a efectos de coalescencia con otras partículas.

En el tratamiento de aguas residuales se usa la sedimentación para los siguientes propósitos.

- Sedimentación primaria para remover sólidos sedimentables y material flotante de aguas residuales crudas, reduciendo así el contenido de sólidos suspendidos.
- Sedimentación intermedia para remover los sólidos y crecimientos biológicos preformados en reactores biológicos intermedios, como los filtros percoladores de primera etapa.
- Sedimentadores secundarios para remover la biomasa y sólidos suspendidos de reactores biológicos, como los procesos de lodos activados y los filtros percoladores.

**1.2.1 Tratamiento secundario.** Se disponen de estos tratamientos cuando se busca la remoción del DBO soluble y sólidos suspendidos<sup>5</sup>. Tiene como objetivo eliminar la materia orgánica en disolución y en estado coloidal mediante un proceso de oxidación de naturaleza biológica seguido de sedimentación. Este proceso biológico es un proceso natural controlado en el cual participan los

---

<sup>4</sup> LHOIST. Disponible en <<https://www.lhoist.com/es/market-segment/aguas-residuales-y-lodos>>

<sup>5</sup> Evaluación preliminar de la remoción de sólidos suspendidos en el sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio de Arauca publicación en línea disponible en <<http://bdigital.unal.edu.co/4864/1/tesissas.pdf>>

microorganismos presentes en el agua residual, y que se desarrollan en un reactor o cuba de aireación, más los que se desarrollan, en menor medida en el decantador secundario.

**1.2.2 Tratamientos terciarios.** Tiene como objetivo suprimir algunos contaminantes específicos presentes en el agua residual tales como los fosfatos que provienen del uso de detergentes domésticos e industriales<sup>6</sup>. Se busca remover en su mayoría compuestos como nitrógeno o fósforo para su disposición final usando: Adsorción con carbón activado, coagulación química y oxidación química.

En el **cuadro 2** se describe los tipos de tratamiento con sus respectivas características.

---

<sup>6</sup> Características de las aguas residuales publicación en línea disponible en <<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.PD>>

**Cuadro 2.** Tipos de tratamiento y sus características.

<b>Tipo de Tratamiento</b>	<b>Características</b>
<b>Tratamientos preliminares</b>	<p>Permiten aumentar la efectividad en los procesos que tiene como objetivo remover objetos grandes y abrasivos. Sistemas de enfriamiento, remoción de sólidos flotantes mediante rejillas, remoción de arenas y grasas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoción de sólidos o cribado</li> </ul> <p>Los sólidos que se remueven son de gran tamaño por medio de rejillas grandes para evitar problemas de taponamiento de tuberías o que lleguen a dañar algún equipo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoción de arena</li> </ul> <p>Esta etapa (también conocida como escaneo o maceración) típicamente incluye un canal de arena donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que la arena y las piedras de ésta tomen partículas, pero todavía se mantiene la mayoría del material orgánico con el flujo.</p>
<b>Tratamientos primarios</b>	<p>Este tratamiento es para reducir principalmente sólidos sedimentables.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sedimentación</li> </ul> <p>La sedimentación es un proceso físico que aprovecha la diferencia de densidad y peso entre el líquido y las partículas suspendidas. Los sólidos, más pesados que el agua, se precipitan produciéndose su separación del líquido. Estos tanques son comúnmente llamados clarificadores primarios o tanques de sedimentación primarios. El propósito principal de la etapa primaria es producir un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos fangos o lodos que pueden ser tratados separadamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanque de homogenización</li> </ul> <p>Estos tanques son concebidos para reducir los picos de caudal, temperatura, pH y contenidos orgánicos para ser introducidos de manera homogénea en los reactores para su tratamiento.</p>
<b>Tratamientos secundarios</b>	<p>El tratamiento secundario está diseñado para degradar sustancialmente el contenido biológico del agua residual. Adicionalmente, en el tratamiento secundarios de tipo biológico, la materia orgánica es utilizada como alimento de los microorganismos como hongos, bacterias, protozoos entre otros, para realizar así una transformación en el CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, oxígeno o DBO y condiciones de Ph. Las estructuras más comunes son: Lagunas de estabilización, lodos activados convencionales, filtros percoladores y anaerobios etc.</p>
<b>Tratamientos terciarios o avanzados</b>	<p>El tratamiento terciario proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.). Se trata de remover nitrógeno o fósforo del efluente tratado u otros contaminantes difíciles a remover. Permite el refinamiento de los efluentes que se obtengan del tratamiento secundario mediante procesos con mayor grado de complejidad fisicoquímico y biológico.</p>

Fuente: MÖBIUS. Que es una Ptar. Disponible en: <http://mobius.net.co/que-es-una-ptar/>

## 2. MARCO LEGAL

Para poder llevar a cabo este proyecto es importante no solo validar los diferentes parámetros operativos y logísticos sino también los aspectos legales que estén bajo la normativa colombiana con respecto al sistema de tratamiento de aguas residuales. Dicha norma es bastante extensa pues incluye varios aspectos como son técnicos, económicos y ambientales. Sin embargo, se tomarán en cuenta los siguientes decretos como base para el planteamiento del sistema unificado de tratamiento de aguas residuales.

- **Decreto 631 de 2015.** Esta resolución varía el sistema de medición de los factores contaminantes que se pueden llegar a presentar en las aguas residuales. Tales variaciones abarcan medidas como límites máximos de concentraciones de cada parámetro contaminante clasificándolos según las diferentes actividades económicas de las empresas lo cual genera estatutos más estrictos para obtener los permisos de vertimientos.

Las empresas que formen vertimientos deberán solicitar los permisos tal como se viene realizando la fecha. Para solicitar dichos permisos las empresas deben tener en cuenta los siguientes ítems.

- Realizar un análisis de agua, junto con un balance de materia o de masa y adicionalmente una caracterización del agua.
- Exponer los resultados a la respectiva autoridad ambiental
- Finalmente obtener el permiso de vertimiento.

Es responsabilidad de cada una de las empresas realizar los respectivos estudios y entregar los resultados a la autoridad ambiental competente, los cuales a su vez reportaran dicha información al sistema de información de recurso hídrico. De acuerdo con esto la empresa debe analizar el grado de cumplimiento de los distintos estándares según su actividad económica con el fin de establecer los planes de acción a seguir para asegurar el cumplimiento de estos.

- **Decreto 3930 de 2010, artículo 28. En cuanto a usos del agua y residuos Líquidos.** Este decreto fija los parámetros y límites máximos permisibles de los vertimientos a las aguas superficiales, marinas, a los sistemas de alcantarillado público. Así mismo, establece el tiempo máximo de cumplimiento de dicha norma.
- **Decreto 4728 de 2010, artículo 7.** Hace referencia a las normas de vertimientos que serán aplicadas a los generadores de vertimientos existentes en todo el territorio nacional.

### 3. GENERALIDADES

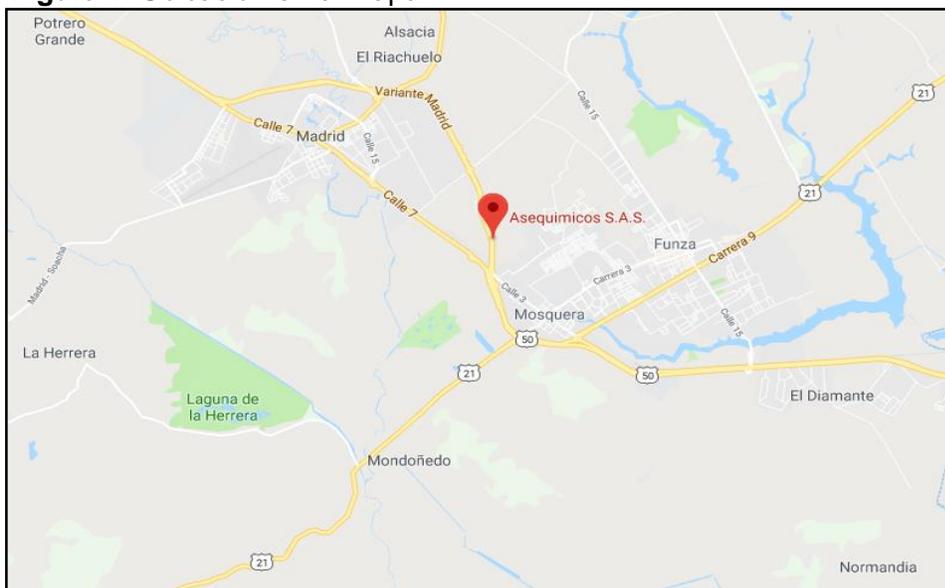
Con el objetivo de plantear un panorama más claro acerca de lo que implica el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales, en este capítulo se señalan algunas generalidades de la empresa, además de conceptos y características de los temas involucrados a lo largo del desarrollo del proyecto.

#### 3.1 GENERALIDADES DE ASEQUÍMICOS S.A.S.

ASEQUIMICOS SAS es una empresa con más de 30 años de experiencia, la cual tiene como actividad principal la importación, fragmentación, reempaque, acondicionamiento y comercialización de productos para el tratamiento de aguas residuales, servicios de mantenimiento y dosificación y especialidades químicas.

La planta de la compañía se encuentra ubicada en Av. Troncal de Occidente No. 18-76 Bodegas G13 - G14 Parque Industrial Santo Domingo, Mosquera Cundinamarca. Ver **Figura 1**.

**Figura 1.** Ubicación en el mapa.



Fuente: GOOGLE MAPS, 2018.

**3.1.1 Historia.** En Febrero de 1984 nació ASEQUÍMICOS S.A.S con el objetivo de atender el mercado como el de las curtiembres, lavanderías industriales, galvanoplastia y tratamiento de aguas industriales, potables y al sector industrial, continuando años más tarde con las líneas de tratamiento de aguas recreativas y fortaleciéndose en insumos para el sector industrial.

Actualmente la compañía posee varias líneas de negocio como lo son: Potabilización de aguas de piscinas y spas, insumos petroleros, automatización de aguas y línea ecológica.

En el **Cuadro 3** se aprecia el crecimiento y cambio de la compañía durante los últimos diez años.

**Cuadro 3.** Comparación infraestructura de la planta de ASEQUIMICOS SAS.

Antes (Funza)	Ahora (Mosquera)
<b>CONTENEDORES</b>	
	
<b>Racks y espacios de distribución y zonificación para las materias primas</b>	
	
	

**3.1.2 Productos.** Su línea de producción industrial se basa en la preparación de m **Fuente:** elaboración propia. y potabilización de aguas de piscinas y/o spas. Algunas de sus materias primas son: ácido nítrico, ácido acético, ácido fluorhídrico, entre otros.

Cuenta con una línea de insumos para solucionar problemas de tratamiento de petróleo, gas y agua brindando un soporte en la adquisición de especialidades químicas en las siguientes categorías:

- Productos químicos.
- Carbones Activados.
- Ácidos.
- Cloros.
- Cloruros.
- Floculantes.

Adicionalmente cuenta con una línea comercial en donde se destacan los siguientes productos Ver **Cuadro 4**.

**Cuadro 4.** Productos químicos más vendidos.

FAMILIA QUÍMICA	PRODUCTO TERMINADO
Bases	Alkalos
	Alkalite soda ash
	Poolchem alkalon
	Poolchem pH
Hipocloritos	Aquachlor
	Provichlor
	Accutab
	Watherchlor
	Poolchlor
Inertes	Aseglass
	Arena sílice
	Ultrakleer
	Indigo
	Insumos
Isocianuratos	Cloridex
	Cloridex tab
	Poolchem cloro
	Aqualive cloro
	Tanquidex

Fuente: ASEQUIMICOS S.A.S.

## 4. DIAGNÓSTICO

En este capítulo se realiza una descripción de las aguas residuales industriales generadas en los procesos de producción de la planta de ASEQUIMICOS SAS.

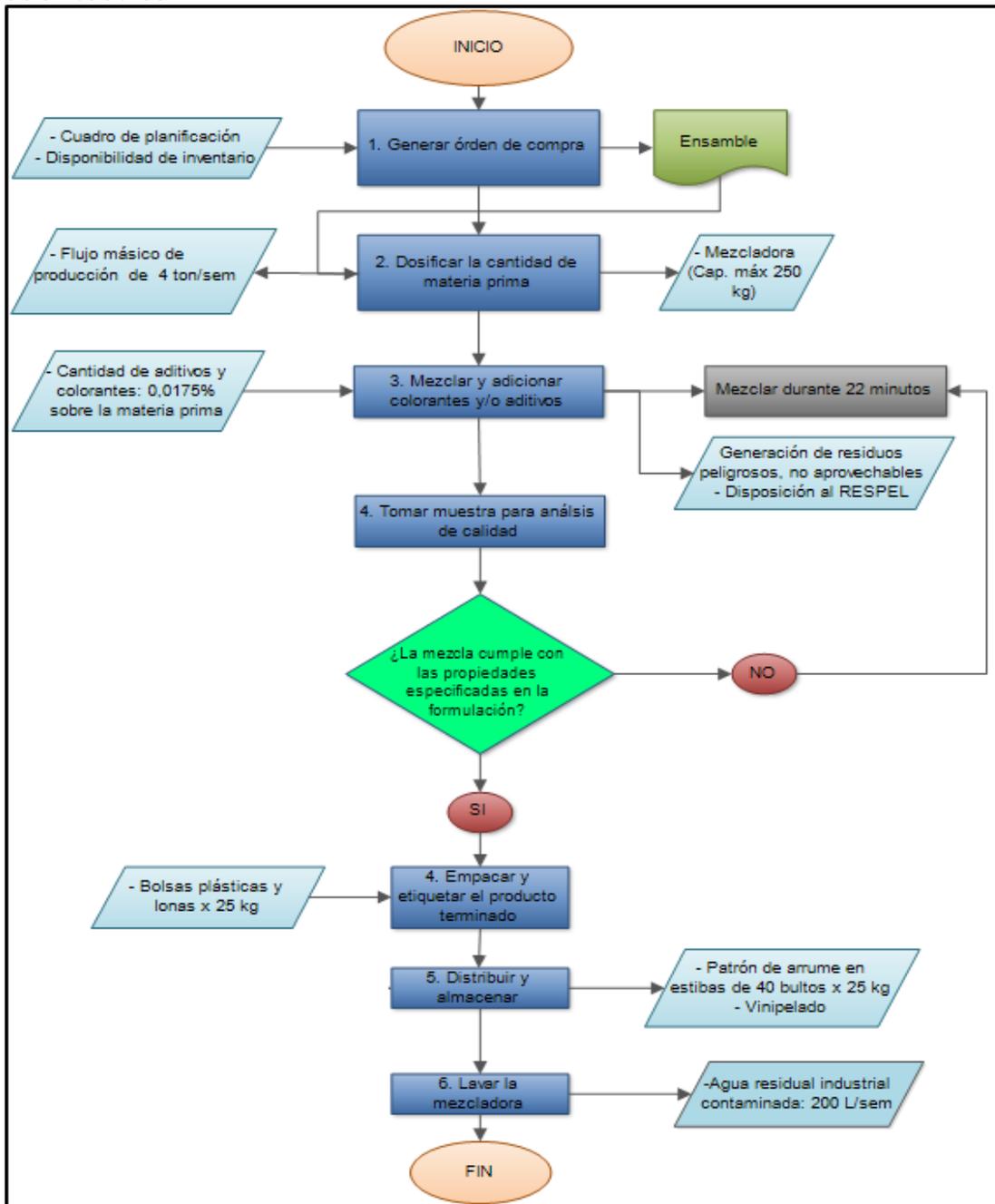
Los residuos líquidos se generan principalmente del lavado de la mezcladora, canecas, áreas y de los elementos de protección personal. Dichos procesos se describen a continuación.

### 4.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DE ALCALINIZADORES Y ACIDIFICADORES

Uno de los procesos más relevantes de la compañía es la elaboración de mezclas sólidas como lo son la producción de alcalinizadores y acidificadores, dichas mezclas deben cumplir con ciertos parámetros fisicoquímicos exigidos por sus clientes. Una vez verificados estos parámetros, se procede a su empaque y posterior distribución.

En la **Figura 2** se describe el proceso de producción de los alcalinizadores y acidificadores, utilizando como materias primas: agua, aditivos, insumos y cargas de ácidos, bases, hipocloritos, entre otros. Lo anterior con el fin de determinar y analizar la naturaleza y características de los subproductos o desechos que se generan en el proceso de producción.

**Figura 2.** Diagrama de flujo del proceso de producción de alcalinizadores y acidificadores.



Fuente: elaboración propia.

- **Generar la orden de compra.** Para dar inicio al proceso de producción es necesario basarse en un cuadro de planificación que ha sido elaborado previamente por el área de compras e importaciones de la compañía, la cual tiene en cuenta factores como el inventario disponible en la planta de almacenamiento y la necesidad de sus clientes. Luego de calcular la cantidad

de producto terminado solicitado, se elabora un documento interno denominado “ensamble” que traduce a la autorización para el área de logística y producción de iniciar el proceso de preparación.

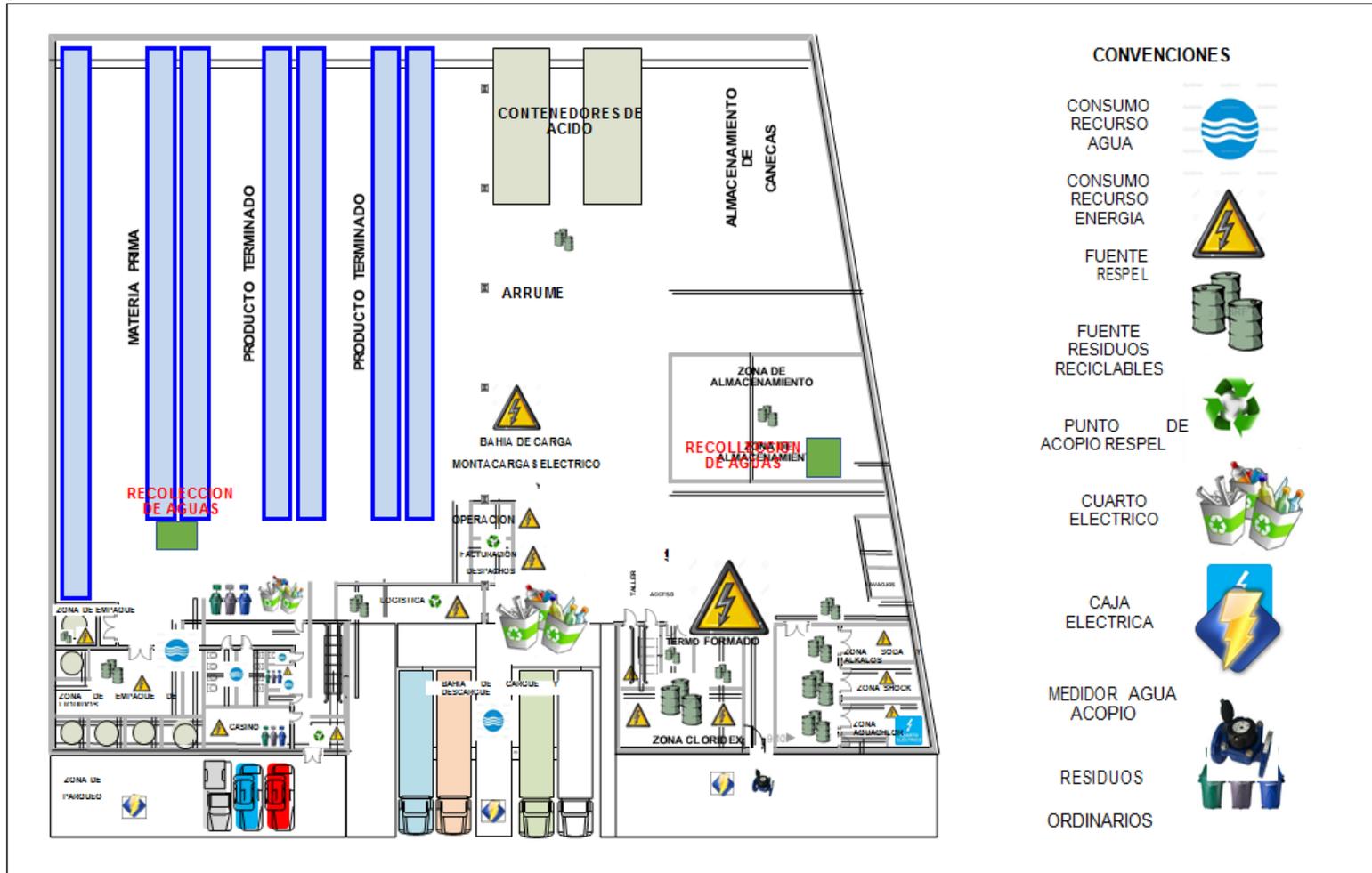
- **Dosificar la cantidad de materia prima.** Después de tener impreso el ensamble, el área de logística empieza con el acondicionamiento y alistamiento de la materia prima necesaria de acuerdo con cada producto (si es un alcalinizador o un acidificador). Se maneja un flujo másico de  $4 \text{ ton/sem}$  y la dosificación es dividida en varias partes, ya que la capacidad máxima de la mezcladora es de 250 kg.
- **Mezclar y adicionar colorantes y/o aditivos.** Ya dosificada la materia prima en la mezcladora se procede a agregar cada uno de los colorantes y/o aditivos propios de cada producto, que están determinados en los documentos de formulación para cada uno. La mezcla tiene un tiempo aproximado de 22 minutos para lograr las características deseadas. Los desechos de envolturas de materias primas, frascos, colorantes y aditivos son tratados de acuerdo con las políticas del Registro de generadores de residuos o desechos peligrosos RESPEL.
- **Tomar muestra para análisis de calidad.** Luego de transcurrir los 22 minutos de mezclado se toma una alícuota o una muestra del producto en proceso de elaboración y se analiza en el laboratorio teniendo en cuenta los parámetros de formulación para cada uno. Algunos de los análisis de calidad realizados son: verificación de pH, determinación de densidad, granulometría, porcentaje de pureza, entre otros. Si el producto alcanza las propiedades y características deseadas se encuentra listo para ser empacado, de lo contrario debe seguir el proceso de mezclado hasta lograr la especificación esperada.
- **Distribuir y almacenar.** La mezcla final es empacada en lonas, bolsas, tanques, tambores y/o frascos que se encuentran aforados de acuerdo con la presentación de cada producto. Después son organizados teniendo en cuenta el patrón de almacenamiento utilizado por el área de logística, que es de 40 bultos por estiba y posteriormente es envuelto en papel vinipel para conservar el patrón anteriormente descrito. De esta manera se obtiene un producto terminado que es registrado a través del documento “ensamble final” que es emitido para el área de compras. Finalmente se distribuye el producto terminado listo para ser repartido y comercializado.
- **Lavar la mezcladora.** Para realizar el lavado de la mezcladora se utilizan herramientas que facilitan la remoción de las impurezas y los residuos de la materia prima contenidos en su interior. Al realizar el lavado se obtiene una cantidad de agua residual industrial contaminada que circula por unidad de tiempo de  $200 \text{ L/sem}$ .

## 4.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Una vez conocida la actividad económica de la empresa y sus respectivos procesos productivos, se observan los puntos de generación de aguas residuales industriales que se obtienen de los procesos de lavados de áreas de la planta de producción, lavado de elementos de protección personal, lavado de canecas y lavado de la mezcladora. Cabe anotar que hasta la fecha no se ha realizado un aforo de las aguas residuales industriales generadas en los procesos anteriormente nombrados.

- **Lavado de áreas y elementos de protección personal.** La planta de producción se encuentra dividida en dos áreas: el área de sólidos y el área de líquidos, que a su vez se encuentran subdivididas en cinco zonas: la zona de cloridex, zona de soda y alkalos, zona de shock, zona de aquachlor y la zona de termoformado. Todas estas áreas y zonas se encuentran detalladas en el ECOMAPA descrito a continuación en la **Figura 3**.

**Figura 3.** Lavado de áreas y elementos de protección personal.



Fuente: ASEQUIMICOS S.A.S

El lavado de áreas y zonas se realiza los viernes, utilizando una hidrolavadora, recogedores, escobas y traperos. El agua obtenida al realizar el lavado se homogeniza para luego ser desechada a la red residual del parque industrial. Esta agua contiene residuos de componentes químicos como hipoclorito, hidróxido de sodio, cloro estabilizado, ácidos, azul de metileno, inertes, entre otros.

Los elementos de protección personal se lavan en las zonas de enjuague dispuestas en la planta. Cada área cuenta con su respectiva zona de enjuague y recolección, donde los operarios enjuagan sus elementos de protección personal como lo son sus trajes antifuídos y máscaras tipo *full face*. Los residuos líquidos resultantes de esta operación se van de igual forma a la red de aguas residuales del parque industrial.

Para conocer el estado actual de las aguas, se procede a homogenizar y acoplar los tanques con los residuos líquidos resultantes de los procesos anteriormente descritos en las zonas de recolección, ubicadas estratégicamente en la planta, en donde se obtuvo un valor de pH de 11 unidades y un caudal de 2,6 m<sup>3</sup>/semana. Ver **Cuadro 5**.

**Cuadro 5.** Zonas de recolección de la planta.



- **Lavado de canecas.** Teniendo en cuenta que la compañía cuenta con una amplia gama de productos, se tiene una gran cantidad de canecas de

diferentes capacidades almacenadas en la planta. Se cuenta con canecas con capacidad de 50 kg que contienen sustancias como dicloroisocianurato de sodio, ácido tricloroisocianurico e hipoclorito de calcio, de igual forma hay canecas con capacidad de 250 kg que contienen sustancias como polihidroxicloruro de aluminio (ASEFLOC) y poli dicloruro (2-hidroxi eileno dimetil imino-2-hidroxi polipropileno dimetil amino metileno) al 60% comercialmente conocido como WSCP.

En vista de la cantidad considerable de canecas que son retornadas a la planta, se determinó la opción de lavado de éstas con el fin de liberar espacio de almacenamiento en la planta y así mismo su posterior reutilización en los procesos de empaquetado y etiquetado.

A continuación, se mencionan las referencias de las canecas que han sido lavadas. Ver **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Referencias canecas lavadas.

CANECAS	CANTIDAD	pH	Resolución 631 de 2015
WSCP (250 kg)	5	4	6 - 9
ASEFLOC (250 kg)	4	3	
Hipoclorito de calcio (50 kg)	9	10.8	
Ácido tricloroisocianurico (50 kg)	7	2.7 – 2.9	

Se realizó un triple lavado para cada una de las canecas con el fin de corroborar que el pH quedara dentro del rango aceptado por la resolución 631, el cual establece que el valor de pH debe encontrarse en un rango de 6 a 9 unidades. Ver **Figura 4**.

**Figura 4.** Proceso de lavado de canecas.



Fuente: elaboración propia.

Una vez realizado el lavado, los desechos líquidos se acoplaron en el IBC dispuesto en el área de líquidos arrojando un pH de 4 unidades y un caudal de 2,8 m<sup>3</sup>/semana.

- **Lavado de la mezcladora.** El proceso de lavado de la mezcladora es realizado cada ocho días y está sujeto al cambio de las líneas de producción de la planta, es decir, cuando hay una diferencia entre la familia química de los productos. En este caso los alcalinizadores pertenecen a la familia química de las bases y los acidificadores pertenecen a la familia de los hipocloritos. Sin embargo, la continuidad del lavado también puede variar de acuerdo con el flujo másico semanal establecido en el cuadro de planificación. En cualquiera de los casos, el agua residual industrial contaminada obtenida de esta mezcladora contiene gran cantidad de sustancias excedidas en componentes químicos, colorantes y aditivos.

Cuando se realiza el lavado se utiliza una hidrolavadora Katcher con una presión máxima de 1800 psi para remover la mayor cantidad de residuos y así garantizar las condiciones óptimas para el mezclado de un próximo producto (**Figura 5**). Al finalizar el lavado se obtienen aproximadamente 200 L de agua contaminada, que es recogida en una batea de 125 L y finalmente es desechada (**Figura 6**). Esta agua contiene altas concentraciones de hidróxido de sodio, sustancias activas al azul de metileno, sulfatos, metasilicatos, entre otros, con un pH de 14 unidades y un caudal de 2 m<sup>3</sup>/semana.

**Figura 5.** Zona de soda y Alkalos (mezcladora).



Fuente: elaboración propia.

**Figura 6.** Residuo liquido resultante del lavado de la mezcladora.



Fuente: elaboración propia.

Luego de los procesos de lavado es notable que la planta presente una problemática con la generación de las aguas residuales industriales, que son obtenidas a partir de dichos procesos, ya que al no existir vertimientos la disposición final de las aguas le impide a la compañía obtener la licencia ambiental mencionada anteriormente.

De igual manera se observa que los caudales manejados en cada uno de los procesos son bajos, por lo cual se puede considerar un caudal máximo de  $7,4 \text{ m}^3$  por semana para el diseño conceptual de la planta de tratamiento.

### 4.3 BALANCE HÍDRICO

Un balance hídrico cuantifica los volúmenes de un recurso que entra en un proceso y la generación de agua residual que se produce como resultado de ese proceso<sup>7</sup>. El balance hídrico de la empresa se realiza teniendo en cuenta el consumo utilizado en el lavado de la mezcladora, los elementos de protección personal y las áreas en el periodo comprendido 2017 y 2018; el sistema de tratamiento de la planta está basado en los datos obtenidos en la planta actual. Cabe aclarar que para este balance hídrico no se consideró el consumo de agua utilizada en el lavado de canecas, pues es un procedimiento que aún no se ha estandarizado debido a que forma parte de una nueva etapa que se considera para el diseño conceptual de la planta.

Actualmente la compañía se encuentra en la implementación de programas ambientales mediante la ejecución de nuevas técnicas de organización empresarial, gestión de calidad y el cumplimiento de un estricto marco legal con el propósito de disminuir su huella hídrica. Además, se eliminaron algunos productos que la compañía solía distribuir, debido a los estrictos controles por parte de los organismos gubernamentales; razón por la cual la compañía decide incluir nuevas líneas de producción que ocasionaron un aumento en el consumo de agua.

Según lo anterior se puede plantear un dato aproximado del consumo de agua en los próximos años para el diseño de la planta de tratamiento de agua residuales industriales. Para esto, fue necesario basarse en datos históricos suministrados por el área de HSEQ de la compañía; dichos datos fueron obtenidos de estudios previos de consumos de recursos hídricos y energéticos (para el año 2016). Para los años 2017 y 2018 se tuvieron en cuenta los valores de consumo arrojados en los recibos del acueducto.

Para elaborar el balance hídrico de la planta se debe conocer la cantidad de agua consumida en uso doméstico y en el área de producción, por lo cual se utiliza el parámetro para determinar el consumo promedio del agua en el sector doméstico e industrial.

- **Agua residual doméstica.** El agua doméstica gastada se calcula teniendo en cuenta el título D del RAS 2000<sup>8</sup> en su literal 5.3.3.1 establece la siguiente expresión para el cálculo de caudal doméstico QD:

---

<sup>7</sup> CÁRDENAS CASTAÑEDA, Diana Constanza. Optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales para su reúso en el proceso productivo de una industria de jabones. Disponible en: <<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14610/T41.08%20C178o.pdf;jsessionid=9CF084EB0221142CFF42C86984A91716?sequence=1>>

<sup>8</sup> Por la cual se establece un rango de 0,80 para sistemas con un nivel de complejidad alto como el de Mosquera.

**Ecuación 1. Caudal doméstico.**

$$QD = R * \frac{\text{Total de trabajadores}}{\text{días laborados}}$$
$$QD = 0,80 * \frac{30}{20}$$
$$QD = 1,2 \frac{m^3}{mes}$$

Dónde:

- R = coeficiente de retorno.
- **Agua residual industrial.** Con los datos del balance hídrico es posible comparar recursos específicos de agua en un sistema, en diferentes períodos de tiempo, y establecer el grado de su influencia en las variaciones del régimen natural. Esto básicamente se refiere a las cantidades de agua consumidas en las áreas de producción de la planta y los procesos de lavado en la empresa. Asumiendo que se trata de un sistema en donde no se produce ninguna reacción química, se puede asumir que:

**Ecuación 2. Agua residual industrial.**

$$\sum \text{agua de entrada} = \sum \text{agua de salida}$$

Según lo anterior para realizar el cálculo se puede hacer uso de la **Ecuación 3** que relaciona detalladamente la cantidad de agua consumida durante los últimos tres años por cada bimestre.

**Ecuación 3. Relación de agua residual y doméstica.**

$$Qin = Qp + Qri + Qrd$$

Dónde:

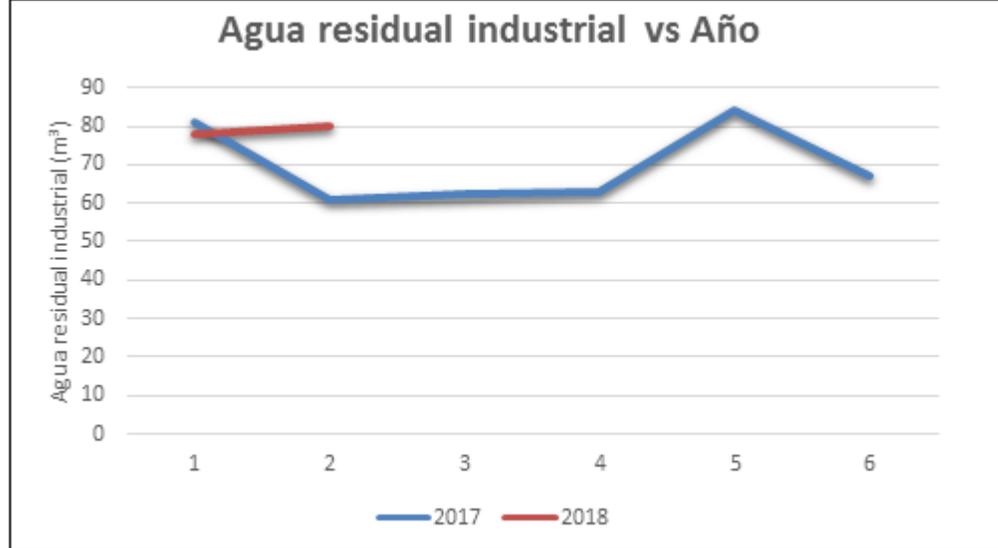
- Qin= Caudal de descarga de entrada.
- Qp= Caudal de agua usado en producción.
- Qri= Caudal del agua residual industrial.
- Qrd= Caudal del agua residual doméstica.

Mediante la ecuación anterior y utilizando como valor de entrada del sistema los datos obtenidos en los recibos del acueducto, se reemplaza cada valor correspondiente con el fin de calcular la cantidad de agua residual industrial para cada bimestre para los tres años estipulados al inicio del capítulo, en donde se obtienen los siguientes resultados. Ver **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Balance hídrico para los años 2016,2017 y 2018.

Año	Bimestre	ENTRADA Consumo total (m <sup>3</sup> )	Agua Residual Doméstica (m <sup>3</sup> )	Unidades producidas (m <sup>3</sup> )	Consumo en mezclas (m <sup>3</sup> )	Agua Residual Industrial (m <sup>3</sup> )	SALIDA
2017	1	81	1,2	8	4	76	81
	2	61	1,2	17	10	50	61
	3	62	1,2	9	5	56	62
	4	63	1,2	20	11	51	63
	5	84	1,2	21	12	71	84
	6	67	1,2	15	8	58	67
2018	1	78	1,2	31	18	59	78
	2	80	1,2	38	18	59	80

**Gráfica 1.** Agua residual industrial vs. Bimestre año 2017 y 2018.



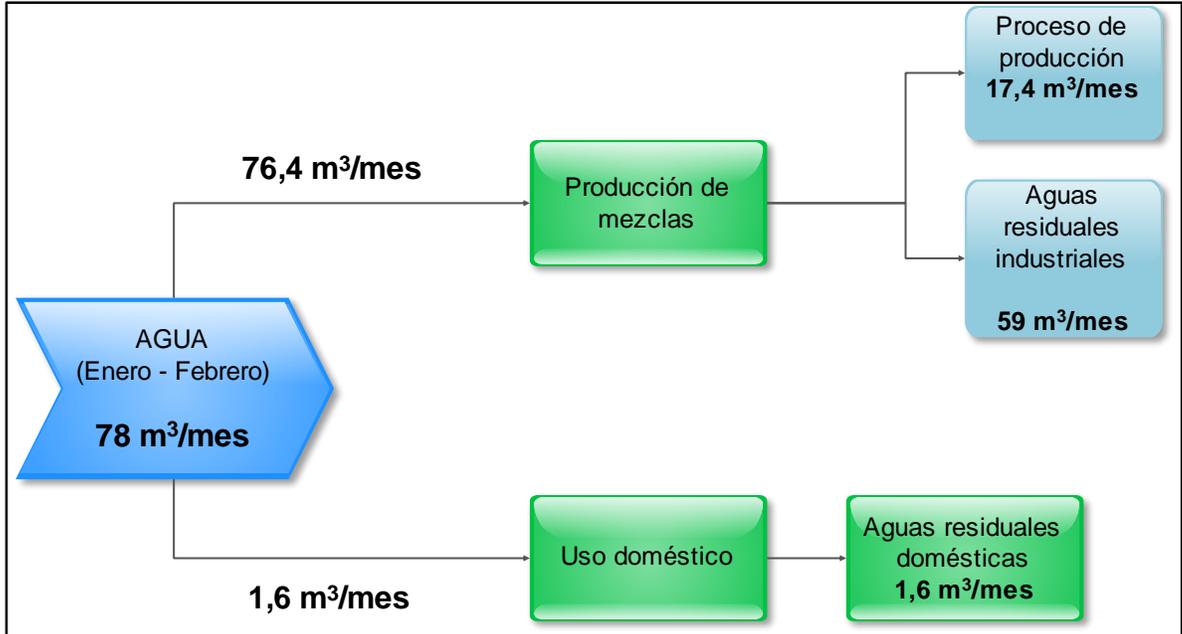
De la **Gráfica 1** se evidencia que para el año 2017 en los bimestres 2, 3, 4 y 6, correspondientes a meses de temporadas de alta demanda para el segmento económico que maneja la empresa, hubo un descenso en la producción, debido a que en los bimestres 1 y 6 se realiza la debida planeación para suplir la demanda en los meses posteriores. Sin embargo, para el año 2018 no se presentó la misma tendencia, la cual pudo ser ocasionada por errores en la planeación de la demanda o el aumento real de la misma. No obstante, a nivel general para los dos años, observando los puntos mínimos y máximos de la gráfica, se podría afirmar que la variación del consumo está entre 60 y 85 m<sup>3</sup> (siendo 61 m<sup>3</sup> y 84 m<sup>3</sup> los puntos máximos y mínimos respectivamente) en los periodos de alta demanda y planeación de la misma.

Con base en lo anterior se puede decir que los cambios en la generación de agua residual industrial se debe a diferentes factores como, por ejemplo: la baja producción de las mezclas, la poca demanda de algunos productos comercializados o lo contrario, a la gran demanda de mezclas químicas, debido a las temporadas comerciales de la empresa, lo que de una u otra manera afecta directamente al comportamiento y tendencia del consumo de agua a lo largo de todo el año y de igual forma a la generación de agua residual industrial de la misma.

El balance hídrico del año 2018 es realizado con el fin de estimar los caudales reales para el sistema de tratamiento de aguas residuales. Analizando los meses que han transcurrido durante este año, se observa que el consumo de agua es directamente proporcional a las unidades producidas durante cada mes. Esto permite obtener un valor más exacto del caudal bimestre a bimestre y así establecer la capacidad con la que debe contar la planta de tratamiento.

En la **Figura 7** se muestra el esquema del consumo de agua de la compañía del año en curso, arrojando caudales reales suponiendo un sistema ideal sin pérdidas.

**Figura 7.** Esquema del balance hídrico año 2018.



Teniendo en cuenta lo anterior se puede suponer un caudal a tratar de 30 m<sup>3</sup>/mes, considerando que la operación del sistema de tratamiento se llevará a cabo por semana, se puede asumir un caudal de 7,4 m<sup>3</sup> por semana, sin embargo, con el fin de considerar el crecimiento empresarial de la compañía se toma un caudal de 10 m<sup>3</sup>/semana, el cual será el valor base para el dimensionamiento de los equipos para el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.

#### 4.4 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Para el sistema de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales, es necesario realizar un diagnóstico del estado actual del efluente de la planta de producción, para esto se realiza una caracterización de los parámetros fisicoquímicos de las aguas industriales con la ayuda del Laboratorio Ambiental de Corporación Autónoma Regional (CAR).

Como se mencionó anteriormente para el diagnóstico se considera el estado actual del efluente de la planta de producción, teniendo en cuenta el lavado de canecas que se encuentran almacenadas en la planta. Este parámetro se toma en consideración con el fin de aprovechar las canecas que retornan a la planta sometiéndolas a un proceso de neutralización y lavado.

**4.4.1 Descripción del muestreo.** El muestreo fue realizado por el Laboratorio Ambiental de la CAR, el día 1 de marzo de 2018, siguiendo la documentación técnica del Laboratorio para muestreo y análisis acreditados por él IDEAM<sup>9</sup>, en donde se tomó una muestra puntual de agua residual que se recolectó a lo largo de la semana. Se tomaron los siguientes parámetros *in situ*: Oxígeno Disuelto, Conductividad, Temperatura del Agua, Temperatura del Aire, Caudal y pH, arrojando los resultados descritos en la **Tabla 3**.

**Tabla 3.** Parámetros In Situ.

Número de Muestra	Parámetros In Situ						
	Tipo de Agua	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Conductividad (µS/cm)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura del Aire (°C)	Caudal (l/s)	pH
1160-16	Residual	2,09 ± 0,01	8050 ± 40	17	16,6	*	14

**Fuente:** Informe técnico Laboratorio Ambiental de la CAR.

Citando textualmente el informe de la CAR “Cabe anotar que durante el ejercicio no se evidenció vertimiento, ya que las aguas residuales industriales son almacenadas en un tanque IBC que provienen del lavado de las áreas de producción, elementos de protección personal, canecas y la mezcladora. La muestra se tomó con el fin de conocer la calidad del vertimiento y poder diseñar el tratamiento adecuado. La visita contó con el acompañamiento de las proyectantes Marcela Rodríguez y Carolina Ruiz, quienes indicaron el punto de toma de las muestras.”

Adicionalmente se tomaron los siguientes parámetros para su posterior análisis en el laboratorio: Fisicoquímicos (Aceites y Grasas, Acidez, Alcalinidad, Cloruros, Color, DBO, DQO, Dureza Cálcica, Dureza Total, Fósforo Total, Fosfatos, N. Amoniacal, Nitratos, Nitritos, N. Total, NTK, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos, Sulfatos, Sulfuros, SAAM); Metales (Arsénico, Cobre, Cromo Total, Mercurio, Zinc)<sup>10</sup>.

Para la obtención de esta muestra compuesta durante la semana, se les indicó a los operarios de la planta que el agua utilizada en el lavado de los elementos de protección personal, las áreas y la mezcladora debía ser acopiada en un IBC con una capacidad máxima de 1 m<sup>3</sup>.

Con el fin de calcular la cantidad de agua consumida por semana para estas labores se dispuso un IBC con la misma capacidad, pero con agua potable (**Figura 8**), de esta forma los operarios utilizaron el IBC de agua para realizar el

<sup>9</sup> Informe Técnico de Calidad Hídrica No. 206 del 2018-03-22.

<sup>10</sup> Informe Técnico de Calidad Hídrica No. 206 del 2018-03-22.

lavado de la mezcladora mediante baldes; de igual forma se realizó el lavado de los elementos de protección personal y las áreas.

**Figura 8.** Utilización de IBC con agua potable.



**Figura 9.** IBC de 1m<sup>3</sup> con agua residual resultante de lavados de áreas, canecas, elementos de protección personal y mezcladora.



Para el caso del lavado de áreas como se muestra en las **Figura 10** se utilizó una canaleta para recoger la mayor cantidad de agua y se utilizaron canecas para hacer la recolección de estas aguas, cuando las canecas ocuparan su capacidad máxima, estas canecas son vaciadas al IBC dispuesto en el área de sólidos.

**Figura 10.** Recolección aguas residuales lavado de áreas.



#### 4.5 ANÁLISIS Y RESULTADOS

Una vez realizada la caracterización de las aguas residuales industriales de la planta, las cuales se ejecutaron siguiendo los protocolos de toma de muestra estipulados por la Dirección de Laboratorio e Innovación Ambiental de la CAR, se concluye que se tienen concentraciones por fuera de los límites permisibles dados

por la resolución 631 de 2015 en los parámetros de Aceites y grasas, pH y sólidos suspendidos; parámetros como acidez, alcalinidad, color, DBO, DQO, dureza, fenoles, sólidos sedimentables, entre otros, se encuentran en un rango de concentración permitido por esta resolución. Ver **Tabla 4**.

El concepto emitido y los parámetros analizados por el Laboratorio Ambiental de la CAR se muestran en el **Anexo C**.

**Tabla 4.** Estado actual del agua residual industrial comparado con la resolución 631 de 2015.

Parámetro	Norma 631	Valor Actual	Unidades
<b>Aceites y grasas</b>	25	424	mg AyG/L
<b>Alcalinidad total</b>	Ana. y Rep.	1856	mgCaCo <sub>3</sub>
<b>Color</b>	Ana. y Rep.	10	Unidades Co/Pt
<b>DBO</b>	600	44	mg O <sub>2</sub> /L
<b>DQO</b>	800	787	mg O <sub>2</sub> /L
<b>Fenoles</b>	0,2	<LCT	mg Fenol / L
<b>Dureza Total</b>	Ana. y Rep.	500	mgCaCo <sub>3</sub>
<b>Sulfatos</b>	400	31,83	/Lmg/L
<b>Sólidos Sedimentables</b>	5	<LCM	mL SS/L
<b>Sólidos Suspendidos</b>	200	2970	mg-SST/L
<b>Ph</b>	6,00 - 9,00	10,7	Unidades
<b>Cromo</b>	1	0,7052	mg Cr/L (ppm)
<b>Conductividad</b>		8050	□S/cm

Ver **Anexo C**, en donde se incluyen detalles de la caracterización del agua residual industrial realizado por la CAR.

Al observar los resultados obtenidos en la caracterización de las aguas residuales se evidencia que los parámetros críticos para tener en cuenta para el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales son pH, sólidos suspendidos y aceites y grasas.

Según lo anterior, se puede empezar a plantear alternativas de tratamiento, que logren mitigar los daños ocasionados por el agua residual y finalmente conseguir la licencia ambiental en vertimientos de la empresa.

## 5. ALTERNATIVAS VIABLES PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Para el sistema de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de ASEQUIMICOS SAS, se llevará a cabo un análisis de diferentes tecnologías de tratamiento, en donde mediante una valoración de cada una de estas se determinará cual se ajusta a los requerimientos ambientales y a los objetivos de la empresa.

### 5.1 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Después de conocer el estado actual de las aguas residuales industriales de la empresa, es necesario seleccionar tecnologías de tratamiento las cuales logren eliminar la mayor cantidad posible de carga contaminante.

Se seleccionará una serie de alternativas de tratamiento mediante una revisión bibliográfica, con el fin de determinar cuáles de estas alternativas serán las más adecuadas para el tratamiento de agua residual industrial teniendo en cuenta las consideraciones expuestas por la empresa.

Las posibles tecnologías aplicables para el tratamiento del agua residual de ASEQUIMICOS SAS son.

- **Oxidación avanzada.** Estos procesos tienen por objetivo la eliminación de compuestos solubles no biodegradables, presentes en las aguas residuales. En estos procesos se utilizan agentes oxidantes (Peróxido de hidrogeno Líquido o pre-catalizado granulado), y 3 agentes catalizadores: hierro iónico, sulfato férrico y Dióxido de Titanio; como aporte de energía se utiliza Radiación Ultravioleta con el fin de oxidar compuestos no Biodegradables, nitrificados y otros compuestos que hoy por hoy son unos de los grandes desafíos de las industrias. Este proceso tiene un porcentaje de remoción de aproximadamente 98,90%, lo cual lo convierte en una tecnología eficaz para el tratamiento de aguas residuales industriales que presenten coloración<sup>11</sup>.
- **Osmosis inversa.** Es el movimiento de moléculas a través de una membrana parcialmente permeable porosa, que va de una región de mayor concentración a otra de menor, en esta acción la membrana tiende a igualar las concentraciones en los dos lados<sup>12</sup>.  
En el tratamiento de agua los sólidos disueltos al generar esta presión quedan retenidos en la membrana y sólo pasa el agua. Para lograr este efecto del paso del agua es necesario presurizar el agua a un valor superior

---

<sup>11</sup> Comparación de tecnologías de oxidación investigación en línea disponible en <[http://www.colmayor.edu.co/archivos/nova15artorig31\\_3qfjw.pdf](http://www.colmayor.edu.co/archivos/nova15artorig31_3qfjw.pdf)>

<sup>12</sup> CARBOTECNIA <<https://www.carbotecnica.info/encyclopedia/que-es-la-osmosis-inversa/>>

al de la presión osmótica, puede alcanzarse un porcentaje de remoción de hasta el 97% según las condiciones del agua.

- **Intercambio iónico.** El intercambio iónico es un proceso de tratamiento de agua utilizado generalmente para el ablandamiento o desmineralización del agua. El intercambio iónico describe un proceso químico específico en el que iones disueltos no deseados son intercambiados por otros iones con una carga similar<sup>13</sup>.

Los iones son átomos o moléculas que contienen un número total de electrones que no es igual al número total de protones. Según la afinidad entre los iones sin importar la concentración de dureza, se alcanzan porcentajes de remoción entre el 90 y 100%<sup>14</sup>

- **Electrocoagulación y electroflotación.** Mediante el procedimiento de electrocoagulación, se aplica una diferencia de potencial a unos electrodos metálicos (normalmente aluminio y/o hierro). De esta forma, se produce una rápida desestabilización de los coloides por aplicación eléctrica y disolución de iones metálicos de los electrodos empleados alcanzando valores de porcentajes de remoción superiores a 80%.

Para el caso de la electroflotación, se generan electrolíticamente burbujas de gas en el interior de la suspensión que se unen a las partículas sólidas provocando el ascenso de estas a la superficie. Como las burbujas son muy pequeñas, tienen una elevada superficie específica siendo por tanto muy eficaces para suspensiones de partículas finas.<sup>15</sup>

Cabe aclarar que para cada una de las alternativas se realizará un proceso de floculación/coagulación con el fin de remover el material particulado presente en el agua.

---

<sup>13</sup> Fluence <<https://www.fluencecorp.com/es/que-es-el-intercambio-ionico/>>

<sup>14</sup> Estudio preliminar de la capacidad de remoción de iones inorgánicos investigación en línea disponible en <<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/viewFile/1300/1357>>

<sup>15</sup> LORENZO, Eliet Véliz, et al. Evaluación de la eficiencia de los procesos de coagulación-floculación y ozonización a escala de laboratorio en el tratamiento de aguas residuales municipales. En: REVISTA CENIC CIENCIAS QUIMICAS. 04.vol. 41, no. 1, p. 49-56

## 5.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN

La selección del tratamiento no solo contempla los requerimientos exigidos por la normativa ambiental o los objetivos principales planteados por la compañía y los proyectantes; implica también una serie de criterios los cuales deben evaluarse antes de la toma de una decisión.

La identificación de las alternativas mencionadas para el tratamiento de aguas requirió un análisis de ventajas y desventajas, tomando en consideración los siguientes criterios (Ci):

- Costos Totales.
- Flexibilidad.
- Eficiencia de Remoción.
- Operación Sencilla.
- Área Construcción.

La evaluación de la alternativa se realizó a través de la selección de tecnologías que podrían ser implementadas en la matriz de priorización o matriz de factores, por lo cual fue necesario crear una escala de valores para hacer una estimación y análisis del nivel de importancia, viabilidad y factor ponderado, en donde se obtuvo que.

- Una ponderación (Pi) para cada criterio (Ci)
- Los Rangos de Pi de numeración para evaluar los anteriores criterios fueron:

10 = Mucho más importante.

5 = Más importante.

1 = Igual.

1/5 = Menos importante.

1/10 = Mucho menos importante.

La escala de valores para las matrices de comparación fue:

10 = Mucho mejor.

5 = Mejor.

1 = Igual.

1/5 = Peor.

1/10 = Mucho Peor.

Considerando las calificaciones anteriormente descritas, se debe obtener un rango de calificación (0 – 1) para calificar cada criterio  $C_i$ <sup>16</sup> y generar un factor ponderado<sup>17</sup>:

El mayor puntaje identifica la alternativa con mayor posibilidad de ejecución.

### 5.3 MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

A continuación, en la **Tabla 5** se realiza la comparación y la evaluación de cada uno de los criterios establecidos por las prioridades fijadas en la reunión de un panel de expertos (Ver **Anexo F**) y manifestadas por la compañía respecto al tratamiento de las aguas residuales industriales; todo lo anterior con el fin de desarrollar una matriz de priorización para definir los criterios de selección y evaluar cada una de las alternativas propuestas.

En la matriz de priorización se ponderan los distintos criterios, confrontándolos con los demás. Para ello, y partiendo del eje vertical, se compara el primer criterio con los restantes, asignando el valor más apropiado según la tabla de valores existentes al efecto.

**Tabla 5.** Criterios de selección para el tratamiento de aguas residuales industriales.

CRITERIO	Costos Totales (Ct)	Flexibilidad (FI)	Eficiencia Remoción (ER)	Operación Sencilla (OS)	Área Construcción (AC)	SUMA	Factor Ponderado (FP)	
Costos Totales (Ct)		5	0,2	10	5	20,2	0,39	
Flexibilidad (FI)	1		1	1	0,2	3,2	0,06	
Eficiencia Remoción (ER)	1	10		5	10	26	0,5	
Operación Sencilla (OS)	0,2	0,1	0,2		1	1,5	0,03	
Área Construcción (AC)	0,1	0,1	0,1	1		1,3	0,02	
						<b>TOTAL</b>	<b>52,2</b>	<b>1</b>

<sup>16</sup> Diseño conceptual de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa transportadora escolar Camargo Hermanos S.S. – Tech S.A. ACOSTA DIAZ, Diego Iván. LAVERDE ROJAS, Daniel Felipe. Universidad de América. Bogotá 2017.

<sup>17</sup> KRAJEWSKI, Lee.; RITZMAN, Larry.; MALHOTRA, Manoj.; Administración de operaciones: Procesos y cadenas de valor. 8va edición. México: PEARSON EDUCATION, 2008. p. 431 ISBN: 978-970-26-1217-9.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede afirmar que los criterios más importantes para la selección de tratamiento es la eficiencia de remoción y los costos totales, por otro lado, los criterios de flexibilidad, operación sencilla y área de construcción no son tan significativos, pero se toman en cuenta para el análisis de la matriz.

En la **Tabla 6** se muestra la calificación de los costos totales de cada una de las alternativas dando una calificación más elevada a los costos más bajos, siempre considerando la escala descrita anteriormente.

**Tabla 6.** Calificación para las alternativas respecto a los costos totales.

Costos Totales (Ct)	Floculación/coagulación y oxidación avanzada	Floculación/coagulación y osmosis inversa	Floculación/coagulación e intercambio iónico	Electrocoagulación y electroflotación	SUMA	FP
Floculación/coagulación y oxidación avanzada		10	5	10	25	0,76
Floculación/coagulación y osmosis inversa	5		0,2	0,1	5,3	0,16
Floculación/coagulación e intercambio iónico	1	0,2		0,1	1,3	0,04
Electrocoagulación y electroflotación	1	0,1	0,1		1,2	0,04
				<b>TOTAL</b>	<b>32,8</b>	<b>1</b>

Como se evidencia en la matriz, la implementación de coagulación/floculación e intercambio iónico y electrocoagulación/ electroflotación son las alternativas con mayor costo, mientras que la coagulación/floculación y oxidación avanzada presenta un menor costo.

El procedimiento anterior fue realizado de igual manera para el criterio del porcentaje de remoción, teniendo en cuenta la efectividad de remoción de impurezas deseadas con respecto a los resultados del análisis de laboratorio. En la **Tabla 7**, se muestra la matriz de comparación de la efectividad de remoción para cada una de las alternativas.

**Tabla 7.** Calificación para las alternativas respecto a los porcentajes de remoción.

Eficiencia de Remoción (ER)	Floculación/ coagulación y oxidación avanzada	Floculación/ coagulación y osmosis inversa	/coagulación e intercambio iónico	Electrocoagulación y electroflotación	SUMA	FP
Floculación/coagulación y oxidación avanzada		10	10	10	30	0,61
Floculación/coagulación y osmosis inversa	1		0,2	5	6,2	0,13
Floculación/coagulación e intercambio iónico	0,2	5		1	6,2	0,13
Electrocoagulación y electroflotación	1	1	5		7	0,14
				<b>TOTAL</b>	49,4	1

Según lo anteriormente expuesto, la oxidación avanzada es la mejor opción para la remoción de impurezas mientras que las otras alternativas no se ajustan al porcentaje de remoción deseado.

En la **Tabla 8** se analizan la flexibilidad del proceso, considerando posibles cambios en el mismo según el plan de crecimiento de la empresa.

**Tabla 8.** Calificación para las alternativas según la flexibilidad.

Flexibilidad (FI)	Floculación/coagulación y oxidación avanzada	Floculación/coagulación y osmosis inversa	Floculación/coagulación e intercambio iónico	Electrocoagulación y electroflotación	SUMA	FP
Floculación/coagulación y oxidación avanzada		10	1	10	21	0,85
Floculación/coagulación y osmosis inversa	0,2		1	1	2,2	0,09
Floculación/coagulación e intercambio iónico	0,1	0,2		0,1	0,4	0,02
Electrocoagulación y electroflotación	1	0,1	0,1		1,2	0,05
				<b>TOTAL</b>	<b>24,8</b>	<b>1</b>

Observando los resultados obtenidos en la tabla se puede evidenciar que la oxidación avanzada presenta una mayor flexibilidad en su proceso respecto al intercambio iónico, la osmosis inversa, aunque presenta un valor más representativo respecto a las demás alterativas, no cumple con los planes de crecimiento de la empresa.

En la **Tabla 9**, se muestra la comparación de resultados que se pueden obtener al implementar dichas tecnologías con respecto a la operación de los equipos.

**Tabla 9.** Calificación para las alternativas según la operación sencilla.

Operación Sencilla (OP)	Floculación/coagulación y oxidación avanzada	Floculación/coagulación y osmosis inversa	Floculación/coagulación e intercambio iónico	Electrocoagulación y electroflotación	SUMA	FP
Floculación/coagulación y oxidación avanzada		10	10	10	30	0,86
Floculación/coagulación y osmosis inversa	1		1	1	3	0,09
Floculación/coagulación e intercambio iónico	0,1	1		0,1	1,2	0,03
Electrocoagulación y electroflotación	0,1	0,2	0,2		0,5	0,01
				<b>TOTAL</b>	<b>34,7</b>	<b>1</b>

Se puede establecer que la electrocoagulación/electroflotación, el intercambio iónico y la osmosis inversa presentan una mayor dificultad de operación, mientras que la oxidación avanzada permite una operación más sencilla.

En la **Tabla 10** se presenta la comparación de cada una de las alternativas considerando el área requerida para su implementación, con menor peso para aquella alternativa que requiera un espacio mayor.

**Tabla 10.** Calificación para las alternativas según el área de construcción.

Área Construcción (AC)	Floculación/coagulación y oxidación avanzada	Floculación/coagulación y osmosis inversa	Floculación/coagulación e intercambio iónico	Electrocoagulación y electroflotación	SUMA	FP
Floculación/coagulación y oxidación avanzada		10	10	10	30	0,89
Floculación/coagulación y osmosis inversa	1		1	0,1	2,1	0,06
Floculación/coagulación e intercambio iónico	0,1	0,2		1	1,3	0,04
Electrocoagulación y electroflotación	0,1	0,1	0,1		0,3	0,01
				<b>TOTAL</b>	<b>33,7</b>	<b>1</b>

Se puede establecer que en este criterio la electrocoagulación y electrocoagulación requiere de un mayor espacio para su implementación, de igual forma la osmosis inversa y el intercambio iónico son alternativas poco viables para este criterio. La oxidación avanzada por el contrario es la que menor área requiere para su desarrollo.

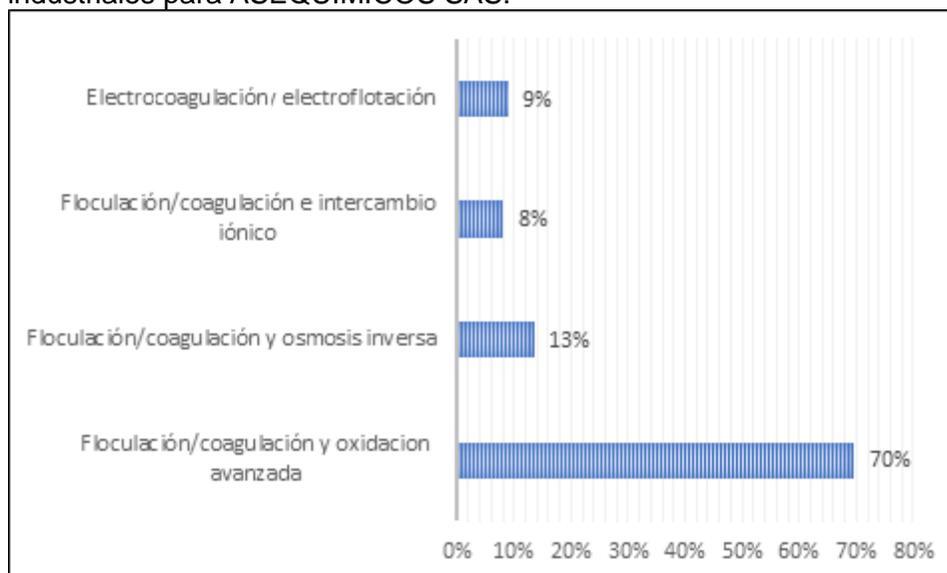
En la **Tabla 11** se especifican las tecnologías que serán implementadas en relación con los criterios de selección que fueron establecidos al inicio del capítulo; en este caso el resultado está dado por la suma total de los factores entre el factor de ponderación (FP) de cada uno de los criterios y el peso de la opción, ambos datos derivados de las matrices anteriormente descritas.

**Tabla 11.** Matriz de comparación de cada una de las alternativas según criterios de selección.

ALTERNATIVA \ CRITERIO	Costos Totales (39%)	Flexibilidad (6%)	Eficiencia Remoción (50%)	Operación Sencilla (3%)	Área Construcción (2%)	PUNTAJE FINAL
Floculación/coagulación y oxidación avanzada	0,76	0,85	0,61	0,86	0,89	70%
Floculación/coagulación y osmosis inversa	0,16	0,09	0,13	0,09	0,06	13%
Floculación/coagulación e intercambio iónico	0,04	0,02	0,13	0,03	0,04	8%
Electrocoagulación y electroflotación	0,04	0,05	0,14	0,01	0,01	9%

De acuerdo con la matriz de comparación planteada y a la calificación obtenida por medio de la evaluación de cada uno de los parámetros de selección, la alternativa menos viable es la tercera opción, con un puntaje total de 8%, esto debido a que no se ajusta a los criterios seleccionados para la viabilidad de tratamiento. La mejor alternativa de tratamiento es la primera, con un puntaje de 70%, es la más eficiente en cada uno de los criterios de selección. En la **Gráfica 2** se muestran los resultados obtenidos de la matriz de factores.

**Gráfica 2.** Calificación de alternativas de Tratamiento de aguas residuales industriales para ASEQUIMICOS SAS.



Según lo anterior, la floculación/coagulación y oxidación avanzada es la alternativa que presenta mayor porcentaje de aplicabilidad para el desarrollo del proyecto en la empresa ASEQUIMICOS SAS.

## 5.4 EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA

Para desarrollar correctamente este capítulo y la evaluación experimental de la alternativa de tratamiento más adecuada de acuerdo con la matriz de priorización, se realiza el tratamiento planteado a nivel laboratorio con el fin de corroborar que la alternativa seleccionada se ajusta a las necesidades establecidas por la empresa ASEQUIMICOS SAS.

**5.4.1 Coagulación - floculación.** Para llevar a cabo este proceso a nivel experimental, se toma una muestra del tanque de almacenamiento en donde actualmente se está recolectando el agua residual industrial de los procesos de lavados, con la cual se realizarán diferentes test de jarras para determinar cuál de las opciones es la más eficaz según las necesidades de la empresa.

Los coagulantes y floculantes seleccionados para llevar a cabo los test son los descritos en la **Tabla 12**.

**Tabla 12.** Descripción de los coagulantes y floculantes utilizados.

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
<b>PAC 103 (Policloruro de Aluminio al 30%)</b>	Coagulante inorgánico a base de sal polimérica de policloruro de aluminio. Tiene bajo peso molecular y mediana basicidad. Se aplica principalmente en procesos de clarificación de agua cruda y potable. Electrolito catiónico efectivo usado durante la coagulación para la desestabilización de emulsiones. Genera buenos resultados en la flotación por aire. Tiene buen efecto en remoción de colores, sólidos suspendidos y turbidez, además de que desempeña un papel de agente activo superficial, gracias a su carácter catiónico.
<b>Sulfato de Aluminio (10%)</b>	Es una sal sólida y de color blanco de fórmula $Al_2(SO_4)_3$ que por sus propiedades fisicoquímicas es utilizada principalmente como agente coagulante y floculante primario en el tratamiento de aguas de consumo humano y aguas residuales. Se caracteriza por agrupar los sólidos suspendidos en el agua y acelerar la sedimentación, contribuyendo a la disminución de la carga bacteriana, así como la remoción del color y sabor.
<b>Asefloc 2800 y 5500 (Hidroxiclورو de Aluminio)</b>	Es un polinuclear de aluminio líquido que se desempeña efectivamente como coagulante inorgánico para aguas tanto potables como residuales. Empleado como coagulante-floculante en clarificación para condiciones de alta turbiedad sin disminuir el pH.

La eficacia de los reactivos utilizados para este proceso se determina mediante la **Ecuación 4**, en donde se determina el porcentaje de remoción para cada una de las pruebas considerando la turbidez.

**Ecuación 4.** Porcentaje de remoción.

$$\% \text{ de Remoción} = \left( \frac{\text{Variable inicial} - \text{Variable final}}{\text{Variable inicial}} \right) \times 100$$

Por medio de múltiples experimentaciones se plantearon las siguientes concentraciones tanto para coagulante como floculante, esto con el fin de obtener los mejores resultados con alguna de las combinaciones para las condiciones del agua industrial resultante de los procesos de lavado en la planta de producción (Ver **Anexo F**). En la **Tabla 13** se muestran las concentraciones más adecuadas para el tratamiento.

**Tabla 13.** Concentraciones propuestas para coagulantes y floculantes.

Concentración Coagulante / floculantes	
Coagulante (ppm)	Floculante (ppm)
10	0,8
15	1,2
20	1,6

#### 5.4.2 Descripción de los equipos utilizados en el test de jarras.

- **Test de Jarras (Orbeco-Hellige Modelo ET-740).** Equipo de análisis que cuenta con 4 puestos y su correspondiente vaso precipitado aforado a 1000mL y un agitador mecánico. La función principal de este equipo consiste en optimizar la adición de la dosis de coagulantes y floculantes utilizando diferentes gradientes de velocidad y tiempos de sedimentación.

**Figura 11.** Equipo utilizado en la prueba de Jarras.



Fuente: ASEQUIMICOS S.A.S.

- **Turbidímetro (Orbeco-Hellige TB200).** Aparato portátil para el análisis de pruebas turbias. Su técnica se basa en la norma DIN EN ISO 7027 – Calidad de agua - Determinación de enturbiamiento (Water Quality – Determination of Turbidity). Debido a sus baterías recargables, se puede utilizar tanto como aparato de laboratorio como en el campo. Las baterías recargables se cargan una vez conectado a la red eléctrica. El reconocimiento automático del campo de medición (Auto Range) permite la determinación directa de enturbiamiento dentro del campo de medición de 0,01 hasta 1100 NTU/NFU.

**Figura 12.** Turbidimetro.



Fuente: ASEQUIMICOS S.A.S.

- **Balanza (Ohaus Pioneer Plus Balances PA224C).** Instrumento de laboratorio utilizado para pesar los reactivos que se encuentran en estado sólido durante el desarrollo experimental. Este instrumento posee características como: indicador de estabilidad, bloqueo de software y menú de reinicio, bloqueos del menú y calibración, indicador de nivel al frente, tara automática, protección mecánica y de software por sobrecarga y carga insuficiente, varios modos de aplicación y unidades, configuraciones de comunicación seleccionables por el usuario, puntos de calibración de extensión seleccionables por el usuario, modo de espera automático, tiempo de calibración de 3 s, legibilidad mínima de 0,1 g.

**Figura 13.** Balanza analítica.



Fuente: ASEQUIMICOS S.A.S.

- **Medidor de pH (Schot Instruments model Lab 850).** Es un instrumento utilizado para medir la acidez o la alcalinidad de las aguas a tratar. La determinación de pH consiste en medir el potencial que se desarrolla a través de una fina membrana de vidrio que separa dos soluciones con diferente concentración de protones. En consecuencia, se conoce muy bien la sensibilidad y la selectividad de las membranas de vidrio durante el pH. Precisión:  $\pm 0,02$  pH /  $\pm 0,8$  °C

**Figura 14.** Medidor de pH en el laboratorio.



Fuente: ASEQUIMICOS S.A.S.

Una vez conocidos los reactivos y equipos necesarios para llevar a cabo el ensayo experimental, se procede a desarrollar el plan de laboratorio.

**5.4.3 Plan de Laboratorio.** Como procedimiento inicial se realizará la medición de turbiedad y pH antes y después de cada test de jarras, con el fin de verificar la eficiencia de remoción de esta prueba.

La toma de la muestra se llevó a cabo el día 2 de abril, en donde se evidencio la carga contaminante de las aguas (Ver **Figura 15**), se debe aclarar que la caracterización inicial del agua descrita en el capítulo 4 fue realizada con una muestra de agua residual tomada en el mes de marzo del presente año, por lo cual las condiciones del agua pueden presentar algunas variaciones como son color, solidos sedimentables y pH, esto debido a los cambios en los procesos productivos realizados en la planta.

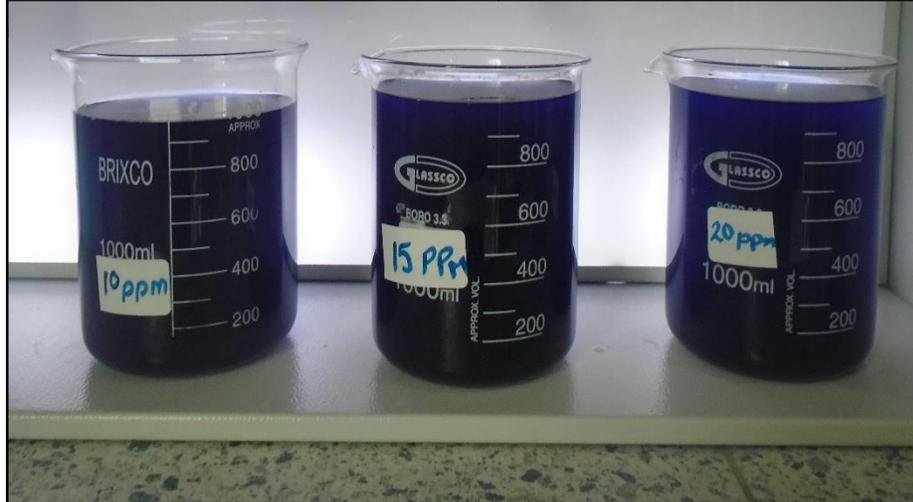
**Figura 15.** Muestra tomada del tanque de almacenamiento.



Fuente: ASEQUIMICOS S.A.S.

En el **Anexo D**, se describe el procedimiento con el cual se llevó a cabo los test de jarras mediante un diagrama de flujo. Para cada uno de los ensayos se tienen en cuenta diferentes dosificaciones, las cuales serán la base para comparar los resultados obtenidos en cada uno de los test de jarras para elegir la mejor alternativa de tratamiento. En la **Figura 16**, se observan las condiciones iniciales del agua.

**Figura 16.** Condiciones iniciales del agua residual industrial.



Fuente: ASEQUIMICOS S.A.S.

**Tabla 14.** Mediciones iniciales del agua residual.

Condiciones iniciales agua residual industrial		
Turbiedad (NTU)	pH	Temperatura °C
241,8	14	16

Debido a la naturaleza básica del agua se ajusta el pH mediante Bisulfato de sodio al 93%  $p/p$  con el objetivo de garantizar la eficacia de los reactivos utilizados para el test de jarras, adicionalmente Las dosis utilizadas de los reactivos en mención se especifican en la **Tabla 14**. Se realizó una réplica para cada una de las dosis, tiempos de sedimentación, toma de pH y toma de turbidez; esto con el fin de tener certeza en la eficiencia del tratamiento. Estas imágenes pueden observarse en el **Anexo E**.

**5.4.4 Selección del Coagulante y/o Floculante.** Teniendo los resultados de la caracterización se puede conocer la naturaleza del agua, por lo cual se eligen diferentes coagulantes y floculantes a diferentes concentraciones, para llevar a cabo los test de jarras usando 1.000 ml de agua residual industrial.

Antes de usar estos reactivos, es necesario ajustar el pH de la muestra con el fin de lograr mejores resultados; por lo cual se utilizan 7g de Bisulfato de Sodio.

- **Prueba 1.** Se realiza la primera prueba utilizando PAC 103 como coagulante y ASEFLOC 5.500 como floculante. Los resultados se reflejan en la **Figura 17** y **Tabla 15**.

**Figura 17.** Test de Jarras – Prueba 1.



Fuente: ASEQUIMICOS S.A.S.

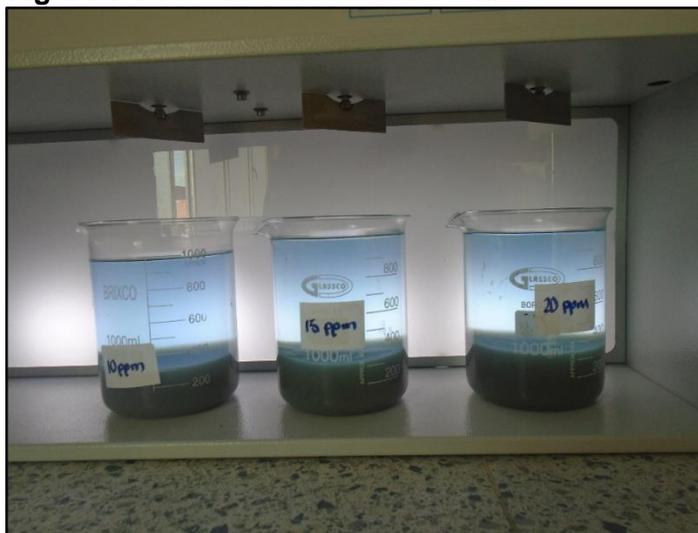
**Tabla 15.** Resultados Prueba 1.

Prueba N° 1			
N° de Jarra	1	2	3
Dosis (ppm)	10	15	20
Tiempos de Sedimentación (min)	75	66	60
Turbiedad final (NTU)	18,66	20,46	30,69
Ph	6,3	5,7	6,3
% Remoción	92,28	91,54	87,30

Se observa que aun cuando se obtienen porcentajes de remoción significativos, no hay presencia de flóculos sino por el contrario existen solidos suspendidos, por lo que no se garantiza la eficiencia de los reactivos utilizados en este tipo de agua.

- **Prueba 2.** Para esta prueba se utiliza únicamente ASEFLOC 5500, ya que al igual que el ASEFLOC 2800, este actúa como coagulante y floculante. Los resultados se reflejan en la **Figura 18** y **Tabla 16**.

**Figura 18.** Test de Jarras – Prueba 2.



Fuente: ASEQUIMICOS S.A.S.

**Tabla 16.** Resultados Prueba 2.

Prueba N° 2			
N° de Jarra	1	2	3
Dosis (ppm)	10	15	20
Tiempos de Sedimentación (min)	65	66	60
Turbiedad Final (NTU)	25,97	20,36	10,22
pH	6,32	6,37	6,98
% Remoción	89,26	91,58	95,77

Se evidencia la formación de flóculos y disminución en los tiempos de sedimentación en relación con la prueba anteriormente descrita. Los valores del pH se encuentran bajo el rango estipulado en la resolución 631 de 2015 (6 – 9 unidades) y los porcentajes de remoción aseguran una eficacia de los reactivos utilizados en la prueba. Sin embargo, se presenta una leve coloración en el agua por lo cual se analizaría un tratamiento de clarificación para el sistema de tratamiento.

- **Prueba 3.** En este caso se utiliza Sulfato de Aluminio como coagulante y ASEFLOC 5.500 como floculante. Los resultados se reflejan en la **Figura 19** y **Tabla 17**.

**Figura 19.** Test de Jarras – Prueba 3.



Fuente: ASEQUIMICOS S.A.S.

**Tabla 17.** Resultados Prueba 3.

Prueba N° 3			
N° de Jarra	1	2	3
Dosis (ppm)	10	15	20
Tiempos de Sedimentación (min)	120	90	70
Turbiedad Final (NTU)	61,57	74,86	56,78
pH	7,55	7,49	7,87
% Remoción	74,54	69,04	76,51

Para esta prueba se evidencia una fuerte presencia de color lo cual dificulta el vertimiento final del mismo, adicionalmente se observa que, aunque se formen flóculos hay una presencia significativa de solidos suspendidos y los porcentajes de remoción son bajos considerando los resultados obtenidos con las pruebas anteriores.

Según los resultados realizados se puede concluir que el mejor tratamiento hasta ahora, considerando porcentajes de remoción, pH y tiempos de sedimentación, son los obtenidos con el ASEFLOC 5.500 a 20 ppm, por lo cual se procede a buscar tecnologías para remover el color.

**5.4.5 Oxidación avanzada.** Una vez obtenidos los resultados experimentales en donde se definen el coagulante – floculante más eficaz y considerando la presencia de color en el agua tratada, se plantea la opción de la oxidación avanzada, que consiste en el uso de oxidantes químicos para generar radicales libres capaces de degradar compuestos no biodegradables. Para dichos procesos

se utiliza peróxido de hidrogeno, ozono, la combinación de ambos e hipoclorito de sodio.

A nivel laboratorio se seleccionó hipoclorito de sodio al 15%  $v/v$  para realizar el proceso de oxidación y remover el color representativo existente en la muestra. Ver **Tabla 18**.

**Tabla 18.** Dosis para eliminar el color en la muestra tratada.

Concentración Reactivo	
Reactivo	Cantidad
Hipoclorito de sodio	0,5 ml

En el laboratorio se realizó el mismo procedimiento del test de jarras anteriormente descrito modificando únicamente la adición de hipoclorito de sodio para simular la oxidación avanzada, obteniendo una eliminación del color en el agua, como se refleja en la figura a continuación.

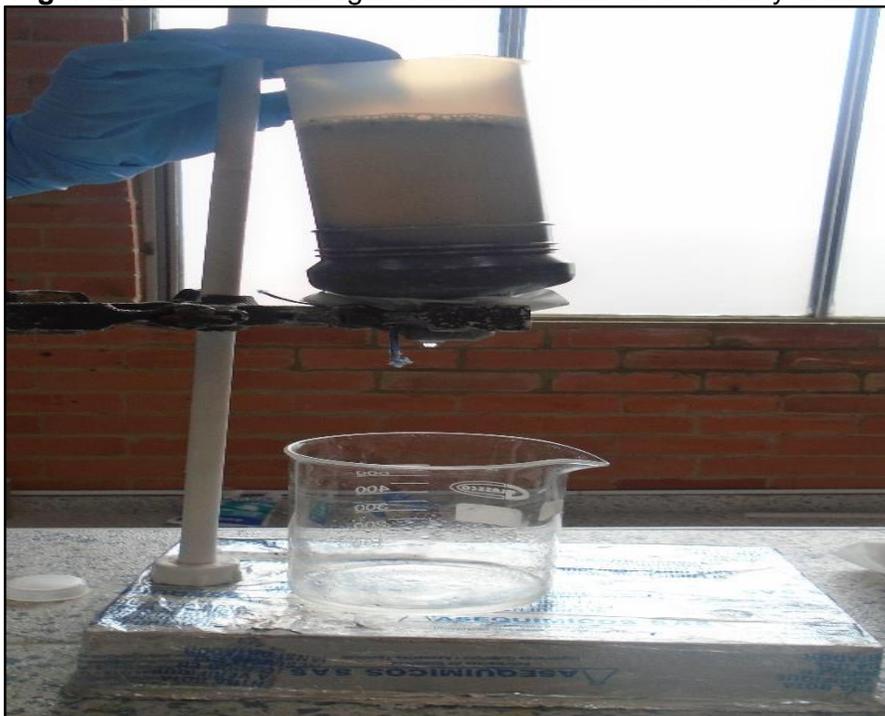
**Figura 20.** Eliminación del color en la muestra de agua tratada.



Fuente: ASEQUIMICOS S.A.S.

Una vez eliminado el color se procede a filtrar la muestra de agua para eliminar los sólidos suspendidos que estén presentes en dicha muestra; esto a través de un filtro elaborado de manera artesanal compuesto por arena y carbón activado. El resultado de este procedimiento se observa en la **Figura 21**.

**Figura 21.** Filtración del agua tratada con carbón activado y arena.



Fuente: ASEQUIMICOS S.A.S.

Después de realizar la filtración se observa que el agua obtenida no presenta olor, color, sólidos sedimentables ni turbidez, sin embargo, como medida preventiva se realiza una caracterización posterior para corroborar que los parámetros críticos descritos anteriormente se encuentren bajo los parámetros permitidos en la resolución 631 de 2015. Estos resultados se muestran en el **Anexo E**.

De igual forma en el laboratorio fueron analizados los parámetros de turbidez y pH, arrojando los resultados finales descritos en la **Tabla 19**.

**Tabla 19.** Resultados de los parámetros finales del agua tratada.

PÁRAMETRO	UNIDADES	RESULTADO
Turbidez	NTU	0,4
pH	Unidades	7,87

Considerando lo anterior se evidencia que la alternativa planteada cumple con los parámetros exigidos según la normativa y adicionalmente con los requerimientos planteados por la empresa, por lo cual se procede a realizar el dimensionamiento de los equipos y posterior análisis de costos.

## 6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

Conociendo los resultados de las pruebas realizadas a nivel laboratorio, es importante realizar el dimensionamiento de equipos de la planta de tratamiento con el fin de cumplir con los parámetros establecidos en la normativa ambiental y de igual forma con los objetivos establecidos a lo largo del proyecto.

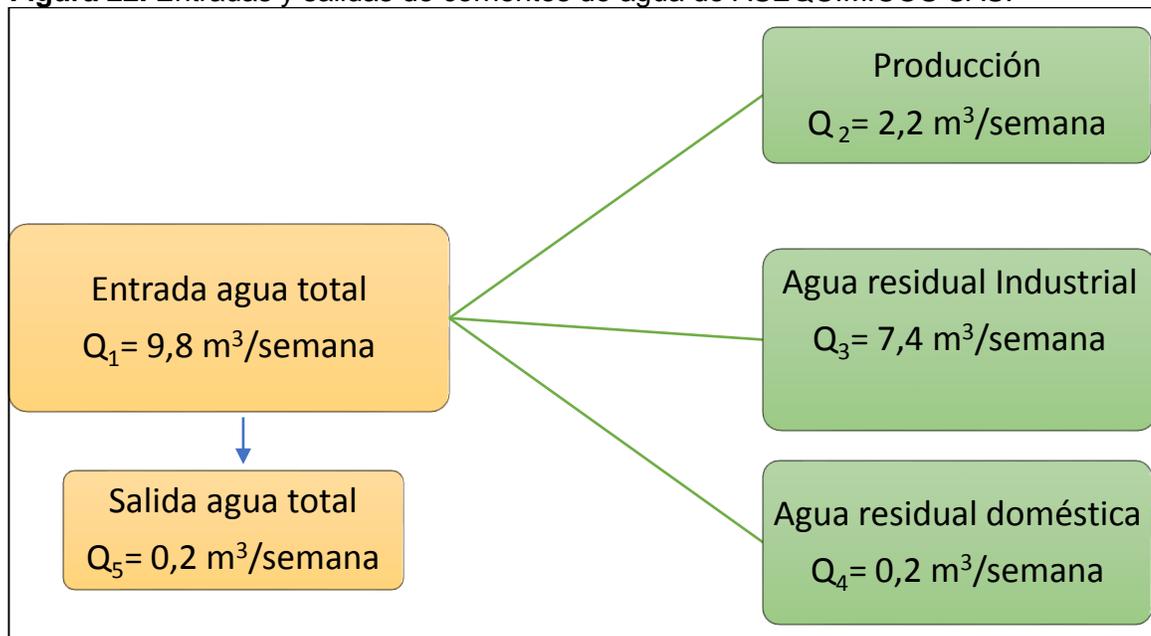
Considerando la alternativa seleccionada se conoce que las operaciones unitarias que se desarrollaran de manera secuencial para el tratamiento de las aguas residuales industriales son: una trampa de grasas, una homogenización con sistema de oxidación, una coagulación – floculación y por último un proceso de filtrado de lecho mixto.

### 6.1 BALANCE DE MASA

El balance de masa se realiza considerando el balance hídrico realizado anteriormente para el sistema de tratamiento.

En la **Figura 22**, se muestran las corrientes de agua de entrada y de salida en donde se refleja el gasto de agua en por  $m^3$  por día de cada segmento.

**Figura 22.** Entradas y salidas de corrientes de agua de ASEQUIMICOS SAS.



Considerando que el flujo másico calculado en el Capítulo 4 estaba determinado en unidad de bimestre, para este capítulo se ajusta el flujo a  $m^3$ /semana. Teniendo en cuenta que los días laborados por los empleados corresponden a 20 días al mes. Este valor es tenido en cuenta para poder calcular la cantidad de agua

consumida por semana. En la **Tabla 20** se especifica la corriente de agua de entrada y en la **Tabla 21** las salidas de corriente de agua.

**Tabla 20.** Entrada de corriente de agua total.

CORRIENTE	PROCESO	CANTIDAD DE AGUA MENSUAL m <sup>3</sup> /mes	CANTIDAD DE AGUA DIARIA m <sup>3</sup> /semana
Q <sub>1</sub>	Registro del acueducto	39	9,8

**Tabla 21.** Salidas de corriente de agua.

CORRIENTE	PROCESO	CANTIDAD DE AGUA MENSUAL m <sup>3</sup> /mes	CANTIDAD DE AGUA DIARIA m <sup>3</sup> /semana
Q <sub>2</sub>	Producción	8,7	2,2
	Agua residual industrial		
Q <sub>3</sub>		29,5	7,4
	Agua residual doméstica		
Q <sub>4</sub>		0,8	0,2

Tomando la corriente de entrada y las corrientes de salida, se determinaron las pérdidas de agua en el sistema.

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= Q_2 + Q_3 + Q_4 \\
 10 \text{ m}^3/\text{semana} &= (2,2 + 7,4 + 0,2) \text{ m}^3/\text{semana} \\
 10 \text{ m}^3/\text{semana} &= 9,8 \text{ m}^3/\text{semana} \\
 \text{Pérdidas} &= 0,2 \text{ m}^3/\text{semana}
 \end{aligned}$$

Según lo anterior se evidencia que el sistema presenta pérdidas despreciables, por lo cual se puede asumir un sistema ideal para el sistema de tratamiento.

Una vez obtenido el balance de masa se realiza un dimensionamiento de los equipos necesarios para la instalación de la PTAR y el diagrama de flujo de proceso PFD.

## 6.2 DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS

Considerando el balance de masa anterior se establecen unas condiciones de operación para la planta de tratamiento de aguas residuales industriales, las cuales se especifican en la **Tabla 22**.

**Tabla 22.** Condiciones de operación de la PTAR.

RANGO (HORAS)	CAUDAL A TRATAR (L/ min)	TIEMPO DE OPERACIÓN
3 - 5 horas	3,8	1 vez a la semana

**6.2.1 Trampa de grasas.** El diseño y dimensionamiento de este equipo se basa en el caudal de diseño, teniendo en cuenta el tiempo de retención, el ancho, la longitud del equipo y el control de olores<sup>18</sup>.

Según la normal RAS-2000 en el capítulo E, título E.3.3.2., el diseño debe realizarse de acuerdo con el caudal del agua residual a tratar, teniendo en cuenta que la capacidad de almacenamiento mínimo expresado en kg de grasa debe ser de por lo menos una cuarta parte del caudal de diseño expresado en litros por minuto. El tanque debe tener 0,25m<sup>2</sup> de área por cada litro por segundo, una relación ancho/longitud de 1:4 hasta 1:18, una velocidad ascendente mínima de 4mm/s. El diámetro de la entrada debe ser de un diámetro mínimo de 50mm y el de la salida por lo menos de 100mm.<sup>19</sup>

En la **Tabla 23** se describen los tiempos de retención y caudales de entrada.

**Tabla 23.** Tiempos de retención y caudales de entrada.

TIEMPO DE RETENCIÓN (minutos)	CAUDAL DE ENTRADA (L/s)
3	2 – 9
4	10 – 19
5	20 o más

Fuente: RAS 2000. Tabla E.3.2 Tiempos de retención hidráulicos.

Teniendo en cuenta la información anterior se puede calcular el área, la longitud, el volumen útil y la profundidad útil del dispositivo de la siguiente manera.

$$\begin{aligned} Caudal_{tratar} &= 10 \frac{m^3}{sem} * \frac{1 sem}{5 días} * \frac{1 día}{9 horas} * \frac{1 h}{3600 s} * \frac{1000 L}{1m^3} \\ Caudal_{tratar} &= 0,07 \frac{L}{s} \approx 4,2 \frac{L}{min} \end{aligned}$$

- **Área.** Para calcular el área del dispositivo se toma como referencia la ecuación indicada en el RAS – 2.000, considerando que el tanque debe tener 0,25 m<sup>2</sup> de área por cada litro por segundo, teniendo que. Ver **Ecuación 5**.

<sup>18</sup> LOZANO RIVAS, W. Antonio; Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá. 2012. p. 63.

<sup>19</sup> SCRIBD. Diseño de trampa de grasas. Disponible en: < <https://es.scribd.com/doc/73150393/33-DISENO-TRAMPA-DE-GRASAS>>

**Ecuación 5.** Área del dispositivo.

$$Area = \frac{4,2 \frac{L}{min} * (0,25m^2)}{60 * 1(\frac{L}{min})}$$
$$Area = 0,018 m^2$$

- **Relación ancho/longitud.** Esta relación debe estar 1:4 hasta 1:18 según el caudal a tratar, en este caso la relación se encuentra en 1:4

**Ecuación 6.** Relación ancho/longitud.

$$ancho = \left(\frac{0,018}{4}\right)^{\frac{1}{2}}$$
$$ancho = 0,068 m$$
$$longitud = ancho * 4$$
$$longitud = 0,27 m$$

- **Volumen útil.** Es el volumen necesario para suplir las demandas y pérdidas de agua durante un periodo determinado de funcionamiento y se calcula de la siguiente manera.

**Ecuación 7.** Volumen útil.

$$V_U = Q * t^{20}$$
$$V_U = 0,07 \frac{L}{s} * 180 s$$
$$V_U = 12,6 L \approx 0,013 m^3$$

Dónde:

$$Q = \text{caudal de entrada L/s} \quad Q = 0,07 \frac{L}{s}$$
$$t = \text{tiempo de retención (min)} \quad t = 3 \text{ min} \approx 180 s$$

- **Profundidad útil.** Se define como la profundidad que existe entre la superficie de construcción del dispositivo y el volumen ocupado por este. Se calcula de la siguiente forma.

---

<sup>20</sup> C. C. Lee, SHUN DAR Lin. Handbook of Environmental Engineering Calculations. Engineering Measurements, Conversiotions. Editorial McGraw-Hill. 2007, p 006.

**Ecuación 8.** Profundidad útil

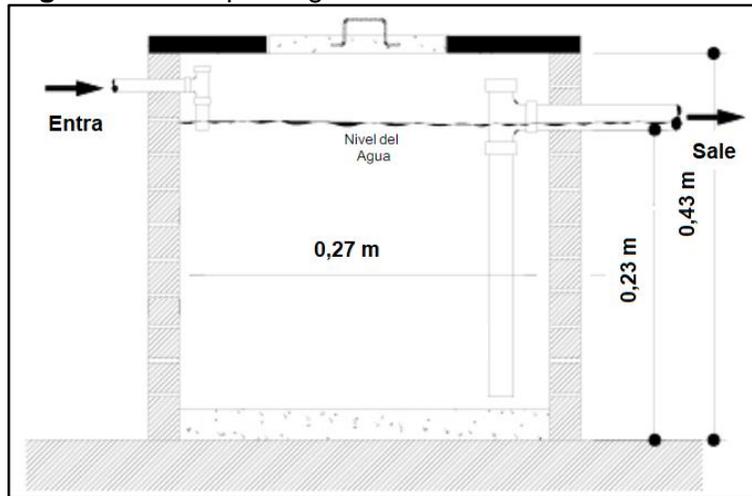
$$P_U = \frac{V_U}{A}$$
$$P_U = \frac{0,013m^3}{0,018 m^2}$$
$$P_U = 0,7 m$$

Considerando las grasas que son arrastradas por el flujo de agua, se estableció una eficiencia del dispositivo de 90% (valor obtenido por el proveedor del dispositivo) que radica en la capacidad de la trampa de grasa, mientras el restante corresponde al porcentaje retenido en tuberías. De igual forma se establece una base de cálculo de 40 m<sup>3</sup> que corresponde al balance hídrico descrito anteriormente en el Capítulo 4. Finalmente se determina el volumen del dispositivo.

**Ecuación 9.** Volumen de la trampa de grasas.

$$V_{Dispositivo} = \text{Capacidad del dispositivo (\%)} * \text{Volumen real}$$
$$V_{Dispositivo} = 0,90 * 10 m^3 = 9 m^3$$

**Figura 23.** Trampa de grasas.



**6.2.2 Tanque de homogenización.** Los tanques de homogenización cumplen un objetivo, que es regular o disminuir los efectos de la variación del flujo o de la concentración de las aguas residuales, mediante tanques de forma arbitraria o irregular. Para la etapa de oxidación avanzada se efectúa una desinfección con hipoclorito de sodio con el objetivo de disminuir las unidades de pH y como efecto colateral se disminuye el color aparente.

Para realizar el dimensionamiento de tanque se dispone de una relación altura-diámetro (h/D) de 1,5 con un factor de seguridad de 15%<sup>21</sup>.

- **Volumen.** Teniendo en cuenta que el volumen producido corresponde a la corriente de salida de la trampa de grasas, el volumen del tanque de homogenización está dado por la siguiente expresión matemática

**Ecuación 10.** Volumen del tanque homogeneizador.

$$V_{tanque} = 9 m^3 + (9 m^3 * 0,15) = 10,35m^3$$

Debido a que los componentes presentes en el agua residual son de carácter corrosivo, el material de elaboración de éste será fibra de vidrio.

- **Diámetro.** Teniendo en cuenta el volumen teórico de un tanque y la relación diámetro/altura, se despeja la variable que corresponde al diámetro con el fin de establecer su dimensionamiento, para ello se utiliza la **Ecuación 7**.

**Ecuación 11.** Volumen de un cilindro.

$$V_{cilindro} = \frac{\pi}{4} * D^3 * h$$

**Ecuación 12.** Diámetro del tanque.

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * V_{tanque}}{1,5 * \pi}} = 2,06 m$$

- **Altura.** Se encuentra definida en la **Ecuación 13**.

**Ecuación 13.** Altura del tanque homogeneizador.

$$h = D * 1,5 \\ h = 2,06 m * 1,5 = 3,1 m$$

- **Diseño del agitador.** Para el diseño del agitador se tienen en cuenta las siguientes consideraciones<sup>22</sup>:

$$\frac{2,06}{d} = 3 \quad y \quad \frac{h}{d} = 1$$

---

<sup>21</sup> ROMERO ROJAS Jairo Alberto. Tratamiento de Aguas Residuales. Teorías y principios de diseño. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. 2008, p. 1090.

<sup>22</sup> ROMERO ROJAS Jairo Alberto. Acuapurificación. Diseño de sistemas de purificación de agua. Editorial escuela colombiana de ingeniería. 1995, p 52-56

Dónde:

- d = diámetro del agitador.
- h = altura del tanque homogeneizador.

Despejando d = 0,69 m y h = 0,69 m se calcula la longitud de la paleta del impulsor por medio de la **Ecuación 14**.

Conociendo lo anterior, se puede determinar que la potencia que acciona el agitador propio del tanque de homogenización está expresada en función de las variables  $\frac{h}{d}$  a través de la **Ecuación 14**.

**Ecuación 14.** Potencia requerida<sup>23</sup>.

$$P = \rho * K * N^3 * d^5$$

Para calcular la velocidad de rotación se hace un estimado de 100 rpm (1,67 rps), por lo que la potencia que acciona el agitador está dada de la siguiente manera, tomando como parámetros teóricos<sup>24</sup> los siguientes.

$$\rho = 1000 \frac{Kg}{m^3}$$
$$K_T = 6,30$$

Dónde:

- $\rho$  = densidad.
- $K_T$  = factor de la geometría del impulsor (turbina, 6 palas planas)<sup>25</sup>.

Definidos estos parámetros es posible calcular la potencia requerida con la **Ecuación 14**.

$$P = \rho * K_T * N^3 * d^5$$
$$P = (1000 \frac{kg}{m^3}) * (6,30) * (1,67 \frac{1}{s})^3 * (0,69 m)^5$$
$$P = 4489,65 W$$

Dónde:

- P = potencia.
- N = velocidad de rotación.

---

<sup>23</sup> Ibid. p. 53.

<sup>24</sup> Ibid.

<sup>25</sup>C. C. Lee, SHUN DAR Lin. Op Cit, p. 0034.

- $d$  = diámetro del agitador.

Considerando una eficiencia del 90%<sup>26</sup> se tiene.

$$P = \frac{4489,65 \text{ W}}{(0,9 * 1000)} = 4,99 \text{ KW}$$

Con estas consideraciones es posible calcular la longitud de la paleta de agitación con la **Ecuación 15**.

**Ecuación 15.** Longitud de la paleta de agitación.

$$r = \frac{d}{4}$$

$$r = \frac{0,69 \text{ m}}{4} = 0,17 \text{ m}$$

Dónde:

- $r$  = longitud de la paleta de agitación<sup>27</sup>.
- $d$  = diámetro del agitador.

Para el cálculo del disco central de la paleta se utiliza la **Ecuación 16**.

**Ecuación 16.** Diámetro del disco central.

$$S = \frac{D}{4} = 0,82 \text{ m}$$

$$S = \frac{2,06 \text{ m}}{4} = 0,52 \text{ m}$$

Dónde:

- $S$  = diámetro del disco central<sup>28</sup>.
- $D$  = diámetro del tanque.

- **Área.** Con los datos anteriormente calculados se halla el valor del área del tanque con la **Ecuación 17**.

---

<sup>26</sup> Ibid. p. 006.

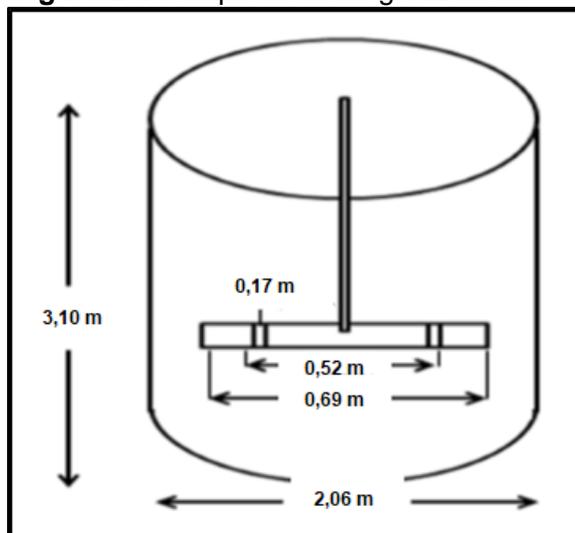
<sup>27</sup> Ibid., p 023.

<sup>28</sup> Ibid., p 023.

**Ecuación 17.** Área del tanque de homogenización<sup>29</sup>.

$$\begin{aligned} \text{Área} &= \frac{\text{Volúmen}}{\text{Altura}} \\ \text{Área} &= \frac{10,35 \text{ m}^3}{3,10 \text{ m}} = 3,34 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

**Figura 24.** Tanque de homogenización.



**6.2.3 Corrector de pH.** Se emplea un dispositivo de corrección de pH por medio de la instalación de sensores medidores de unidades de pH que controlan la administración de una solución de Bisulfato de Sodio por medio de una bomba dosificadora. Dichos sensores ejecutan una inyección de esta solución que neutraliza las unidades de pH presentes en el agua de acuerdo con los parámetros establecidos por la normativa ambiental vigente. La cantidad de Bisulfato de Sodio al 93% (7 gramos por litro de agua) fue determinada en un ambiente de laboratorio controlado a través de un test de Jarras.

Las bombas dosificadoras como se mencionó anteriormente serán usadas para realizar la dosificación de los reactivos (hipoclorito de sodio al 15%  $v/v$  y bisulfato de sodio al 93%  $p/p$ ) al tanque homogeneizador.

- Dosificación del bisulfato de sodio: a nivel experimental se determinó que para neutralizar 1L de agua fue necesario agregar 7g de bisulfato de sodio al 93%, por lo cual se puede calcular la cantidad de reactivo utilizada con la siguiente relación.

---

<sup>29</sup> *Ibíd.*,

$$\frac{7 \text{ g NaHSO}_4}{1 \text{ L H}_2\text{O}} * 9300 \text{ L H}_2\text{O} = 65100 \text{ g} \approx 65,1 \text{ kg NaHSO}_4$$

Por lo tanto, la concentración de bisulfato de sodio utilizada se expresa en la siguiente relación.

$$65,1 \frac{\text{kg NaSO}_4}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} * \frac{1 \times 10^6 \text{ mg}}{1 \text{ kg}} = 65100 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \approx 65100 \text{ ppm}$$

- Dosificación del hipoclorito de sodio al 15%: se repite el procedimiento anterior para calcular la cantidad de hipoclorito de sodio para el proceso de oxidación.

$$\frac{0,5 \text{ mL NaOCl}}{1 \text{ L H}_2\text{O}} * 9300 \text{ L H}_2\text{O} = 4650 \text{ mL} \approx 4,65 \text{ L NaOCl}$$

Para expresar la cantidad en kg se tiene.

$$m = v * \rho \therefore 4,65 \text{ L} * 1,11 \frac{\text{kg}}{\text{L}} = 5,16 \text{ kg}$$

Entonces la concentración de hipoclorito se define de la siguiente manera:

$$20 \frac{\text{kg NaOCl}}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} * \frac{1 \times 10^6 \text{ mg}}{1 \text{ kg}} = 20000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \approx 20000 \text{ ppm}$$

**6.2.4 Clarificador.** El proceso de clarificación permite la reducción de la carga contaminante de las aguas residuales facilitando su concentración en los lodos activados. Su dimensionamiento es similar al tanque de homogenización, por lo que se toman ciertos parámetros de entrada iguales como la altura-diámetro (h/D) de 1,5 con un factor de seguridad de 15%<sup>30</sup>.

- **Volumen.** Se calcula siguiendo el mismo procedimiento del tanque homogeneizador teniendo en cuenta la misma expresión matemática.

**Ecuación 18.** Volumen para un tanque de clarificación.

$$V_{\text{tanque}} = 9 \text{ m}^3 + (9 \text{ m}^3 * 0,15) = 10,35 \text{ m}^3$$

<sup>30</sup> ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales- teoría y principios de diseño. Op. Cit. P.1093.

- **Diámetro.** De forma similar se efectúa el mismo procedimiento para el diámetro del tanque clarificador.

**Ecuación 19.** Diámetro del tanque clarificador.

$$V_{Cilindro} = \frac{\pi}{4} * D^2 * h$$

Dónde:

- D = diámetro del tanque.

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * V_{tanque}}{1,5 * \pi}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * 10,35 \text{ m}^3}{1,5 * \pi}} = 2,06 \text{ m}$$

- **Altura.** De la misma manera se procede a determinar la altura de la estructura.

**Ecuación 20.** Altura del tanque clarificador.

$$h = D * 1,5$$

$$h = 2,06 \text{ m} * 1,5 = 3,1 \text{ m}$$

Dónde:

- D = diámetro del tanque.
- **Sección cónica.** La sección cónica de la parte inferior del tanque se asimila con un triángulo rectángulo por facilidad de su dimensionamiento; así mismo, se procede a tomar un valor de 45° sobre la horizontal<sup>31</sup>. De acuerdo, a lo previamente establecido se procede a establecer el valor del diámetro donde se toma el valor de la tangente.

**Ecuación 21.** Sección cónica del clarificador<sup>32</sup>.

$$\text{Tangente } (\theta) = \frac{\text{Cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}}$$

<sup>31</sup> HERNÁNDEZ ARIZALA diana, LEAL paula. Ingeniería básica de un sistema para el tratamiento de aguas residuales en Cárnicos Rico Jamón. Fundación Universidad de América. Ingeniería Química. Año 2009.

<sup>32</sup> C. C. Lee, SHUN DAR Lin. Op Cit. p. 023

Los grados son expresados en radianes de la siguiente manera.

$$\frac{45 * e^{2,06}}{360} = 0,98 \text{ rad}$$

Para determinar la altura del cono se reemplazan los valores obtenidos en la **Ecuación 22**.

**Ecuación 22.** Altura del cono.

$$\text{Cateto opuesto} = h_{\text{cono}} = \text{Tan}(0,98) * \frac{0,98}{2} = 1,55 \text{ m}$$

Se continúa con el procedimiento para hallar el valor del volumen del cono.

**Ecuación 23.** Volumen del cono<sup>33</sup>.

$$\begin{aligned} \text{Volumen}_{\text{cono}} &= \frac{\pi * r^2 * h_{\text{cono}}}{3} \\ \text{Volumen}_{\text{cono}} &= \frac{\pi * 1,55 * \left(\frac{2,06}{2}\right)^2}{3} = 1,73 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- **Altura total.** Luego de determinar los parámetros del dimensionamiento de la sección cónica se procede a calcular la altura de la parte cilíndrica del tanque y así mismo la altura total.

**Ecuación 24.** Altura cilíndrica total del tanque.

$$\begin{aligned} \text{Volumen}_{\text{cilindro}} &= \text{Volumen}_{\text{tanque}} - \text{Volumen}_{\text{cono}} \\ \text{Volumen}_{\text{cilindro}} &= 10,35 \text{ m}^3 - 1,73 \text{ m}^3 = 8,62 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Se despeja de la **Ecuación 19** la variable que corresponde a la altura, determinando su valor de la siguiente manera.

**Ecuación 25.** Altura del cilindro.

$$\begin{aligned} \text{Altura}_{\text{cilindro}} &= \frac{4 * \text{Volumen}_{\text{cilindro}}}{\pi * D^2} \\ \text{Altura}_{\text{cilindro}} &= \frac{4 * 8,62}{\pi * 2,06^2} = 2,58 \text{ m} \end{aligned}$$

Así mismo los valores totales están dados así:

---

<sup>33</sup> Ibid.

**Ecuación 26.** Altura total del clarificador.

$$\begin{aligned} \text{Altura}_{total} &= \text{Altura}_{cilindro} + \text{altura}_{cono} \\ \text{Altura}_{total} &= 2,58 + 1,55 = 4,13 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Diseño del agitador.** Para el diseño del agitador se tienen en cuenta las siguientes consideraciones<sup>34</sup>:

$$\frac{2,06}{d} = 3 \quad \text{y} \quad \frac{h}{d} = 1$$

Dónde:

- d = diámetro del agitador.
- h = altura del tanque homogeneizador.

Despejando d = 0,69 m y h = 0,69 m se calcula la longitud de la paleta del impulsor por medio de la **Ecuación 22**.

Conociendo lo anterior, se toman las mismas consideraciones utilizadas en el diseño del tanque homogeneizador y tomando los mismos parámetros teóricos.

$$\begin{aligned} \rho &= 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \\ K &= 6,30 \end{aligned}$$

**Ecuación 27.** Potencia requerida para el clarificador.

$$\begin{aligned} P &= \rho * K * N^3 * d^5 \\ P &= \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * (6,30) * \left(1,67 \frac{1}{\text{s}}\right)^3 * (0,69 \text{ m})^5 \\ P &= 4489,65 \text{ W} \end{aligned}$$

Dónde:

- P = potencia.
- $\rho$  = densidad.
- $K_T$  = factor de la geometría del impulsor (turbina, 6 palas planas)<sup>35</sup>.
- N = velocidad de rotación.
- d = diámetro del agitador.

Considerando una eficiencia del 90% se tiene.

---

<sup>34</sup> ROMERO ROJAS Jairo Alberto. Acuapurificación. Op Cit. p. 56.

<sup>35</sup> C. C. Lee, SHUN DAR, Lin. Op Cit. p. 0034.

$$P = \frac{4489,65 \text{ W}}{(0,9 * 1000)} = 4,99 \text{ KW}$$

**Ecuación 28.** Longitud de la paleta de agitación para el tanque clarificador.

$$r = \frac{d}{4}$$

$$r = \frac{0,69 \text{ m}}{4} = 0,17 \text{ m}$$

Dónde:

- r = longitud de la paleta de agitación.
- d = diámetro del agitador.

**Ecuación 29.** Diámetro del disco central para el tanque clarificador.

$$S = \frac{D}{4} = 0,52 \text{ m} \text{ donde } D = 2,06 \text{ m}$$

- **Área.** Finalmente se calcula el área del tanque clarificador que se define se define por la **Ecuación 30.**

**Ecuación 30.** Área total del clarificador.

$$\text{Área} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Altura}}$$

$$\text{Área} = \frac{10,35 \text{ m}^3}{3,1 \text{ m}} = 3,34 \text{ m}^2$$

- **Dosis coagulante/floculante.** Para calcular la cantidad de coagulante - floculante (Asefloc 5500 al 17%  $p/p$ ) se tuvo en cuenta la experimentación realizada en el capítulo 3, donde se identificó que la mejor concentración de coagulante para el tratamiento del agua es de 20 ppm. Con este valor es posible calcular la cantidad de reactivo necesario para tratar el volumen real de tratamiento por medio de la siguiente relación.

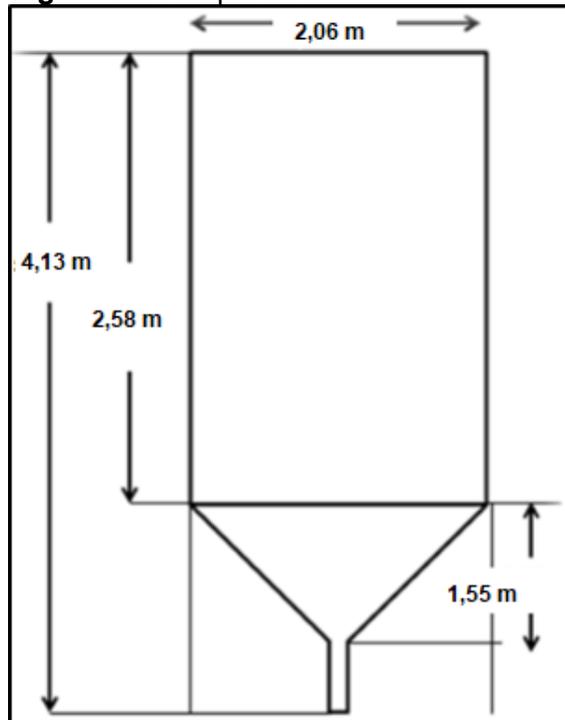
$$20 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * 9300 \text{ L} = 186000 \text{ mg}$$

$$\frac{0,186 \text{ kg}}{1380 \frac{\text{kg}}{\text{L}}} = 1,35 \times 10^{-4} \text{ L} \approx 1,35 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

- **Floc formado.** Para calcular la cantidad de *floc* se utiliza la siguiente relación.

$$\frac{200 \text{ mL}}{1 \text{ L}} * 9300 \text{ L} = 186000 \text{ mL} \approx 1,86 \text{ m}^3$$

**Figura 25.** Tanque de clarificación.



**6.2.5 Filtración de lecho mixto.** Los filtros de lecho mixto son filtros con distintas capas de material filtrante para permitir una calidad correcta de eliminación de partículas, así como de sabores extraños presentes en el agua y originados por la materia en suspensión.

Existen varios tipos de filtros según el material filtrante o su capacidad para retener sólidos de determinados tamaños. En función de esta última clasificación se define la filtración estándar, la microfiltración, la ultrafiltración, la nanofiltración y finalmente la ósmosis inversa de mayor a menor tamaño de corte de partícula.

Una vez conocidas las condiciones del tratamiento del agua residual, se fija como etapa final una filtración tipo estándar. Las características para su diseño se describen a continuación en la **Tabla 24**.

**Tabla 24.** Características para el diseño de los filtros<sup>36</sup>.

	CARACTERÍSTICA	VALOR	
		INTERVALO	TÍPICO
CARBÓN ACTIVADO	Profundidad (cm)	30 a 75	60
	Tamaño efectivo (mm)	0,8 a 2	1,3
	Coefficiente de uniformidad	1,3 a 1,8	1,6
ARENA	Profundidad (cm)	15 a 30	30
	Tamaño efectivo (mm)	0,4 a 0,8	0,65
	Coefficiente de uniformidad	1,2 a 1,6	1,5
	Tasa de filtración (m/d)	120 a 600	300

- **Lecho de carbón activado.** Para el lecho de carbón activado se seleccionó la profundidad y el coeficiente de uniformidad típica expuesta en la anterior tabla (Tabla 24), mientras que el tamaño efectivo se determinó mediante la Ecuación 31.

**Ecuación 31.** Tamaño efectivo para el carbón activado.

$$Tamaño\ efectivo = \frac{2 + 0,8}{2} = 1,4\ mm$$

- **Lecho de arena.** Para el lecho de arena se definieron tanto el tamaño efectivo como la tasa de filtración de los valores típicos expresados en la Tabla 24, mientras que, para la profundidad y el tamaño efectivo, se seleccionaron valores promedio dentro de los rangos establecidos.

**Ecuación 32.** Profundidad efectiva.

$$Profundidad\ efectiva = \frac{30 + 15}{2} = 22,5\ cm$$

**Ecuación 33.** Tamaño efectivo para la arena.

$$Tamaño\ efectivo = \frac{0,4 + 0,8}{2} = 0,6\ mm$$

- **Lecho mixto.** Para el lecho combinado se tomó la suma de los valores obtenidos del lecho de arena y carbón activado.

**Ecuación 34.** Profundidad de lecho combinado.

$$Profundidad_{combinado} = Profundidad_{arena} + Profundidad_{combinado}$$

$$Profundidad_{combinado} = 60\ cm + 22,5\ cm = 82,5\ cm$$

<sup>36</sup> Diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales para Pelikan Colombia SAS. Angie Julieth Cristancho Bello. Andrés Mauricio Noy Ortíz. (publicación en línea) Disponible en: < <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/609/1/1016066121-2016-2-IQ.pdf>>

Así mismo el coeficiente de uniformidad se determina de la misma manera:

**Ecuación 35.** Coeficiente de uniformidad efectivo<sup>37</sup>.

$$\text{Coeficiente de uniformidad efectivo} = \frac{1,6 + 1,5}{2} = 1,55 \text{ mm}$$

Para el diseño del filtro se determina una tasa de filtración de  $120 \frac{m}{\text{día}}$  y un espacio vacío de 20 cm de altura<sup>38</sup>.

El cálculo de la tasa filtración se realizó utilizando los datos de la **Tabla 22**.

**Ecuación 36.** Área de la filtración de partículas<sup>39</sup>.

$$\begin{aligned} \text{Área de filtración} &= \frac{\text{Caudal a tratar}}{\text{Tasa de filtración}} \\ \text{Área de filtración} &= \frac{2,07 \frac{m^3}{\text{día}}}{120 \frac{m}{\text{día}}} = 0,017 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Conociendo este dato, se procede a calcular el valor del volumen del filtro con la **Ecuación 37**.

**Ecuación 37.** Volumen del filtro.

$$\begin{aligned} \text{Volumen del filtro} &= \text{Área} * \frac{h}{D} \\ \text{Volumen del filtro} &= 0,017 \text{ m}^2 * 1,5 \text{ m} = 0,026 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Para calcular el valor del diámetro del filtro, debe tenerse en cuenta la siguiente expresión:

$$D = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Dónde:

- A = área de filtración.

---

<sup>37</sup> C. C. Lee, Shun Dar Lin. Op Cit. p. 0513

<sup>38</sup> NORMA TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO Y POTABILIZACIÓN DEL AGUA. (publicación en línea) Disponible en: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/cd-cagua/normas/lac/13.NIC/02.norma.pdf>>

<sup>39</sup> Diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales para Pelikan Colombia SAS. Op Cit.

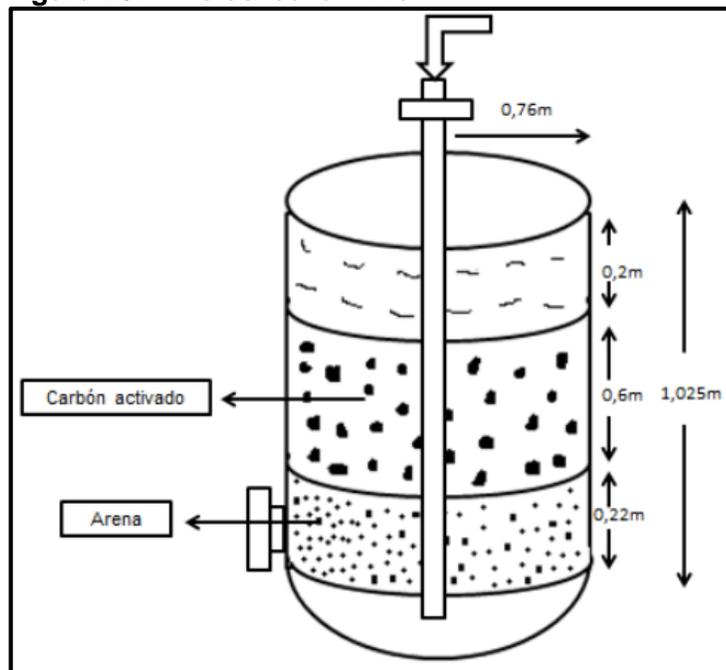
$$D = \sqrt{\frac{0,017m^2}{\pi}} = 0,074 m$$

- **Volumen retenido.** El porcentaje de retención del filtro es del 99%, entonces se tiene.

**Ecuación 38.** Volumen retenido en el filtro.

$$\begin{aligned} \text{Volumen}_{retenido} &= \text{Capacidad}_{dispositivo} * \text{Volumen}_{real} \\ \text{Volumen}_{retenido} &= 0,026 m^3 * 0,99 = 0,026 m^3 \end{aligned}$$

**Figura 26.** Filtro de lecho mixto.



Luego de conocer todas las dimensiones de los equipos que componen la planta de tratamiento, es posible mostrar la distribución final, mediante un diagrama PFD (**Anexo G**), en la **Tabla 25** se describen las ecuaciones de balance por equipo del proceso y en la **Tabla 26** se muestran los flujos totales del proceso.

**Tabla 25.** Ecuaciones de balance por equipo del proceso.

EQUIPO	ECUACION DE BALANCE	FLUJOS	
		FLUJO PARCIAL (m <sup>3</sup> /sem)	FLUJO TOTAL (m <sup>3</sup> /sem)
Trampa de grasas	$F_1 = F_2$	–	10,35
	$F_3 = F_2 * 0,1$	–	1,035
	$F_4 = F_2 * 0,9$	–	9,3
Tanque homogeneizador	$A = \frac{0,007 \text{ kg}}{0,001 \text{ m}^3}$	$2,4 \times 10^{-5}$	–
	$F_5 = A * F_4$	–	$2,4 \times 10^{-5}$
	$B = \frac{0,5 \text{ mL}}{1 \text{ L H}_2\text{O a tratar}}$	$5 \times 10^{-4}$	–
Tanque clarificador	$F_6 = F_4 * B$	–	$4,7 \times 10^{-3}$
	$F_7 = F_4 + F_5 + F_6$	–	9,305
	$C = \frac{20 \text{ mg a sefloc}}{1 \text{ L H}_2\text{O tratada}}$	0,186	–
	$F_8 = F_7 * C$	–	$1,4 \times 10^{-4}$
	$D = \frac{200 \text{ mL floc}}{1 \text{ H}_2\text{O tratada}}$	0,2	–
Filtro de lecho mixto	$F_9 = F_7 * D$	–	1,9
	$F_{10} = F_7 + F_8 - F_9$	–	7,5
	$F_{11} = F_{10} * 0,99$	–	7,4

**Tabla 26.** Flujos del proceso físico.

EQUIPO	CORRIENTE	COMPUESTO	FLUJO TOTAL (m <sup>3</sup> /semana)
Bomba	1	Agua a tratar	10,35
Trampa de grasa	2	Agua a tratar	10,35
	3	Grasas	1,04
	4	Agua a tratar	9,3
Tanque homogeneizador	5	Bisulfato de sodio	$2,4 \times 10^{-5}$
	6	Hipoclorito de sodio	$4,7 \times 10^{-3}$
Tanque clarificador	7	Agua neutralizada y oxidada	9,305
	8	Asefloc	$1,4 \times 10^{-4}$
	9	Lodos	1,9
Filtro de lecho mixto	10	Agua tratada	7,5
	11	Salida de agua tratada	7,4

Teniendo en cuenta los flujos se obtiene un balance global para el sistema, en donde se reflejan unas pérdidas despreciables del mismo que se muestra mediante la siguiente expresión.

$$\begin{aligned} \sum entra &= \sum sale \\ 10,35 \frac{m^3}{semana} &= (7,4 + 1,9 + 1,04) \frac{m^3}{semana} \\ 10,35 \frac{m^3}{semana} &= 10,34 \frac{m^3}{semana} \end{aligned}$$

## 7. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN

En este capítulo se realiza el análisis de costos para la ejecución y puesta en marcha de la planta, teniendo en cuenta parámetros como los costos de inversión y construcción y los costos de operaciones derivados en servicios, mano de obra y contratación de personal capacitado. De esta manera se puede obtener un valor aproximado de la implementación total del proyecto.

### 7.1 COSTOS DE INVERSIÓN

Considerando que la capacidad de la planta no se ajusta a los parámetros convencionales de diseño para algunos de los equipos que existen en la industria, la estimación de los costos de inversión se realiza mediante el valor comercial del material utilizado para la fabricación de dichos equipos. Este es seleccionado de acuerdo con las propiedades mecánicas y su valor comercial en la industria. Para el caso de esta planta, será de tipo compacta, construida en plástico reforzado con fibra de vidrio. El valor de este material por metro cuadrado es de 89 USD/m<sup>2</sup> según la empresa QUIMIRENAS DE COLOMBIA SAS. Teniendo en cuenta este valor, se calcula el valor final de cada equipo y es representado en la **Tabla 27**.

**Tabla 27.** Costos de inversión de los equipos.

EQUIPOS	CANTIDAD	USD	COSTO UNITARIO (COP)	COSTO TOTAL (COP)
Filtro de arena con carbón activado	1	2.634	7.128.000	7.128.000
Tanque de homogenización	1	6.006	16.247.880	16.247.880
Tanque clarificador	1	8.242	22.295.394	22.295.394
Controlador de pH	1		1.950.000	1.950.000
Trampa de grasas	1	720	1.082.000	1.082.000
Lámpara de rayos UV	1	–	1.500.000	1.500.000
Bomba dosificadora	5	–	748.000	748.000
Soplador	1	–	1.200.000	1.200.000
<b>TOTAL</b>				<b>52.151.275</b>

Las cotizaciones de algunos de los equipos se encuentran en el **Anexo H**. El valor aproximado del dólar a la fecha es de 2,705.34 COP/m<sup>2</sup>

## 7.2 COSTOS DE OPERACIÓN

Los costos de operación son los gastos necesarios para operar el proyecto, es decir, los gastos que abarcan las materias primas, consumos de los servicios públicos y los costos de operación o de la mano de obra requerida para el correcto funcionamiento y mantenimiento de los equipos.

Para calcular los costos de la materia prima es necesario conocer el valor total requerido de ésta para el funcionamiento de la planta. Se estima el precio unitario de cada insumo para luego ser expresado de forma mensual y anual. Toda la anterior información se relaciona a continuación en la **Tabla 28**.

**Tabla 28.** Costos de las materias primas utilizadas.

INSUMO	COSTO (COP)	DOSIS MENSUAL (Kg)	DOSIS ANUAL (Kg)	COSTO ANUAL (COP)
<b>Bisulfato de Sodio</b>	1.105	260	3125	3.452.904
<b>Hipoclorito de sodio</b>	875	21	248	216.720
<b>Asefloc 5500</b>	1.216	0,744	9	10.856
<b>TOTAL</b>				<b>3.680.480</b>

- **Costos de los servicios públicos.** El consumo energético se calcula teniendo en cuenta la energía requerida para el funcionamiento de cada uno de los equipos que componen a la planta de tratamiento. Para esto se tiene el valor unitario de la unidad de energía eléctrica (KW) y la potencia necesaria de cada uno de los equipos. Las tarifas de energía eléctrica controladas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas establecen un valor para el sector industrial con contribución no residencial de 555 COP/kW/h<sup>40</sup>. Ver **Tabla 29**.

**Tabla 29.** Costos de servicio energético.

EQUIPO	UNIDADES	CONSUMO (kW/H)	CONSUMO ANUAL (kW/H)	COSTO (COP)	COSTO ANUAL (COP)
<b>Controlador de Ph</b>	1	7,00E-03	60,48	555	33.547
<b>Bomba dosificadora</b>	4	0,056	483,84	555	268.377
<b>TOTAL</b>					<b>301.924</b>

- **Costos de mano de obra.** considerando que la operación de la PTAR es automatizada, se requiere la contratación de un operario, el cual será el

<sup>40</sup> Tarifas de Energía Eléctrica (\$/kW/h) reguladas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (GREG) para marzo de 2018. (en línea). Web <<https://www.codensa.com.co/hogar/tarifas>>.

encargado de controlar y realizar procesos de recepción de insumos y reactivos y ejecutar el mantenimiento preventivo y correctivo de la PTAR. En la **Tabla 30**, se describen los rubros del operario para su contratación. De acuerdo con el PUC<sup>41</sup> el salario mínimo legal vigente en Colombia para el año 2018 es de \$ 781.242 COP.

El tiempo estimado para la operación de la planta es de un año, es decir, ese será el valor de referencia para calcular el costo de la mano de obra.

**Tabla 30.** Mano de obra para un operario con SMLV.

ÍTEM	VALOR MENSUAL (COP)	VALOR ANUAL (COP)
<b>Auxilio de transporte</b>	88.211	1.058.532
<b>Vacaciones<sup>42</sup></b>	32.551	390.612
<b>Cesantías</b>	72.457	869.484
<b>Intereses a las cesantías</b>	8.694	104.328
<b>Prima de servicios</b>	72.574	870.888
<b>Caja de Compensación</b>	31.250	375.000
<b>Salud<sup>43</sup></b>	66.406	796.872
<b>Pensión<sup>44</sup></b>	93.749	1.124.988
<b>ARL</b>	54.400	652.800
<b>TOTAL</b>	<b>520.292</b>	<b>6.243.504</b>

Teniendo en cuenta la tabla anterior, considerando cada uno de los parámetros, se obtiene un costo total de inversión (CAPEX) de **62.151.275 COP** y un costo total de operación (OPEX) de **10.225. 908 COP** Cabe aclarar que los costos de inversión de los equipos y de la materia prima incluyen el IVA.

<sup>41</sup> PLAN UNICO DE CUENTAS. Salario mínimo para el año 2018. (en línea). Web <<https://puc.com.co/2018/01/salario-minimo-2018>>

<sup>42</sup> Salarios y Prestaciones Sociales – Mínimo Legal- Año 2018 – Colombia. (en línea). Web <<http://www.accounter.co/boletines/salarios-y-prestaciones-sociales-minimo-legal-ano-2018-colombia.html>>

<sup>43</sup> Salarios y Prestaciones Sociales – Mínimo Legal- Año 2018 – Colombia. (en línea). Web <<http://www.accounter.co/boletines/salarios-y-prestaciones-sociales-minimo-legal-ano-2018-colombia.html>>

<sup>44</sup> *Ibid.*,

## 8. CONCLUSIONES

- Se realizó una caracterización del agua residual industrial generada en los procesos de lavado de áreas, elementos de protección personal, maquinaria (mezcladora) y canecas en donde se concluyó que dichos vertimientos no cumplen con los parámetros máximos permisibles señalados en la resolución 631 de 2015 para Aceites y Grasas (valor máximo permisible 25 mg AyG/L), Sólidos Suspendedos (valor máximo permisible 200 mg-SST/L) y pH (valor máximo permisible 6,99 – 9,00 Unidades) , los cuales arrojaron un valores de 424 mg AyG/L, 2970 mg-SST/L y 10,1 Unidades respectivamente, por lo cual se fijan como parámetros críticos a tener en cuenta para realizar el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.
- Se considera el balance hídrico con el fin de determinar el posible caudal a tratar en donde se consideró el consumo de agua de los años 2016 – 2017, en donde se discrimina el consumo total de la planta, el agua residual doméstica, las unidades producidas y la salida total de agua residual industrial. De igual forma se analiza el consumo de agua total para enero y febrero del presente año y el gasto de agua por proceso de lavado en donde se obtiene 40 m<sup>3</sup>/ mes de agua residual a tratar y un caudal de 0,1 L/s.
- Se establecen cuatro tecnologías como posibles alternativas de tratamiento: osmosis inversa/coagulación-floculación, oxidación avanzada/ coagulación-floculación, intercambio iónico/coagulación-floculación y Electroflotacion-Electrofloculación, las cuales se consideraron viables para el diseño de la planta, en donde por medio de un panel de expertos se desarrolló una matriz de priorización evaluando los criterios más importantes para seleccionar la alternativa de tratamiento y considerando rangos de selección los cuales abarcan el nivel de importancia establecido por el panel. Una vez obtenido el resultado de la matriz, el cual arrojó como mejor opción la oxidación avanzada se realiza la experimentación a nivel laboratorio de dicha alternativa.
- La experimentación a nivel laboratorio se realizó mediante un test de jarras con el fin de establecer el coagulante y floculante más eficaz, en donde se determinó después de múltiples ensayos (ver anexo F) que el ASEFLOC 5500 a 20 ppm, el cual cumple con ambas funciones, es el más adecuado para el tratamiento, considerando que se trabajó con un volumen máximo de agua de 1L.
- Dentro de la simulación realizada a nivel laboratorio, se observa que la oxidación avanzada es necesaria debido a la presencia de color en el agua residual industrial de la planta de producción de ASEQUIMICOS SAS; para dicha oxidación se utilizó hipoclorito de sodio con una concentración del 15%  $v/v$  como agente oxidante, en donde es evidente la eliminación del color

existente en la muestra. De igual forma se realiza una caracterización final del agua tratada en donde se corrobora que el tratamiento es efectivo para los parámetros que no se estaban cumpliendo según la resolución 631 de 2015: Aceites y Grasas < 1,00 mg/L, Sólidos Suspendidos 173 mg/L y pH 7,87 Unidades

- Se definen las dimensiones de cada uno de los equipos necesarios para el sistema de tratamiento, tales como: trampa de grasas, tanque de homogenización con oxidación avanzada, tanque clarificador y filtro de lecho mixto de carbón activado y arena; de igual forma se establece mediante un diagrama PFD, las condiciones de operación de la PTAR, en donde se especifican las corrientes de entrada y de salida del proceso, el caudal de tratamiento (10,35 m<sup>3</sup> / semana) y finalmente se determina la operabilidad de la PTAR ( proceso batch).
- Se evalúan los costos del proyecto mediante un análisis de costos, involucrando costos de inversión (CAPEX), en donde se considera la inversión e instalación de los equipos los cuales arrojan un valor de y costos de operación (OPEX), evaluando los costos de materia prima, costos de servicios (energía eléctrica) y costos de mano de obra en donde se obtiene un valor de \$ **10.225.908.**

## 9. RECOMENDACIONES

- Considerando los residuos sólidos peligrosos que se generan en la planta de tratamiento de aguas residuales industriales, considerar un plan de manejo de residuos sólidos.
- Monitorear de forma constante las condiciones de operación de la alternativa seleccionada con el objetivo de cumplir con la resolución 631 de 2015, realizando muestreos fisicoquímicos para corroborar la eficiencia de la PTAR durante periodos de tiempo establecidos por la empresa.
- Es necesario que la empresa tenga en cuenta los niveles de producción de acuerdo con la demanda de sus productos debido a que las condiciones del agua pueden variar causando posibles alteraciones en la PTAR, teniendo en cuenta que el desarrollo del sistema es de 10 m<sup>3</sup>/ semana.
- Realizar múltiples pruebas a nivel laboratorio con el fin de corroborar que los reactivos utilizados para el tratamiento del agua residual industrial sean los más adecuados y eficaces considerando las concentraciones de estos.
- Teniendo en cuenta el volumen del agua a tratar, se debe considerar la disposición final de la misma, ya sea para usarla en procesos de lavado o recircular el agua del proceso para otros fines.

## BIBLIOGRAFÍA

ADRI PUTRA, Zulfan. Improve performance and reduce cost of wastewater treatment plants. Revista Hydrocarbon processing. Vol. 94, N° 12, pág. 75-78 2015.

AGUATEC SAS, Tratamiento de agua residual. Disponible en internet < <https://www.aguatec.com.co/tratamiento-de-agua/residual/fisico-quimico>>

ASEQUIMICOS SAS. Planos de la planta de producción, Mosquera – Cundinamarca.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y DE CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá: El instituto, 2008. 110 p.

- - - -. Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 4490. Bogotá: El Instituto, 1998, 12 p.

- - - -. Referencias documentales para fuentes de informaciones electrónicas. NTC 5613. Bogotá: El Instituto, 1998. 8 p

Laboratorio Ambiental de la Corporación Autónoma CAR, Informe de técnico de calidad hídrica y Caracterización de Agua Residual Industrial, Colombia, Cundinamarca, Mosquera, 2018.

PERRY H, Robert. Manual del Ingeniero Químico, Sexta edición, México: McGraw-Hill, 2006.

Propuesta para el aprovechamiento de los vertimientos generados de la planta de tratamiento de aguas residuales de Carulla Vivero; Jorge Stiven Hernández Ramírez, Wilson Hernando Leiton Salamanca; Universidad de América, 2007.

Propuesta para la reutilización del agua residual proveniente del proceso de teñido de telas de la industria COLORTEX SA, Angela Patricia Rodríguez Duarte, Diego Mauricio Sierra Boyacá. Universidad de América, 2010.

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS – 2000, Sector II, Título E TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Disponible en internet <[http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710\\_ras\\_titulo\\_e\\_.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_.pdf)>

Resolución 631 de 2015 “Por la Cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público”

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ¿Cómo funciona?  
Disponible en internet  
<[http://www.interapas.mx/files/cultura\\_del\\_agua/folletos/sistema\\_de\\_tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales.pdf](http://www.interapas.mx/files/cultura_del_agua/folletos/sistema_de_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf)>

Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño. Jairo Alberto Romero Rojas, 2008.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### CERTIFICADO DE LA PARTICIPACIÓN DE ASEQUÍMICOS SAS EN REDES-CAR

Figura 1. Participación de Asequímicos S.A.S. en redes – car.



Figura 1. (Continuación).



## ANEXO B

### VARIABLES FÍSICO – QUÍMICAS MEDIDAS EN EL AGUA RESIDUAL

**Tabla 1.**

Variable	Unidades	Técnica de Medición	Resolución 631 de 2015 (carga menos o igual a 625 Kg/día)
pH	Unidades	Potenciometría	Min 6,00 - Max 9,00
Acidez, Alcalinidad total (AT) y Bicarbonática (AB)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulación	
Ácidos Grasos Volátiles (AGV)	meq/L	Titulación	20
Demanda Química de Oxígeno Total (DQO <sub>T</sub> )	mg/L	Digestión/ Espectrofotometría	90
Demanda Bioquímica de Oxígeno Total (DBO <sub>T</sub> )	mg/L	Oximetría	180
Sólidos totales (ST), Suspendidos Totales (SST) y Disueltos Totales (SD)	mg/L	Gravimetría	90
Sólidos Sedimentables (SS)	ml/L-hora	-	5
Nitrógeno Total (NTK)	mg NTK/L	Digestión/ Titulación	Análisis y Reporte
Fósforo Total (P <sub>total</sub> )	mg P/L	Digestión/ Titulación	Análisis y Reporte
Azufre (S)	mg S/L	Absorción atómica	Análisis y Reporte
Hierro Total (Fe)	mg Fe/L	Absorción atómica	Análisis y Reporte
Níquel (Ni)	mg Ni/L	Absorción atómica	Análisis y Reporte
Zinc (Zn)	mg Zn/L	Absorción atómica	Análisis y Reporte
Sodio (Na)	mg Na/L	Absorción atómica	Análisis y Reporte
Calcio (Ca)	mg Ca/L	Absorción atómica	Análisis y Reporte
Magnesio (Mg)	mg Mg/L	Absorción atómica	Análisis y Reporte
Potasio (K)	mg K/L	Absorción atómica	Análisis y Reporte
Cianuros (CN <sup>-</sup> )	mg CN <sup>-</sup> /L	Absorción atómica	Análisis y Reporte
Fenoles	mg Fenol/L	Absorción atómica	-

**Fuente:** Resolución 631 de 2015.

# ANEXO C

## RESULTADO DE LA CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL REALIZADO POR EL LABORATORIO AMBIENTAL DE LA CAR

Figura 1.



**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA - CAR**  
DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL

INFORME N°: **0297**

CLIENTE: **ARQUIMICOS SAS** Teléfono: **993863 Ext. 103**

PROGRAMA: **USUARIO EXTERNO** Dirección: **Parque Industrial Santo Domingo C-13, Cda. Mosquera Cundinamarca**

Colocación # 099 del día 13 de Febrero de 2018

Solicitado por: **am@arquimicos.com.co**

Elaborado por: **MARCELY GARCIA**

Municipio de muestreo: **MOSQUERA** Comisión de muestreo: **DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL**

Fecha Muestreo: **2018-03-01** **RICARDO MARTINEZ** N° de muestras: **1 DE 1**

Fecha Reporte: **2018-03-22** **MARCELY GARCIA** Plan de muestreo No.: **066**

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N°: **1160-18 TAKQUE (BO) DEPÓSITO MATERIAL FUNDIC** Muestra N°: \_\_\_\_\_

**RESULTADOS ANALISIS AGUA**

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	Método Analítico	Fecha Análisis	LCT / LCM	MUESTRA N°	1160-18	
							0	1
1	Acidez y Alcalinidad**	mg AYL/L	Estaciones Scott (SM 5500 D)	2018-03-01	LCM 11.0	25	421	+/- 32
2	Acidez Total**	mg CaCO3/L	Inserción (SM 2010 B)	2018-03-01	LCM 6.0	Ans. Y Rep.	<LCM	
3	Alcalinidad Total**	mg CaCO3/L	Voluntario (SM 2010 B)	2018-03-01	LCM 6.0	Ans. Y Rep.	1856	+/- 85
11	Color*	Unidades CoPt	Comparación visual (SM 2120 B)	2018-03-01	LCM 3.0	Ans. Y Rep.	1300	+/- 0.1
13	Conductividad de campo*	uS/cm	Electrodo (SM 2510 G)	2018-03-01	LCM		8660	+/- 40
16	DIO*	mg O2/L	Inclusión Total y Filtros de Membrana SM 5215 B, 5200 G	2018-03-01	LCM 2.0		600	+/- 3.4
19	DOO*	mg O2/L	Reflejo Colorido - Colorímetro SM 5220 D	2018-03-01	LCM 70		300	+/- 141
21	Dureza Calcio	mg Ca/L	Calción (SM 2140 B)	2018-03-06	LCT	Ans. Y Rep.	80.0	
24	Dureza Total	mg CaCO3/L	Titración EDTA (SM 2340 C)	2018-03-06	LCT	Ans. Y Rep.	900	
25	Ferros*	mg Fe/L	Coloración Ferro (SM 5030 D) 4-aminocatecol	2018-03-06	LCT	0.01	0.0	<LCT
27	Fósforo Total*	mg P/L	Digestión Ácido - Ácido Ascórbico (SM 4500 F B)	2018-03-06	LCM 0.000	Ans. Y Rep.	0.271	+/- 0.045
28	N-Amónico**	mg N-NH4/L	Coloración Nessler (SM 417 B - Ed 16)	2018-03-02	LCM 0.70		16.215	+/- 0.679
29	N-Total Kjeldahl (NTK)*	mg N-NH4/L	Microdifusión, Destilación y Volatilización (SM 4500 N-H y SM 4500 N-H-C)	2018-03-01	LCM 1.0	Ans. Y Rep.	0.32	+/- 2.3
30	N-Total	mg N/L	Calción (Nitrato + Nitró + NTK)	2018-03-22	LCM		7360	
48	Cloruro**	mg/L	Cromatografía Iónica (EPA 300.1 Rev 1.0) Modificado	2018-03-17	LCM 0.50		1508.05	+/- 233.44
50	Nitrito**	mg/L	Cromatografía Iónica (EPA 300.1 Rev 1.0) Modificado	2018-03-02	LCM 0.50		<LCM	
51	Sulfato**	mg/L	Cromatografía Iónica (EPA 300.1 Rev 1.0) Modificado	2018-03-02	LCM 0.50	400	31.83	+/- 3.76
52	Nitro**	mg/L	Cromatografía Iónica (EPA 300.1 Rev 1.0) Modificado	2018-03-02	LCM 0.50		20.43	+/- 3.24
64	Fosfato**	mg/L	Cromatografía Iónica (EPA 300.1 Rev 1.0) Modificado	2018-03-02	LCM 1.00		<LCM	
60	Oxígeno Disuelto en campo*	mg O2/L	Filtros de membrana (SM 4500 O C)	2018-03-01	LCM		2.09	+/- 0.01
61	pH*	Unidades	Electrodo (SM 4500 H R)	2018-03-01	LCM	5.00 - 9.00	13.7	+/- 0.3
64	Sólidos Suspendidos*	mg SS/L	Voluntario - Criba 60µm (SM 2540 F)	2018-03-02	LCM 0.1	5	<LCM	
60	Sólidos Suspendedos*	mg SST/L	Gravimétrico - Secado a 103-105°C (SM 2540 B)	2018-03-05	LCM 4.0	200	2970	+/- 101
70	Sulfuros*	mg S/L	Voluntario (SM 4500 S - F) Modificado	2018-03-01	LCM 2.0	1	<LCM	
71	Sulfatos	mg SAAM/L	Sulfatos por gravimetría como SAAM (SM 5000)	2018-03-02	LCT 0.10		0.43	
88	Amónico	mg Am/L (ppm)	Digestión ácido nítrico, Espectrofotometría (aplicaciones aceptadas) (EPA 300.7)	2018-03-05	LCT 0.011	0.1	0.0597	
102	Cobre	mg Cu/L (ppm)	Digestión ácido nítrico, Espectrofotometría (aplicaciones aceptadas) (EPA 300.7)	2018-03-05	LCT 0.011	1	0.7062	
103	Cromo total	mg Cr/L (ppm)	Digestión ácido nítrico, Espectrofotometría (aplicaciones aceptadas) (EPA 300.7)	2018-03-05	LCT 0.011	0.5	0.1329	
110	Mercurio	mg Hg/L (ppm)	Digestión ácido nítrico, Espectrofotometría (aplicaciones aceptadas) (EPA 300.7)	2018-03-05	LCT 0.011	0.01	<LCT	
140	Zinc	mg Zn/L (ppm)	Digestión ácido nítrico, Espectrofotometría (aplicaciones aceptadas) (EPA 300.7)	2018-03-05	LCT 0.011		0.1163	

\*\* Sistema validado por la Comisión de Laboratorio Ambiental de la CAR

\* Procedimiento aprobado por resolución DEAM N° 045 de 18 de Septiembre de 2007, N° 004 de 18 de Agosto de 2008, N° 014 de 10 de junio de 2009, N° 023 de Febrero de 2010, N° 2007 de 10 de Diciembre de 2010, N° 270 de 06 de mayo de 2012, N° 3174 de 10 de Febrero de 2013, N° 1540 de 2017

NEL No Representativo

LCT Límite de Cuantificación Técnico

LCM Límite de Cuantificación de Método

VMD Valor Mínimo Detectable

LDR Límite de Detección Instrumental

Protección Ambiental Responsabilidad de todos

Avenida Troncal Occidental #18-76 Centro Empresarial Santo Domingo Manzana C Reseña 13 Mosquera, Cundinamarca www.car.gov.co

Carece: laboratorio@car.gov.co

GAM-FI-76 V24 2018-06-20

Pág. 1 de 2

Figura 2.



**CAR**  
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA - CAR**  
**DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL**

**REPORTE DE RESULTADOS**

Resolución 0631 de 2015 Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y en otras obras de disposición final de residuos y productos químicos.

CONDICIONES AMBIENTALES DE CAMPO			MUESTRAS N°		
CONDICIÓN	UNIDADES	LÍMITE PERMISIVO	1166-18	0	0
Caudal*	m <sup>3</sup> /s	0.40			
Temperatura aguas*	°C	19.0			
Temperatura aire*	°C	16.5			
Eluvia	Si/No	NO			
Tipo de aguas		R			
Tipo de Muestreo*		P			
Hora de toma		08:30:00			
Georreferenciación:	Long (°)	103.2511			
	Latitud (°)	982540			
	Altitud (metros)	2555			
	Error GPS (m)	±1			

VALORES DE LOS ANÁLISIS TOMADOS DE LA RESOLUCIÓN CAR No. 1166 DEL 08 DE AGOSTO DE 2017  
RESULTADOS VALORES AMBIENTE PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS

EL INFORME INCLUYE LAS MUESTRAS No. 1166-18 0 0

LA EMPRESA DE CUMPLIR LA OBLIGACIÓN DE INFORMACIÓN Y RESPONSABILIDAD AMBIENTAL PREVIAMENTE PRESENTADA DE FIRMAS DEL MANEJO  
EL MANTENIMIENTO DE FONDO DEL CARGO QUE LA CUMPLA ADICIONALMENTE PROTECCIÓN AMBIENTAL Y AMBIENTE DEL INSTITUCIONAL PARA EL MANEJO DEL  
EL FONDO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DEL MANEJO AMBIENTAL Y AMBIENTE DEL INSTITUCIONAL PARA EL MANEJO DEL  
AL SER CUMPLIDA LA OBLIGACIÓN DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE LA RESOLUCIÓN 0631 DE 2015 DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y  
AL SER CUMPLIDA LA OBLIGACIÓN DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y AMBIENTE DEL INSTITUCIONAL PARA EL MANEJO DEL

**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ÉSTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DE LA DIRECCIÓN DE LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL.**

**FIRMAS AUTORIZADAS**

*[Firma]*  
Responsable  
Servicio y Atención al Cliente

Elaboró: ING ANDY M. GUTIERREZ M.

*[Firma]*  
Vº. Sr. Director Técnico Dirección de Laboratorio e Innovación Ambiental  
Vº. Sr. Responsable de Calidad

Protección Ambiental Responsabilidad de todos  
Aviriki Troncal Occidente #19-70 Centro Empresarial | Santa Juliana Manizales C. Edoquia 13 Mosquera, Cundinamarca www.car.gov.co  
Correo: laboratorio@car.gov.co

GAM-H-78 V24 2016 02-26

Pág. 2 de 2

Figura 3.



Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca  
Dirección Laboratorio e Innovación Ambiental

**Informe Técnico No. 206 DEL 2018-03-22**  
**DIRECCIÓN LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL**

**Informe Técnico de Calidad Hidrica**

**I. IDENTIFICACIÓN**

Expediente	N.A		
Radicación	Cotización # 089 del día 13 de Febrero de 2018		
Solicitante o Contratador	ASEQUÍMICOS SAS		
Contacto	Carolina Ruiz		
Identificación	N.A		
Domicilio Solicitante	Parque Industrial Santo Domingo G-13, g-14 Mosquera analistasjrcalidad@asequimicos.com.co		
Teléfonos Solicitante	8939803 Ext. 103		
Municipio	Mosquera Cundinamarca		
Vereda	N.A		
Predio	Vertimiento ASEQUIMICOS		
Ubicación	Coordenada: Ver Tabla # 1.		
Cédula Catastral	N.A		
CIU	N.A		
Asunto	Toma de una (1) muestra puntual de Agua Residual en la Empresa ASEQUIMICOS, ubicada en el Municipio de Mosquera Cundinamarca.		
Objetivo	Toma de una (1) muestra compuesta de ocho (8) horas a los vertimientos de la Empresa ASEQUIMICOS SAS, ubicada en el Municipio de Mosquera Cundinamarca.		
Fecha Visita	2018-03-01		
Tipo	Tramite por Decidir	Seguimiento y Control	Evaluación de Documentación
	Permisivo	Permisivo	Permisivo
	Sancionatorio	Sancionatorio	Sancionatorio
	Otro	N.A	

**II. ANTECEDENTES**

El muestreo se realizó mediante cotización # 089 del día 13 de Febrero de 2018, por solicitud de la Empresa ASEQUÍMICOS SAS, quienes solicitaron apoyo de la Dirección de Laboratorio e Innovación Ambiental de la CAR, para la toma de una (1) muestra compuesta de ocho (8) horas a los vertimientos de la Empresa ASEQUIMICOS SAS, ubicada en el Municipio de Mosquera Cundinamarca.

Centro Empresarial Santo Domingo, Manzana C, Bodega 13, Avenida Troncal de Occidente # 18-76  
Mosquera Cundinamarca, Teléfonos: 518 9468 - 315 259 2905 - 315 376 1580  
[www.car.gov.co](http://www.car.gov.co), Email [laboratorio@car.gov.co](mailto:laboratorio@car.gov.co)

GAM-FR-57 V05 2018-01-24

1

Figura 4.



Figura 5.



Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca  
Dirección Laboratorio e Innovación Ambiental

**Informe Técnico No. 206 DEL 2018-03-22**  
**DIRECCIÓN LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL**

**Informe Técnico de Calidad Hídrica**

No se evidencio vertimiento, ya que las aguas vertidas son almacenadas en un tanque (IBC). Estas provienen del lavado de las áreas de producción, lavado de EPP y lavado de la Mezcladora. Por tal motivo no fue posible tomar la muestra compuesta, ni realizar la toma del caudal\*.

La muestra se tomó con el fin de conocer la calidad del vertimiento y poder diseñar el tratamiento adecuado, el cual se encuentra en proyectos.

No se tomó pH, debido a que la comisión de muestreo no contó con el equipo en campo.

La visita contó con el acompañamiento de las ingenieras Marcela Rodríguez y Carolina Ruiz analistas de Calidad de la Empresa ASEQUIMICOS, quienes indicaron el punto de toma de muestra.

Se tomó pH con cinta con un valor de 14 unidades.

Se anexan al presente documento el Informe de Resultados # 0297 del día 22 de Marzo de 2018, correspondiente a las muestras descritas en el presente informe de Campo.

Se tomaron los siguientes parámetros in situ: Oxígeno Disuelto, Conductividad, Temperatura del Agua, Temperatura del Aire y Caudal. **Ver Tabla # 2. Parámetros In Situ.**

- **Parámetros in situ:** Se tomaron los siguientes parámetros.

**Tabla # 2. Parámetros In Situ.**

Número de Muestra	PARÁMETROS IN SITU					
	Tipo de Agua	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Conductividad (µS/cm)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura del Aire (°C)	Caudal (l/s)
1160-18	Residual	2,09 ± 0,01	8050 ± 40	17,0	16,6	*

Adicionalmente se tomaron los siguientes parámetros para su posterior análisis en el laboratorio: Físicoquímicos (Aceites y Grasas, Acidez, Alcalinidad, Cloruros, Color, DBO, DQO, Dureza Cálctica, Dureza Total, Fósforo Total, Fosfatos, N. Amoniacal, Nitratos, Nitritos, N. Total, NTK, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos, Sulfatos, Sulfuros, SAAM); Metales (Arsénico, Cobre, Cromo Total, Mercurio, Zinc).

**IV. EVALUACIÓN DOCUMENTACIÓN TÉCNICA**

Para la toma de muestras y análisis se tienen en cuenta como documentación técnica los procedimientos del Laboratorio para muestreo y análisis acreditados por el IDEAM, para realizar estos muestreos y análisis a agua residual; además para la elaboración del concepto se tuvo en cuenta la Resolución 0631 de 2015 para agua residual vertimientos donde se establecen los parámetros y límites máximos permisibles de estos para descarga a cuerpos de agua superficiales o sistemas de alcantarillado público, Fabricación de sustancias y productos químicos.

Figura 6.



Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca  
Dirección Laboratorio e Innovación Ambiental

**Informe Técnico No. 206 DEL 2018-03-22**  
**DIRECCIÓN LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL**

**Informe Técnico de Calidad Hídrica**

**V. CONCEPTO TÉCNICO**

**Aspectos Generales**

El Laboratorio Ambiental de la CAR, se encuentra acreditado por el IDEAM según resolución No. 0243 del 10 de septiembre de 2007, No. 500 del 18 de Diciembre de 2008 y No. 504 del 18 de Diciembre de 2008, No. 914 del 10 de Junio de 2009, No. 323 del 2010, Resolución 2327 de 2010, por la cual se renueva la acreditación, La Resolución IDEAM 0776 del 08/05/2012 y Resolución 3134 del 13 de Diciembre de 2013 por la cual se renueva y extiende la acreditación del Laboratorio en la matriz Agua, Aire, Suelo y Ruido según norma NTC – ISO – IEC 17025 “Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración”, contamos con procedimientos revisados, aprobados, implementados para toma de muestras en campo, personal calificado y capacitado, Ingenieros y técnicos con experiencia. Los equipos utilizados tanto en el laboratorio como en campo, espectrofotómetros, cromatografos, oxímetro, phmetro, conductímetro, termómetro y equipos de medición de caudal (molinetes y micromolinetes) se les realiza calibración periódica, todos los procesos y procedimientos son validados basados en el Standard Methods y en la Normatividad Nacional vigente.

El Laboratorio cuenta con personal idóneo, competente y calificado, con la suficiente formación académica, con la capacitación necesaria que garantiza la calidad, confiabilidad, confidencialidad y oportunidad de los resultados obtenidos, los equipos utilizados son los más modernos y cuentan con un programa de mantenimiento y calibración adecuado a las necesidades del laboratorio, los reactivos son analíticos, patrones certificados de segundo nivel.

**Concepto**

Muestra tomada el 01/03/2018

- 1160-18 Tanque (IBC) depósito material lavado.

Muestra tomada sobre el punto arriba mencionado y teniendo en cuenta la tabla de resultados analíticos emitida por el Laboratorio Ambiental CAR informe 0297 del 22/03/2018, junto con la resolución 0631 de 2015 para agua residual domestica vertimientos donde se establecen los parámetros y límites máximos permisibles de estos para descarga a cuerpos de agua superficiales o sistemas de alcantarillado público, Fabricación de sustancias y productos químicos, emitido por el Ministerio de Ambiente, podemos concluir:

Muestra 1160-18 tomada en el Tanque (IBC) depósito material lavado, ubicado en el Municipio de Mosquera, encontramos que el recurso aguas residuales en este punto presenta concentraciones por fuera de los límites permisibles dados por la resolución 631/2015 para actividades no contempladas en el presente arriba mencionada en los parámetros Aceites y Grasas, PH y Sólidos Suspendidos; los demás parámetros analizados y que el decreto tiene en cuenta presentan concentraciones por debajo de estos.

El anterior concepto se realiza teniendo en cuenta los parámetros analizados por el laboratorio y los resultados emitidos en la tabla anexa.

Centro Empresarial Santo Domingo, Manzana C, Bodega 13, Avenida Troncal de Occidente # 18-76  
Mosquera Cundinamarca, Teléfonos: 518 9468 - 315 259 2905 - 315 376 1580  
[www.car.gov.co](http://www.car.gov.co) , Email [laboratorio@car.gov.co](mailto:laboratorio@car.gov.co)

4

CAM-FR-5/ V06 2018-01-24

Figura 7.



Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca  
Dirección Laboratorio e Innovación Ambiental

**Informe Técnico No. 206 DEL 2018-03-22**  
**DIRECCIÓN LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL**

**Informe Técnico de Calidad Hídrica**

**VI. RECOMENDACIONES**

Las ya mencionadas en el presente informe.

----- **FIN DEL INFORME** -----

En constancia de lo anterior se firma el presente informe técnico bajo la responsabilidad expresa de quien lo suscribe, a los veintidós (22) días del mes de Marzo del año 2018.

ESTE INFORME ES VÁLIDO PARA LOS MONITOREOS Y/O MEDICIONES REGISTRADOS Y ANALIZADOS SUSCRITOS EN ÉL.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DE LA DIRECCIÓN LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL DE LA CAR

ACREDITADO ISO 17025:2005 - CERTIFICADO CAR N° 14001 (DINAM 14001)

Revisó:   
Servicio al Cliente

  
**ING. EDWIN GIOVANI GARCÍA MÁSMELA**  
Vg. Bo. Director Técnico DLIA

Elaboró: Ing. Angy Melissa Gutierrez Montenegro  
Contratista DLIA

Centro Empresarial Santo Domingo, Manzana C, Bodega 13, Avenida Troncal de Occidente # 18-76  
Mosquera Cundinamarca, Teléfonos: 518 9468 - 315 259 2905 - 315 376 1580  
[www.car.gov.co](http://www.car.gov.co), Email [laboratorio@car.gov.co](mailto:laboratorio@car.gov.co)

GAM-FR-57 V06 2018-01-24 5

Figura 8.



Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca  
Dirección Laboratorio e Innovación Ambiental

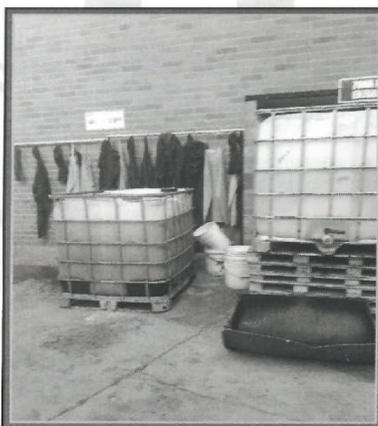
Informe Técnico No. 206 DEL 2018-03-22  
DIRECCIÓN LABORATORIO E INNOVACIÓN AMBIENTAL

Informe Técnico de Calidad Hídrica

ANEXOS

ANEXO 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO

- MUESTRA # 1160-18: Tanque (IBC) depósito material lavado.



Centro Empresarial Santo Domingo, Manzana C, Bodega 13, Avenida Troncal de Occidente # 18-76  
Mosquera Cundinamarca, Teléfonos: 518 9468 - 315 259 2905 - 315 376 1580  
[www.car.gov.co](http://www.car.gov.co), Email [laboratorio@car.gov.co](mailto:laboratorio@car.gov.co)

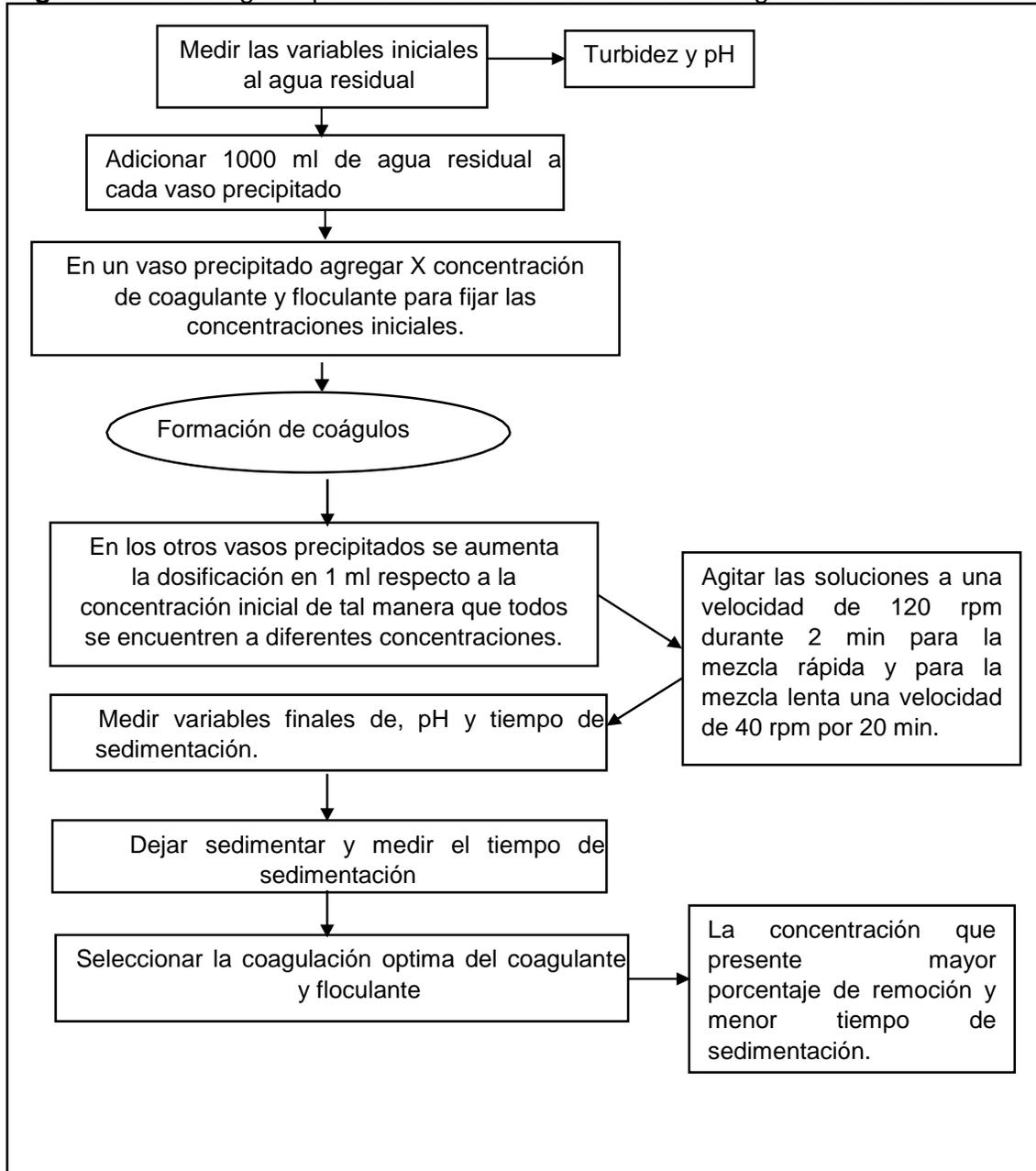
6

GAM-FR-57 V06 2018-01-24

## ANEXO D

### DIAGRAMA METODOLOGÍA EXPERIMENTAL SELECCIÓN DOSIFICACIÓN COAGULANTE FLOCULANTE

Figura 1. Metodología experimental selección dosificación coagulante floculante.



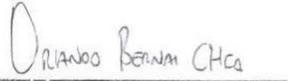
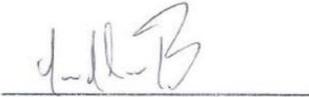
## ANEXO E

# RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN E INFORME TÉCNICO DEL AGUA TRATADA OTORGADO POR EL LABORATORIO BIOTRENDS

**Figura 1.**

F-EC-006 REVISION 01 FECHA DE ACTUALIZACION 02-NOV-2017	<b>INFORME DE ANALISIS</b>					
<b>INFORME DE ANALISIS No. A-18-12973-0</b>						
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> <b>INFORMACION DEL CLIENTE</b>                      CLIENTE: ASEQUIMICOS S.A.S. NIT/CC: 860512596-5                      DIRECCION: Avenida Troncal de Occidente No. 18-76 Parque Industrial Santo Domingo Bodega G 13 G 14                      TELEFONO: 8939803                      MAIL: analistasjrcalidad@asequimicos.com.co                      CIUDAD: MOSQUERA                      CONTACTO: SRA. MARCELA RODRIGUEZ REYES                      CARGO: ANALISTA DE CALIDAD                 </td> <td style="width: 50%; border: none;"> <b>INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO</b>                      LUGAR DE TOMA DE ITEM: N.E                      RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: ASEQUIMICOS S.A.S.                      FECHA DE TOMA DE ITEM: 2018-04-13 HORA: N.E                      FECHA DE RECEPCION: 2018-04-14 HORA: 09:44:00                      FECHA DE ANALISIS: 2018-04-18                      FECHA DE INFORME: 2018-04-18                      METODO DE TOMA DE MUESTRA: G-CM-010                 </td> </tr> </table>			<b>INFORMACION DEL CLIENTE</b> CLIENTE: ASEQUIMICOS S.A.S. NIT/CC: 860512596-5 DIRECCION: Avenida Troncal de Occidente No. 18-76 Parque Industrial Santo Domingo Bodega G 13 G 14 TELEFONO: 8939803 MAIL: analistasjrcalidad@asequimicos.com.co CIUDAD: MOSQUERA CONTACTO: SRA. MARCELA RODRIGUEZ REYES CARGO: ANALISTA DE CALIDAD	<b>INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO</b> LUGAR DE TOMA DE ITEM: N.E RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: ASEQUIMICOS S.A.S. FECHA DE TOMA DE ITEM: 2018-04-13 HORA: N.E FECHA DE RECEPCION: 2018-04-14 HORA: 09:44:00 FECHA DE ANALISIS: 2018-04-18 FECHA DE INFORME: 2018-04-18 METODO DE TOMA DE MUESTRA: G-CM-010		
<b>INFORMACION DEL CLIENTE</b> CLIENTE: ASEQUIMICOS S.A.S. NIT/CC: 860512596-5 DIRECCION: Avenida Troncal de Occidente No. 18-76 Parque Industrial Santo Domingo Bodega G 13 G 14 TELEFONO: 8939803 MAIL: analistasjrcalidad@asequimicos.com.co CIUDAD: MOSQUERA CONTACTO: SRA. MARCELA RODRIGUEZ REYES CARGO: ANALISTA DE CALIDAD	<b>INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO</b> LUGAR DE TOMA DE ITEM: N.E RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: ASEQUIMICOS S.A.S. FECHA DE TOMA DE ITEM: 2018-04-13 HORA: N.E FECHA DE RECEPCION: 2018-04-14 HORA: 09:44:00 FECHA DE ANALISIS: 2018-04-18 FECHA DE INFORME: 2018-04-18 METODO DE TOMA DE MUESTRA: G-CM-010					
<b>IDENTIFICACION DEL ITEM DE ENSAYO</b>						
<b>ITEM DE ENSAYO NO.</b> 18-12973	<b>IDENTIFICACION</b> AGUA RESIDUAL	<b>FABRICANTE Y/O PROVEEDOR</b> N.E				
<b>PRESENTACION DURANTE LA RECEPCION</b> FRASCO DE VIDRIO X 3000 mL-FRASCO DE PLASTICO X 500 mL	<b>CANT.ENTREG.(UN)</b> 4	<b>FECHA DE PROD</b> N.E	<b>FECHA VENC</b> N.E	<b>LOTE</b> N.E	<b>T. MUESTREO</b> N.E	<b>T. RECEPCION</b> 4.0°C
<b>OBSERVACIONES</b>						
<b>TABLA DE RESULTADOS</b>						
<b>PARAMETRO</b>	<b>METODO UTILIZADO</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>ESPECIFICACION</b>	<b>CUMPLIMIENTO</b>	
Grasas y Aceites.	Extracción Líquido-Líquido, Partición - Gravimétrico, SM 5520 B. Acreditado IDEAM.	<11,00**	mg/L	*	NO APLICA	
Sólidos suspendidos totales.	SM 2540 D, Total Suspended Solid Dried at 103-105°C, Ed. 22:2012	173	mg/L	*	NO APLICA	
pH.	Standard Methods 4500-H+ B, Electrometric Method, Ed. 22:2012. Acreditado IDEAM.	7,87	Unidades de pH	*	NO APLICA	
Analizado por: C80						
<b>INTERPRETACION DE RESULTADO</b> "PARA LOS PARAMETROS SOLICITADOS NO EXISTE NORMA DE COMPARACION"						
Observaciones -Los resultados son validos unicamente para el ítem analizado.						
REVISO: DIRECTOR TECNICO				APROBO: GERENTE		
Informe de analisis No. A-1812973-0 Pagina 1 de 2						
Bogota - Av Boyaca No 64F-68. Tels: (571) 4758383 - 7022799 - 2527231 - 2516237. Web. www.biotrendslab.com						

Figura 1. (Continuación).

<p>F-EC-006 REVISION 01 FECHA DE ACTUALIZACION 02-NOV-2017</p>	<p>INFORME DE ANALISIS</p>	
<p>-Este certificado de analisis solo puede ser reproducido integramente y con autorizacion escrita de BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S          -* Parametro no requerido en especificacion          -** Parametro no solicitado por el cliente          -***Limite de cuantificación          Autorizan:  <b>BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S</b></p> <p style="text-align: center; font-size: 2em; opacity: 0.5;">COPIA NO CONTROLADA UNA VEZ IMPRESA</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">   <hr style="width: 100%;"/> <p><b>ORLANDO BERNAL CHIA</b> Jefe de Laboratorio de Físicoquímica</p> </div> <div style="text-align: center;">   <hr style="width: 100%;"/> <p><b>FERNANDO MURCIA</b> Director Técnico FIN DEL INFORME</p> </div> </div>		
<p>BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.</p>		
<p>REVISO: DIRECTOR TECNICO</p>	<p>APROBO: GERENTE</p>	
<p>Informe de analisis No. A-1812973-0 Pagina 2 de 2</p> <p>Bogota - Av Boyaca No 64F-68. Tels: (571) 4758383 - 7022799 - 2527231 - 2516237. Web. <a href="http://www.biotrendslab.com">www.biotrendslab.com</a></p>		

## ANEXO F

### RESULTADOS DE LAS REPLICAS PARA CADA MUESTRA

**Figura 1.** Primera prueba utilizando PAC 103 como coagulante y ASEFLOC 5.500 como floculante.



**Tabla 1.** Resultados prueba 1.

Prueba N° 1			
N° de Jarra	1	2	3
Dosis (ppm)	10	15	20
Tiempos de Sedimentación (min)	75	66	60
Turbiedad Final NTU	18,07	20,12	30,36
Ph	6,2	5,7	6,2
% Remoción	92,21	91,50	87,27

**Figura 2.** Prueba 2 Asefloc 5.500.



**Tabla 2.** Resultados Prueba 2.

Prueba N° 2			
N° de Jarra	1	2	3
Dosis (ppm)	10	15	20
Tiempos de Sedimentación (min)	65	66	60
Turbiedad Final NTU	26,02	20,88	10,97
pH	6,77	6,41	7,02
% Remoción	88,31	90,07	94,87

**Figura 3.** Prueba 3, Sulfato de aluminio como coagulante y Asefloc 5.500 como coagulante.



**Tabla 3.** Resultados Prueba 3.

Prueba N° 3			
N° de Jarra	1	2	3
Dosis (ppm)	10	15	20
Tiempos de Sedimentación (min)	120	90	70
Turbiedad Final NTU	63,21	76,56	58,43
pH	7,88	7,64	7,91
% Remoción	73,28	68,12	75,5

## ANEXO G

### ACTA DE REUNIÓN DE PANEL DE EXPERTOS

Figura 1.

	
ACTA DE REUNION No. 01	
Tema: Criterios matriz de selección para tratamiento de aguas residuales industriales	
Nombre de la reunión: Criterios Matriz de selección.	
Fecha de la reunión: 03/ Abril / 2018	
Lugar de la reunión: ASEQUIMICOS SAS. Sede Bogotá	
Asistentes:	
Gerente. Juan Carlos Duque Gómez Ing Química. Marcela Rodríguez Reyes Ing Química. Paola Carolina Ruiz López Especialista en Automatización Ing. Electrónico. Pelayo Guerra Ing Química. Carolina Hernández	Supervisor de producción. Luis Carlos García Jefe de operaciones. Gilmer Valencia.
Objetivo de la reunión:	
<ul style="list-style-type: none"><li>Identificar la valoración de los criterios de selección la elaboración de la matriz de priorización para el diseño conceptual de la planta de tratamientos residuales.</li></ul>	
Cont. 02 acta de reunión No. 01	

  
FABRICANTES DE QUÍMICOS - INGENIEROS QUÍMICOS - ASESORÍAS TÉCNICAS  
Av. Troncal de Occidente No. 18 - 76 Bodega G13 - G14 • Parque Industrial Santo Domingo, Mosquera - C/Maraca  
PBX: 893 9803 • Website: www.asequimicos.com.co

Figura 1. (Continuación).



#### DESARROLLO DE LA REUNION.

Se hace una revisión de los resultados de la caracterización de las aguas residuales industriales emitidos por la CAR, en donde se fijan los parámetros críticos a tratar, los cuales son:

- Aceites y Grasas
- pH
- Sólidos sedimentables

Con base a lo anterior se plantean los parámetros necesarios para el diseño conceptual de la planta de tratamiento; empezando por definir el caudal de entrada de la planta el cual se calcula teniendo en cuenta el volumen de agua consumido por semana en los procesos de lavado de la planta de producción.

Luego de definir el caudal se establecen los criterios de selección óptimos para la matriz de priorización, en donde se indican los porcentajes de importancia para cada uno de los criterios, dando como resultado:

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| • Costos.                | 50% |
| • Eficiencia de remoción | 30% |
| • Flexibilidad           | 20% |

Dentro de los costos se consideren factores como:

- Área de instalación: La cual debe estar en un rango máximo de 10 m<sup>2</sup>
- Manejo Operativo: Se debe contemplar la mano de obra necesaria para la operación de la planta.
- Mantenimiento: Se debe considerar el costo de los repuestos y/o posible mantenimiento de equipos en caso de que estos presenten alguna falla.

Dichos porcentajes se determinan teniendo en cuenta el propósito de crecimiento ambiental de la compañía.

Una vez obtenidos los criterios y sus respectivos porcentajes de importancia, se establecen una serie de rangos para evaluar uno a uno los parámetros según las alternativas de tratamiento previamente planteadas.

Cont. 03 acta de reunión No. 01

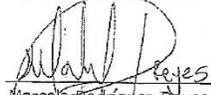
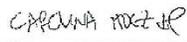
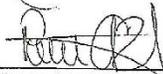


Figura 1. (Continuación).


**ASEQUIMICOS S.A.S.**

<b>Acuerdos y compromisos</b> Se programa una próxima reunión para evaluar la propuesta seleccionada bajo los criterios anteriormente descritos.	
Anexos: <p style="text-align: center;">NINGUNO</p>	
Elaborada por: Marcela Rodríguez Carolina Ruiz	Fecha elaboración: 2 de abril de 2018 Fecha próxima reunión:

 _____ Juan Carlos Duque Gómez Gerente General	 _____ Luis Carlos García Supervisor de Producción
 _____ Pelayo Guerra, Gerencia Comercial AquaGreen SAS.	 _____ Marcela Rodríguez Reyes Ing. Química
 _____ Carolina Hernández Directora Análisis de Aguas.	 _____ Paola Carolina Ruiz López Ing. Química
 _____ Gilmer Valencia, Jefe de Operaciones	

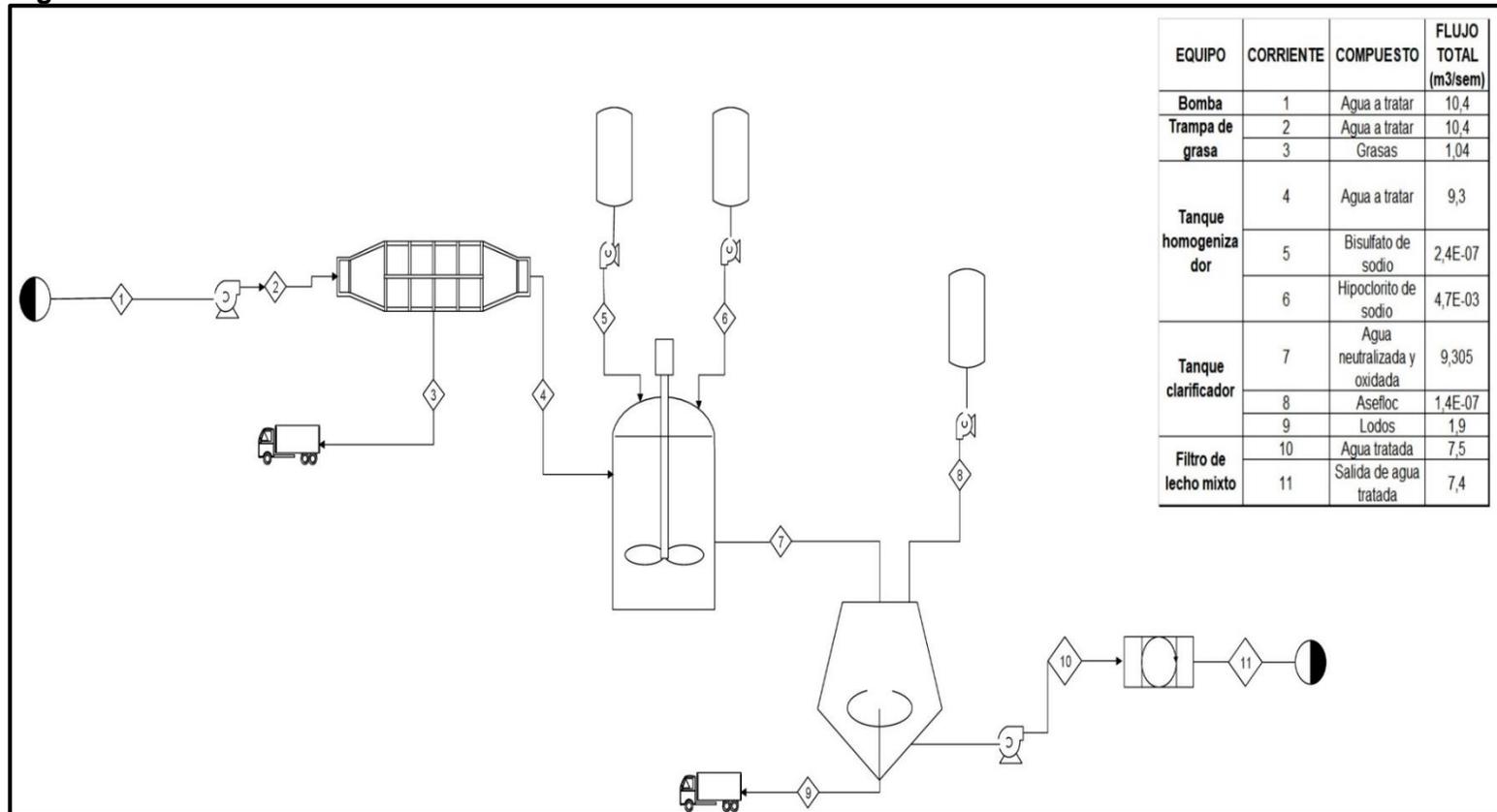


FABRICANTES DE QUÍMICOS - INGENIEROS QUÍMICOS - ASESORÍAS TÉCNICAS  
 Av. Troncal de Occidente No. 18 - 76 Bodega G13 - G14 • Parque Industrial Santo Domingo, Mosquera - C/marca  
 PBX: 893 9803 • Website: www.asequimicos.com.co

## ANEXO H

### DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PFD

Figura 1.



## ANEXO I

### COTIZACIÓN DE LA PROPUESTA DE TRATAMIENTO

Figura 1. Propuesta de tratamiento.

	Propuesta Técnica-Económica DISEÑO, CONTRUCCION, INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PTARnD 0.1 LPS.	Fecha	Originó: AQUAGREEN SAS	<b>OFT-18016</b> <b>ARnD</b>
		04-04-2018		
		Revisión		
		Versión 1.0		

**OFERTA TECNICA Y COMERCIAL DISEÑO Y  
CONTRUCCION PTARnD 0.1 LPS  
PLANTA MOSQUERA-CUNDINAMARCA**

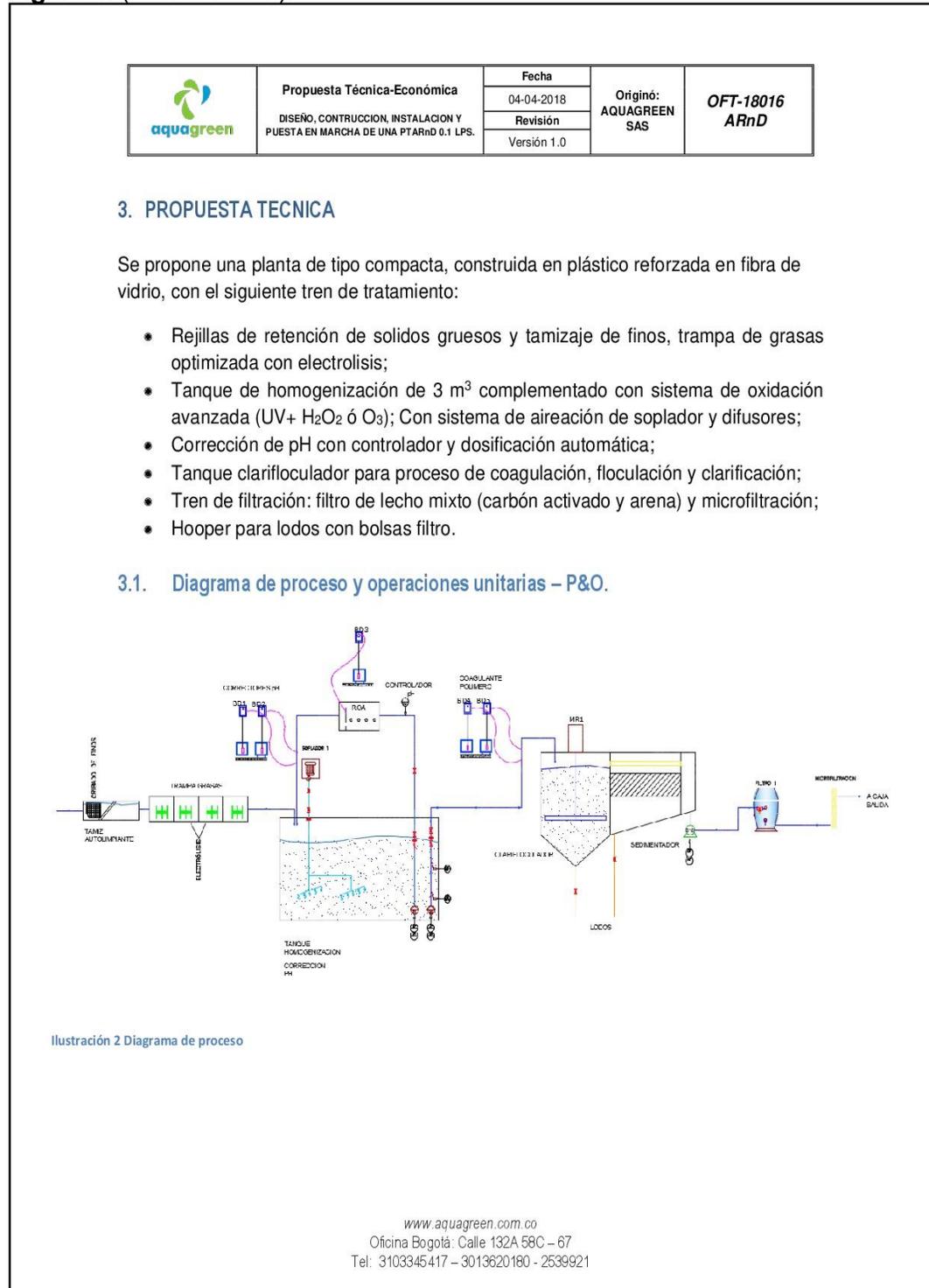
---

ABRIL 2018



www.aquagreen.com.co  
Oficina Bogotá: Calle 132A 58C - 67  
Tel: 3103345417 - 3013620180 - 2539921

**Figura 1. (Continuación).**



**Figura 1. (Continuación).**

	<b>Propuesta Técnica-Económica</b> DISEÑO, CONTRUCCION, INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PTARnD 0.1 LPS.	Fecha	Origenó: <b>AQUAGREEN                  SAS</b>	<b>OFT-18016                  ARnD</b>
		04-04-2018		
		Revisión		
		Versión 1.0		

### 3.2. Ficha técnica sistema de tratamiento integrado

<b>Caudal de diseño (Q)</b>	0.1 litros/segundo.
<b>Eficiencia</b>	>90%
<b>Grado de automatización</b>	Operación Automática en todos los procesos incluyendo la dosificación de insumos, controlado por controlador lógico programable PLC.
<b>Requerimiento de operarios</b>	Para actividades de verificación y control de rutinas de operación diarias.
<b>Control de calidad</b>	Controlador de pH.
<b>Materiales y Tipo de estructura</b>	Unidades en plástico reforzado en fibra de vidrio PRFV. Facilidad para crecimiento modular.
<b>Calidad de los equipos</b>	De alto rendimiento, fácil mantenimiento y de consecución local de repuestos y accesorios.
<b>Área requerida</b>	Máximo 10 m <sup>2</sup> , según localización y replanteo.
<b>Tipo de proyecto</b>	Llave en mano, a punto cero conexiones eléctricas y de las aguas residuales crudas y tratadas.
<b>Sistemas de alarma y/o notificación</b>	Alarmas por sobrecarga de motores, salida de operación, etc.
<b>Tablero de control de equipos</b>	Tablero para equipos con maniobra marca ABB o similar.

Tabla 2 Ficha técnica tratamiento

Figura 1. (Continuación).

	<b>Propuesta Técnica-Económica</b> DISEÑO, CONTRUCCION, INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PTARnD 0.1 LPS.	<b>Fecha</b> 04-04-2018	<b>Originó:</b> AQUAGREEN SAS	<b>OFT-18016</b> <b>ARnD</b>
		<b>Revisión</b>		
		Versión 1.0		

#### 4. MODELACION TRATAMIENTO

Se corre el tren de tratamiento propuesto en software de modelación STOAT para verificar eficiencia matemática del tratamiento. En la modelación se observa que se tiene una eficiencia mayor al 90% entre los parámetros de entrada contra salida.

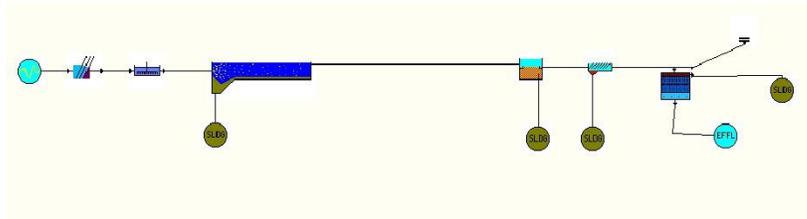


Ilustración 3 Tren de tratamiento modelado

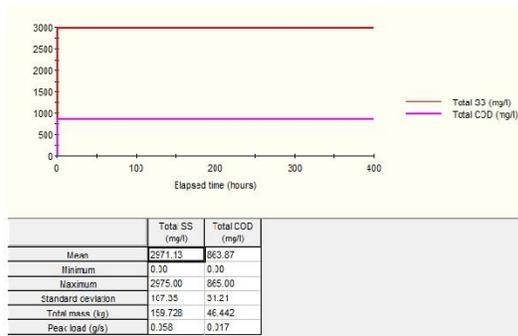


Ilustración 4 Cargas de entrada modelación

Figura 1. (Continuación).

	<b>Propuesta Técnica-Económica</b> DISEÑO, CONTRUCCION, INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PTARnd 0.1 LPS.	Fecha	Originó: <b>AQUAGREEN SAS</b>	<b>OFT-18016</b> <b>ARnd</b>
		04-04-2018		
		Revisión		
		Versión 1.0		

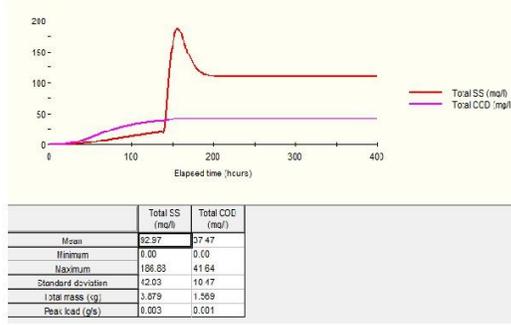


Ilustración 5 Cargas salida modelación

## 5. ALCANCE DE LA OFERTA

- a. Diseño, construcción, suministro, instalación y puesta en marcha de la planta fabricada en PRFV, con sus equipos y sistemas asociados;
- b. Manual de operación y mantenimiento de la ptard, memorias técnicas de ingeniería y levantamiento de planos según requerimientos de la autoridad ambiental;
- c. Realización de 1 muestreo fisicoquímico para confirmar las eficiencias ofrecida;
- d. NO incluye obras de ampliación del cuarto técnico ni refuerzos de pisos, placas, etc.

## 6. PROPUESTA COMERCIAL

El valor de la presente oferta para el diseño y construcción de 1 planta de tratamiento de aguas residuales no domésticas, con capacidad de 0,1 litros/segundo, y que incluye lo descrito en el alcance de la oferta asciende a la suma de **NOVENTA Y CUATRO MILLONES DE PESOS (\$94.000.000) M/CTE** más IVA.

## 7. GARANTIAS

- a. Cubrimiento con pólizas que requiera el cliente;

[www.aquagreen.com.co](http://www.aquagreen.com.co)  
 Oficina Bogotá: Calle 132A 58C - 67  
 Tel: 3103345417 - 3013620180 - 2539921

**Figura 1. (Continuación).**

	<b>Propuesta Técnica-Económica</b> DISEÑO, CONTRUCCION, INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PTARnD 0.1 LPS.	<b>Fecha</b>	<b>Originó:</b> <b>AQUAGREEN</b> <b>SAS</b>	<b>OFT-18016</b> <b>ARnD</b>
		04-04-2018		
		<b>Revisión</b>		
		Versión 1.0		

- b. De un (1) año por defectos de fábrica de equipos, no incluye daños por mala operación.

#### **8. FORMA DE PAGO**

- 50% del valor del contrato con la orden de servicio;
- 30% del valor del contrato contra entrega de las estructuras y equipos al sitio de instalación;
- 15% del valor del contrato al montaje y puesta en marcha del sistema de tratamiento;
- 5% restante a la confirmación de las eficiencias por medio de laboratorio acreditado.

#### **9. TIEMPO DE EJECUCIÓN**

**Dos (2) meses** contados a partir del DESEMBOLSO del 50 % del valor del contrato.

Figura 1. (Continuación).

ITEM	MARCA	MODELO	DESCRIPCION	U.M.	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
BOMBA	BARNES	AE 1.5 10-1	SUCCION:1 1/2"; DESCARGA: NPT 1 1/2"; IMPULSOR: NPT 4,785"; ETAPAS: 1; Hmax(mca): 24; Qmax(gpm): 68; Potencia (hp): 1.0; Fases: 1; V: 110/220	UN	1.00	\$ 841,500.00	\$ 841,500.00
BOMBA	PEDROLLO	TOP VORTEX	Monofásica; Potencia: 0.37 kW / 0.5 HP; Q (l/m): 20 ÷ 180; H (mca): 6.5 ÷ 1.5; Descarga: 1 1/4"	UN	3.00	\$ 672,000.00	\$ 2,016,000.00
BOMBA DOSIFICACION	SEKO	KOMPACT AMM 200	Caudal: 5 l/h @ presión máxima descarga de 8 bar (116 PSI); Caudal: 3 l/h @ presión máxima descarga de 10 bar (145 PSI); Frecuencia máxima: 160 impulsos/minuto.; Alimentación eléctrica: 100 a 240 VAC @ 60Hz monofásica;Consumo: 14 W.	UN	5.00	\$ 748,000.00	\$ 3,740,000.00
CONTROLADOR	SEKO	K100 PH/ORP K100PRPM0000	Rango de medición: 0 a 14 unidades de pH. -2000 a 2000 mV. * Resolución: ±0.01 unidades de pH, ±1 mV. * Precisión: 0.01 unidades de pH, ±1 mV. * Salidas: Dos (2) de 0/4 a 20 mA aisladas (2) de frecuencia y dos (2) de relé. Rango de medición: 0 a 14 unidades de pH. -2000 a 2000 mV. * Salidas de relé con dosificación proporcional regulada por valores de consigna. Funciones ON-OFF, temporizada y PWM. * Pantalla retroiluminada con resolución de 128 x 128 pixeles, para visualización del valor numérico y en barra gráfica; menú de programación en idioma español. * Entrada de temperatura mediante sensor PT100 (opcional bajo pedido), rango de -50 a 150°C y precisión ±0.5°C. * Alimentación eléctrica: 80 a 265 VAC @ 60 Hz.	UN	1.00	\$ 1,950,000.00	\$ 1,950,000.00
DIFUSORES BURBUJA FINA	SOLTEP	12"	NA	UN	3.00	\$ 180,000.00	\$ 540,000.00
DOSIFICADOR CLORO	ASEQUIMICOS	CLL 02	DOSIFICADOR 2 KG	UN	1.00	\$ 131,376.00	\$ 131,376.00
FILTRO	AQUAINTEGRA	1,5"	EMAUX 24" VALVULA SUPERIOR	UN	1.00	\$ 674,000.00	\$ 674,000.00
FILTRO MICROFILTRACION	IHM - PENTAIR	25 um	FILTRO CARTUCHO 25um	UN	1.00	\$ 75,000.00	\$ 75,000.00
FILTRO MICROFILTRACION - CARCAZA	IHM - PENTAIR	BIGBLUE	CARCAZA BIGBLUE 1,5"	UN	1.00	\$ 204,347.00	\$ 204,347.00
FILTRO VALVULA MULTIPORT	INGENIERIA EC	ASTRAL	2" 6 VIAS	UN	1.00	\$ 275,000.00	\$ 275,000.00
LAMPARA UV - REACTOR INOX	CUERPO	INOX	CUERPO EN INOX PARA 6 LAMPARAS	UN	1.00	\$ 1,500,000.00	\$ 1,500,000.00
LAMPARA UV	SYLVANIA	G30T8	TUBO 30W GERMICIDA 80 CM	UN	6.00	\$ 40,000.00	\$ 240,000.00
LAMPARA UV	SYLVANIA	P93220	BALASTO ELECTRONICO 2x32W T8	UN	3.00	\$ 31,900.00	\$ 95,700.00
PORTAELECTRODO	SEKO	NA	NA	UN	1.00	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00
SONDA	SEKO	SPH-3-WW	Sensor para medición de pH en agua sucia, con las siguientes características técnicas: * Rango de medición: 2 a 12 unidades de pH. * Temperatura máxima de operación: 80 °C. * Conductividad mínima de trabajo: 5 µS/cm. * Presión máxima de trabajo: 6 bar. * Material del electrodo: cristal. Diafragma poroso de orificio abierto. Dimensiones: 12 mm diámetro y 120 mm longitud.	UN	1.00	\$ 520,000.00	\$ 520,000.00
SONDA	SEKO	RG 58 5mm.Ref: 990010 9003	Cable para electrodos de pH y ORP con terminacion S7 y extremo opuesto BNC. Tipo de cable RG 58 5mm.Ref: 990010 9003	UN	1.00	\$ 230,000.00	\$ 230,000.00
SOPLADOR	FLUBEC	HG .500- C2	Referencia: HG-1500C2 Potencia: 2 H.P. Power: 220V/440 V Presion: 28 Kpa/ 4,06 PSI Q./M <sup>3</sup> /H: 165m <sup>3</sup> /h / 97 CFM AMP. CON CARGA MAX: 7A/4.1A/SIN 3.5A/2.1A Salida: 2"	UN	1.00	\$ 1,200,000.00	\$ 1,200,000.00
SOPLADOR FILTRO DE AIRE	FLUBEC	NA	FILTRO AIRE SOPLADOR 2 1/2"	UN	1.00	\$ 321,336.21	\$ 273,135.78

## ANEXO J

### HOJA DE SEGURIDAD DEL BISULFATO DE SODIO

**Figura 1.** Hoja de seguridad Bisulfato de Sodio.

<b>Formato</b> <b>Hoja de Seguridad</b> <b>F-09-O V0</b>	<h2 style="margin: 0;">BISULFATO DE SODIO</h2>	
--	--	---

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y LA COMPAÑIA	
<b>Nombre del producto:</b>	Bisulfato de sodio.
<b>Sinónimo:</b>	Sulfato hidrógeno de sodio.
<b>Número CAS:</b>	7681-38-1
<b>Usos:</b>	Reactivos para laboratorio, Fabricación de sustancias.
<b>Comercializador:</b>	ASEQUIMICOS S.A.S
<b>Comercializador</b>	Av. Troncal de Occidente No 18-76 Parque Industrial Santo Domingo
<b>Teléfono de emergencia:</b>	Bodega G13-G14. Mosquera –Cundinamarca. Tel: (+571) 8939803, 8939804, 8939815, 8939819 CISPROQUIM Tel (57-1)2886012 Fuera de Bogotá 018000916012

2. IDENTIFICACION DE PELIGROS	
<b>Clasificación de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008:</b> Lesiones oculares graves (Categoría 1), H318  <b>Palabra de Advertencia.</b> Peligro.	<b>Pictograma de peligro:</b>  
<b>Indicaciones de Peligro.</b>	H318 Provoca lesiones oculares graves.
<b>Palabras H:</b>	
<b>Declaraciones de prudencia.</b>	P280 Llevar guantes de protección/ gafas de protección/ máscara de protección
<b>Palabras P:</b>	P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.
<b>Otros peligros:</b>	Ninguno.

3. COMPOSICION, INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES		
<b>Nombre:</b>	<b>Nº CAS:</b>	<b>%</b>
Bisulfato de sodio.	7681-38-1	<= 100 %

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS	
<b>Ojos:</b>	Lávese a fondo con agua abundante durante 15 minutos por lo menos y consulte al médico.
<b>Piel:</b>	Eliminar lavando con jabón y mucha agua. Consultar a un médico.
<b>Inhalación:</b>	Si aspiró, mueva la persona al aire fresco. Si ha parado de respirar, hacer la respiración artificial. Consultar a un médico.
<b>Ingestión:</b>	Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente. Enjuague la boca con agua. Consultar a un médico.

Figura 1. (Continuación).

<p>Formato Hoja de Seguridad F-09-O V0</p>	<p><b>BISULFATO DE SODIO</b></p>	
--	----------------------------------	---

5. MEDIDAS PARA EXTINCION DE INCENDIOS	
Medios de extinción:	Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo seco o dióxido de carbono.
Peligro específico:	Óxidos de azufre y óxidos de sodio..
Recomendación personal de lucha contra incendios:	Si es necesario, usar equipo de respiración autónomo para la lucha contra el fuego.
Otros datos:	Sin datos disponibles.

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL	
Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia:	Usar protección respiratoria. Evite la formación de polvo. Evitar respirar los vapores, la neblina o el gas. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacuar el personal a zonas seguras. Evitar respirar el polvo. Equipo de protección individual, ver sección 8.
Precauciones relativas al medio ambiente:	Impedir nuevos escapes o derrames si puede hacerse sin riesgos. No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado. La descarga en el ambiente debe ser evitada.
Métodos y material de contención y de limpieza:	Recoger y preparar la eliminación sin originar polvo. Limpiar y traspalar. Guardar en contenedores apropiados y cerrados para su eliminación.
Referencia a otras secciones:	Para eliminación de desechos ver sección 13.

7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO	
Precauciones para una manipulación segura:	Evítese la formación de polvo y aerosoles. Debe disponer de extracción adecuada en aquellos lugares en los que se forma polvo. Ver precauciones en la sección 2.
Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades:	Almacenar en un lugar fresco. Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado.
Usos específicos finales:	No existen más datos relevantes, aparte de los mencionados en la sección 1.

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN, PROTECCIÓN PERSONAL	
Parámetros de control:	Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.
Controles técnicos apropiados:	Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad. Lávense las manos antes de los descansos y después de terminar la jornada laboral.
Equipo de protección personal:	
Protección de ojos:	Caretas de protección y gafas de seguridad. Use equipo de protección para los ojos probado y aprobado según las normas gubernamentales correspondientes.

Figura 1. (Continuación).

<p>Formato Hoja de Seguridad F-09-O V0</p>	<p><b>BISULFATO DE SODIO</b></p>	
<p><b>Protección de piel:</b></p>	<p>Manipular con guantes. Los guantes deben ser inspeccionados antes de su uso. Utilice la técnica correcta de quitarse los guantes (sin tocar la superficie exterior del guante) para evitar el contacto de la piel con este producto. Deseche los guantes contaminados después de su uso, de conformidad con las leyes aplicables y buenas prácticas de laboratorio. Lavar y secar las manos. Lavar y secar las manos. Uso de guantes de caucho nitrilo para sumersiones y para salpicaduras, usar traje de protección completo.</p>	
<p><b>Protección respiratoria:</b></p>	<p>Donde el asesoramiento de riesgo muestre que los respiradores purificadores de aire son apropiados, usar un respirador que cubra toda la cara tipo N100 (EEUU) o tipo P3 (EN 143) y cartuchos de respuesta para controles de ingeniería. Si el respirador es la única protección, usar un respirador suministrado que cubra toda la cara. Usar respiradores y componentes testados y aprobados bajo los estándares gubernamentales.</p>	
<p><b>Protección en caso de emergencia:</b></p>	<p>Ropa de trabajo protectora contra productos químicos.</p>	
<p><b>Control de exposición ambiental:</b></p>	<p>No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado e impedir nuevos escapes.</p>	
<p><b>9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS</b></p>		
<p><b>Aspecto:</b></p>	<p>Sólido blanco.</p>	
<p><b>Olor:</b></p>	<p>Sin datos disponibles.</p>	
<p><b>Umbral olfativo:</b></p>	<p>Sin datos disponibles.</p>	
<p><b>pH:</b></p>	<p>1,0.</p>	
<p><b>Punto de fusión/ punto de congelación:</b></p>	<p>315 °C</p>	
<p><b>Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición:</b></p>	<p>Sin datos disponibles.</p>	
<p><b>Punto de inflamación:</b></p>	<p>No aplicable.</p>	
<p><b>Tasa de evaporación:</b></p>	<p>Sin datos disponibles.</p>	
<p><b>Inflamabilidad (sólido, gas):</b></p>	<p>Sin datos disponibles.</p>	
<p><b>Inflamabilidad superior/inferior o límites explosivos:</b></p>	<p>Sin datos disponibles.</p>	
<p><b>Presión de vapor:</b></p>	<p>Sin datos disponibles.</p>	
<p><b>Densidad de vapor:</b></p>	<p>Sin datos disponibles.</p>	
<p><b>Densidad relativa:</b></p>	<p>2,43 g/cm<sup>3</sup> a 20 °C</p>	
<p><b>Solubilidad en agua:</b></p>	<p>285 g/l a 25 °C - totalmente soluble.</p>	
<p><b>Coficiente de reparto n-octanol/agua:</b></p>	<p>Sin datos disponibles.</p>	
<p><b>Temperatura de</b></p>	<p>Sin datos disponibles.</p>	

Figura 1. (Continuación).

<p>Formato Hoja de Seguridad F-09-O V0</p>	<p><b>BISULFATO DE SODIO</b></p>	
--	----------------------------------	---

<b>autoinflamación:</b>	
<b>Temperatura de descomposición:</b>	Sin datos disponibles.
<b>Viscosidad:</b>	Sin datos disponibles.
<b>Propiedades explosivas:</b>	Sin datos disponibles.
<b>Propiedades comburentes:</b>	Sin datos disponibles.

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD	
<b>Reactividad:</b>	Sin datos disponibles.
<b>Estabilidad química:</b>	Estable bajo condiciones de almacenamiento recomendadas.
<b>Probabilidad de reacciones peligrosas:</b>	Sin datos disponibles.
<b>Condiciones a evitar:</b>	Exposición a la humedad y al vapor de agua.
<b>Materiales incompatibles:</b>	Bases fuertes y agentes oxidantes fuertes.
<b>Productos de descomposición peligrosos:</b>	Productos de descomposición peligroso: sin datos disponibles. Sin datos disponibles. En caso de incendio: véase sección 5.

11. INFORMACION TOXICOLÓGICA	
<p><b>Toxicidad aguda:</b> Sin datos disponibles.</p>	
<p><b>Corrosión o irritación cutáneas:</b> Piel – conejo Resultado: No irrita la piel - 4 h</p>	
<p><b>Lesiones o irritación ocular graves:</b> Ojos – conejo Resultado: Riesgo de lesiones oculares graves.</p>	
<p><b>Sensibilización respiratoria o cutánea:</b> Sin datos disponibles.</p>	
<p><b>Mutagenicidad en células germinales:</b> Sin datos disponibles.</p>	
<p><b>Carcinogenicidad:</b> No se identifica ningún componente de este producto, que presente niveles mayores que o igual a 0,1% como agente carcinógeno humano probable, posible o confirmado por la (IARC).</p>	
<p><b>Toxicidad para la reproducción</b> Sin datos disponibles</p>	
<p><b>Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única:</b> Sin datos disponibles.</p>	
<p><b>Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas:</b> Sin datos disponibles.</p>	
<p><b>Peligro de aspiración:</b> Sin datos disponibles.</p>	
<p><b>Información Adicional:</b> Según nuestras informaciones, creemos que no se han investigado adecuadamente las propiedades químicas, físicas y toxicológicas.</p>	

12. INFORMACION ECOLÓGICA	
<b>Toxicidad:</b>	Sin datos disponibles
<b>Persistencia y degradabilidad:</b>	Sin datos disponibles
<b>Potencial de bioacumulación:</b>	Sin datos disponibles.
<b>Movilidad en el suelo:</b>	Sin datos disponibles.
<b>Resultados de la valoración PBT y mPmB:</b>	Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (vPvB) a niveles del 0,1% o superiores.
<b>Otros efectos adversos:</b>	Sin datos disponibles.

Figura 1. (Continuación).

<b>Formato</b> <b>Hoja de Seguridad</b> <b>F-09-O V0</b>	<b>BISULFATO DE SODIO</b>	
--	---------------------------	---

13. CONSIDERACIONES SOBRE LA DISPOSICION DEL PRODUCTO	
<b>Producto/ Desechos de residuos:</b>	Ofertar el sobrante y las soluciones no-aprovechables a una compañía de vertidos acreditada. Disolver o mezclar el producto con un solvente combustible y quemarlo en un incinerador apto para productos químicos provisto de postquemador y lavador.
<b>Envases contaminados:</b>	Eliminar como producto no usado.

14. INFORMACION SOBRE TRANSPORTE	
<b>Número ONU:</b> ADR/RID: -    IMDG: -    IATA: -	
<b>Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:</b> ADR/RID: Mercancía no peligrosa. IMDG: Mercancía no peligrosa. IATA: Mercancía no peligrosa.	
<b>Clase(s) de peligro para el transporte:</b> ADR/RID: -    IMDG: -    IATA: -	
<b>Grupo de embalaje</b> ADR/RID: -    IMDG: -    IATA: -	
<b>Peligros para el medio ambiente</b> ADR/RID: no    IMDG: no    IATA: no	
<b>Precauciones particulares para los usuarios:</b> Sin datos disponibles.	

15. INFORMACION REGLAMENTARIA
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ley 55 de 1993 de la Presidencia de la Republica, por medio de la cual se aprueba el Convenio No 170 y la recomendación No 177 sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo.</li> <li>2. Decreto 1609 del 31 de julio de 2002. Ministerio de Transporte. Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.</li> <li>3. Decreto 4741 de 2005. Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.</li> <li>4. Resolución 1023 de 2005. Por la cual se adoptan las guías ambientales como instrumento de autogestión y autorregulación. En las cuales se incluye la siguiente guía: Guías ambientales de almacenamiento y transporte por carreteras de sustancias químicas peligrosas y residuos peligrosos.</li> <li>5. Ley 30 DE 1986. Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Estupefacientes y se dictan otras disposiciones.</li> <li>6. Resolución 009 DE 1987. Por la cual se reglamenta en el Territorio Nacional la importación, fabricación, distribución, transporte y uso de Acetona, Cloroformo, Eter Etilico, Acido Clorhídrico y demás sustancias a que hace referencia el literal f) del Artículo 20 de la Ley 30 de 1986.</li> </ol>

Figura 1. (Continuación).

<b>Formato</b> <b>Hoja de Seguridad</b> <b>F-09-O V0</b>	<b>BISULFATO DE SODIO</b>	
--	---------------------------	---

7. Resolución 009 de 2009. Por medio de la cual reglamenta las actividades y nuevas sustancias sometidas a control especial.

**16. INFORMACION ADICIONAL**

**16.1 IDENTIFICACION NFPA**



**Salud: 2    Inflamabilidad: 0    Reactividad: 0    Riesgo Especifico: -**  
0= peligro mínimo, 1= peligro leve, 2= peligro moderado, 3= peligro grave, 4= peligro.

**16.2 Otra Información**

Los datos suministrados en esta Hoja de Seguridad son ofrecidos por fuentes de proveedor.

**16.3 Control de Revisiones y cambios:**

Versión 1: 2011: Creación de la hoja de seguridad.  
Versión 2: 2015: Actualización sección 1.  
Versión 3: 2016: Actualización sección 1, 2,3, 16.  
Versión 0: 2017: Actualización y codificación.

## ANEXO K

### HOJA DE SEGURIDAD DEL HIPOCLORITO DE SODIO

Figura 1. Hoja de seguridad Hipoclorito de sodio.

 <b>HIPOCLORITO DE SODIO</b> FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD Revisión: febrero de 2017 – Versión: 5	
<b>SECCIÓN 1 - IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA</b>	
<b>1.1 Identificador del producto</b>	
Nombre del producto: HIPOCLORITO DE SODIO	
<b>1.2 Usos pertinentes identificados y usos desaconsejados</b>	
Recomendaciones de Uso: Según la hoja técnica del producto.	
<b>1.3 Datos del proveedor de la Ficha de Datos de Seguridad</b>	
GTM México	Boulevard Benito Juárez #75 Col. San Mateo Cuauhtepac, Tultitlán, Estado de México CP 54948.
GTM Guatemala S. A.	Km 26.4 carretera al Pacífico, Amatitlán, Guatemala
GTM El Salvador S. A.	Km 7 ½, Antigua Carretera Panamericana, Soyapango San Salvador
Grupo Transmerquim S. A. de C.V. (Honduras)	Bo. La Guardia, 33 calle, 2da Ave. Frente al IHCAFE, SO. San Pedro Sula, Honduras.
GTM Nicaragua S. A.	Cuesta del plomo, 800mts, Managua
GTM Costa Rica	Del servicentro Cristo Rey en Ochomogo de Cartago, 800 mts hacia el este. Costa Rica
GTM Panamá	Los Andes No.1, San Miguelito. Panamá, Panamá.
GTM Colombia S. A.	Carrera 46 No 91-7 Bogotá, Colombia.
GTM Perú S. A.	Av. Rep. de Panama 3535 Oficina 502 San Isidro. Perú
GTM Ecuador	Av. De los Shyris N32-218 y Eloy Alfaro, Ed. Parque Central, Of. 1207
GTM Argentina Comercio de Productos Químicos S.A.	Encarnación Ezcurra 365 – Piso 4 – Oficina C
GTM do Brasil	Puerto Madero, C.A.B.A – C1107CLA – Argentina Praia de Botafogo nº 228 / sala 610, Ala B, Botafogo. CEP 22250-040 Rio de Janeiro, RJ, Brasil
<b>1.4 Teléfono de emergencias</b>	
México :	+52 55 5831 7905 – SETIQ 01 800 00 214 00
Guatemala:	+502 6628 5858
El Salvador:	+503 2251 7700
Honduras:	+504 2564 5454
Nicaragua:	+505 2269 0361 – Toxicología MINSA: +505 22897395
Costa Rica:	+506 2537 0010 – Emergencias 911. Centro Intoxicaciones +506 2223-1028
Panamá:	+507 512 6182 – Emergencias 911
Colombia:	+018000 916012 – Cisproquim / (571) 2 88 60 12 (Bogotá)
Perú:	+511 614 65 00
Ecuador:	+593 2382 6250 – Emergencias (ECU) 9-1-1
Argentina:	+54 11 4611 2007 – 0800 222 2933
Brasil:	+55 21 3591 1868
<b>SECCIÓN 2 – IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS</b>	
<b>2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla</b>	
<b>CLASIFICACIÓN según el Sistema Globalmente Armonizado</b>	
Corrosión cutánea (Categoría 1B) – Lesiones oculares graves (Categoría 1)	
Peligro para el medio ambiente acuático – peligro agudo (Categoría 1)	
Peligro para el medio ambiente acuático – peligro a largo plazo (Categoría 1)	
<b>2.2 Elementos de la etiqueta</b>	

www.gtm.net PÁGINA 1 DE 9

   
RESPONSIBLE CARE  
OUR COMMITMENT TO SUSTAINABILITY  
MASS  
Medio Ambiente,  
Salud y Seguridad

**Figura 1. (Continuación).**

HIPOCLORITO DE SODIO		FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD		febrero de 2017 VERSIÓN: 5	
<b>Pictograma:</b>					
		GHS05C - GHS09			
<b>Palabra de advertencia:</b>		PELIGRO			
<b>Indicaciones de peligro:</b>		H314 - Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares graves. H400 + H410 - Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.			
<b>Consejos de prudencia:</b>		P260 - No respirar polvos, humos, gases, nieblas, vapores o aerosoles. P264 - Lavarse cuidadosamente después de la manipulación. P280 - Usar guantes, ropa y equipo de protección para los ojos y la cara. P301 + P330 + P331 - EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. P303 + P361 + P353 - EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua o ducharse. P304 + P340 - EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. P305 + P351 + P338 - EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado. P363 - Lavar la ropa contaminada antes de volverla a usar. P273 - No dispersar en el medio ambiente. P501 - Eliminar el contenido/ recipiente conforme a la reglamentación nacional/ internacional.			
<b>2.3 Otros peligros</b>					
		Ninguno.			
<b>SECCIÓN 3 - COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES</b>					
<b>3.1 Sustancia</b>		No aplica.			
<b>3.2 Mezcla</b>					
COMPONENTES EN LA MEZCLA		No. CAS	% PESO	CLASIFICACIÓN	
Hipoclorito de sodio	7681-52-9	12,4 - 12,8	Met. Corr. 1; Skin Corr. 1B; Eye Damage 1; STOT Single Exp. 3; Aquatic Acute 1; Aquatic Chronic 1		
Hidróxido de sodio	1310-73-2	0,3 - 0,7	Met. Corr. 1; Acute Tox. 4; Acute Tox. 4; Skin Corr. 1A; Eye Damage 1; Aquatic Acute 3		
<b>SECCIÓN 4 - PRIMEROS AUXILIOS</b>					
<b>4.1 Descripción de los primeros auxilios</b>					
Medidas generales:	Evite la exposición al producto, tomando las medidas de protección adecuadas. Consulte al médico, llevando la ficha de seguridad.				
Inhalación:	Traslade a la víctima y procúrele aire limpio. Manténgala en calma. Si no respira, suminístrele respiración artificial. Llame al médico.				
GTM		PÁGINA 2 DE 9		www.gtm.net	

Figura 1. (Continuación).

HIPOCLORITO DE SODIO	FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	febrero de 2017 VERSIÓN: 5
Contacto con la piel:	Lávese inmediatamente después del contacto con abundante agua, durante al menos 15 minutos. No neutralizar ni agregar sustancias distintas del agua. Quítese la ropa contaminada y lávela antes de reusar.	
Contacto con los ojos:	Enjuague inmediatamente los ojos con agua durante al menos 15 minutos, y mantenga abiertos los párpados para garantizar que se aclara todo el ojo y los tejidos del párpado. Enjuagar los ojos en cuestión de segundos es esencial para lograr la máxima eficacia. Si tiene lentes de contacto, quíteselas después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagándose los ojos. Consultar al médico. Puede ocasionar serios daños a la córnea, conjuntivas u otras partes del ojo.	
Ingestión:	NO INDUZCA EL VÓMITO. Enjuague la boca con agua. Nunca suministre nada oralmente a una persona inconsciente. Llame al médico. Si el vómito ocurre espontáneamente, coloque a la víctima de costado para reducir el riesgo de aspiración.	
<b>4.2 Principales síntomas y efectos, tanto agudos como retardados</b>		
Inhalación: la inhalación de los vapores es irritante. Contacto con la piel: puede causar quemaduras químicas. Contacto con los ojos: puede causar lesiones graves, quemaduras. Ingestión: puede causar daños en el tracto gastrointestinal y quemaduras en la boca y mucosas.		
<b>4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente.</b>		
Nota al médico: Tratamiento sintomático. Para más información, consulte a un Centro de Intoxicaciones.		
<b>SECCIÓN 5 - MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS</b>		
<b>5.1 Medios de extinción</b>		
Usar polvo químico seco, espuma resistente al alcohol, arena o CO <sub>2</sub> . Algunas espumas pueden reaccionar con el producto. NO USAR chorros de agua directos.		
<b>5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla</b>		
No combustible. El líquido no encenderá fácilmente, pero puede descomponerse y generar vapores corrosivos y/o tóxicos.		
<b>5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios</b>		
<b>5.3.1 Instrucciones para extinción de incendio:</b>		
Rocíe con agua los embalajes para evitar la ignición si fueron expuestos a calor excesivo o al fuego. Retire los embalajes si aun no fueron alcanzados por las llamas, y puede hacerlo sin riesgo. Rocíe con agua los recipientes para mantenerlos fríos. Enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido. Combata el incendio desde una distancia máxima o utilice soportes fijos para mangueras o reguladores. Prevenga que el agua utilizada para el control de incendios o la dilución ingrese a cursos de agua, drenajes o manantiales.		
<b>5.3.2 Protección durante la extinción de incendios:</b>		
En derrames importantes use ropa protectora contra los productos químicos, la cual esté específicamente recomendada por el fabricante. Esta puede proporcionar poca o ninguna protección térmica.		
<b>5.3.3 Productos de descomposición peligrosos en caso de incendio:</b>		
En caso de incendio puede desprender humos y gases irritantes y/o tóxicos, como monóxido de carbono, óxidos de cloro y otras sustancias derivadas de la combustión incompleta.		
GTM	PÁGINA 3 DE 9	www.gtm.net

Figura 1. (Continuación).

HIPOCLORITO DE SODIO	FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	febrero de 2017 VERSIÓN: 5
<b>SECCIÓN 6 - MEDIDAS EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL</b>		
<b>6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia</b>		
<b>6.1.1 Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia</b>		
Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada.		
<b>6.1.2 Para el personal de emergencias</b>		
Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada. Usar equipo de respiración autónoma y de protección dérmica y ocular. Usar guantes protectores impermeables. Ventilar inmediatamente, especialmente en zonas bajas donde puedan acumularse los vapores. No permitir la reutilización del producto derramado.		
<b>6.2 Precauciones relativas al medio ambiente</b>		
Neutralización: No neutralizar con ácidos, ya que libera gas cloro sumamente tóxico. Puede usarse para neutralizar una solución de tiosulfato de sodio. Contener el líquido con un dique o barrera. Prevenir la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas no controladas.		
<b>6.3 Métodos y material de contención y de limpieza</b>		
Recoger el producto utilizando arena, vermiculita, tierra o material absorbente inerte y limpiar o lavar completamente la zona contaminada. Disponer el agua y el residuo recogido en envases señalizados para su eliminación como residuo químico.		
<b>SECCIÓN 7 – MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO</b>		
<b>7.1 Precauciones para una manipulación segura</b>		
Prohibido comer, beber o fumar durante su manipulación. Evitar contacto con ojos, piel y ropa. Lavarse los brazos, manos, y uñas después de manejar este producto. Facilitar el acceso a duchas de seguridad y lavaojos de emergencias. Evitar la inhalación del producto. Use los EPP. Mantenga el recipiente cerrado. Use con ventilación adecuada. Manejar los envases con cuidado.		
<b>7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades</b>		
Condiciones de almacenamiento:	Almacenar en un área limpia, seca y bien ventilada. Proteger del sol. Revisar periódicamente los envases para advertir pérdidas y roturas. Almacenar a temperaturas entre 15 y 25°C, en locales con piso impermeable y resistente a la corrosión. Mantener alejado de sustancias ácidas.	
Materiales de envasado:	El suministrado por el fabricante. Embalajes metálicos con vulcanizado o engomado, polietileno o poliéster. Inadecuados: No almacenar en acero, acero inoxidable, cobre y sus aleaciones, aluminio o metales no protegidos.	
Productos incompatibles:	Reacciona violentamente con agentes oxidantes, ácidos, amoníaco y aminas.	
<b>SECCIÓN 8 – CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL</b>		
<b>8.1 Parámetros de control</b>		
CMP (Res. MTESS 295/03):	0,5 ppm, como cloro gaseoso	
CMP-CPT (Res. MTESS 295/03):	1 ppm, como cloro gaseoso	
CMP-C (Res. MTESS 295/03):	2 mg/m <sup>3</sup> , hidróxido de sodio	
TLV-TWA (ACGIH):	0,5 ppm, como cloro gaseoso	
	2 mg/m <sup>3</sup> , hidróxido de sodio	
TLV-STEL (ACGIH):	N/D	
PEL (OSHA 29 CFR 1910.1000):	1 ppm, como cloro gaseoso	
	2 mg/m <sup>3</sup> , hidróxido de sodio	
GTM	PÁGINA 4 DE 9	www.gtm.net

**Figura 1. (Continuación).**

HIPOCLORITO DE SODIO	FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	febrero de 2017 VERSIÓN: 5
IDLH (NIOSH):	N/D	
REL-C:	2 mg/m <sup>3</sup> , hidróxido de sodio	
PNEC (agua):	N/D	
PNEC (mar):	N/D	
PNEC-STP:	N/D	
<b>8.2 Controles de exposición</b>		
<b>8.2.1 Controles técnicos apropiados</b>		
<p>Mantener ventilado el lugar de trabajo. La ventilación normal para operaciones habituales de manufacturas es generalmente adecuada. Campanas locales deben ser usadas durante operaciones que produzcan o liberen grandes cantidades de producto. En áreas bajas o confinadas debe proveerse ventilación mecánica. Disponer de duchas y estaciones lavaojos.</p>		
<b>8.2.2 Equipos de protección personal</b>		
Protección de los ojos y la cara:	Se deben usar gafas de seguridad, a prueba de salpicaduras de productos químicos (que cumplan con la EN 166).	
Protección de la piel:	Al manipular este producto se deben usar guantes protectores impermeables de neopreno, látex o nitrilo (que cumplan con las normas IRAM 3607-3608-3609 y EN 374), ropa de trabajo y zapatos de seguridad resistentes a productos químicos.	
Protección respiratoria:	En los casos necesarios, utilizar protección respiratoria para vapores clorados. Debe prestarse especial atención a los niveles de oxígeno presentes en el aire. Si ocurren grandes liberaciones, utilizar equipo de respiración autónomo (SCBA).	
<b>SECCIÓN 9 – PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS</b>		
<b>9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas</b>		
Estado físico:	Líquido claro.	
Color:	verde amarillento.	
Olor:	a cloro.	
Umbral olfativo:	N/D	
pH:	12,5 - 13,5	
Punto de fusión / de congelación:	N/D	
Punto / intervalo de ebullición:	N/D	
Tasa de evaporación:	N/D	
Inflamabilidad:	El producto no es inflamable ni combustible.	
Punto de inflamación:	N/D	
Límites de inflamabilidad:	N/D	
Presión de vapor (20°C):	N/D	
Densidad de vapor (aire=1):	N/D	
Densidad (20°C):	1,17 g/cm <sup>3</sup>	
Solubilidad (20°C):	Soluble en agua.	
Coef. de reparto (logK <sub>ow</sub> ):	N/D	
Temperatura de autoignición:	N/D	
GTM	PÁGINA 5 DE 9	www.gtm.net

**Figura 1. (Continuación).**

HIPOCLORITO DE SODIO		FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	febrero de 2017 VERSIÓN: 5
Temperatura de descomposición:	N/D		
Viscosidad cinemática (cSt a 20°C):	N/D		
Constante de Henry (20°C):	N/D		
Log Koc:	N/D		
Propiedades explosivas:	No explosivo. De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: en la molécula no hay grupos químicos asociados a propiedades explosivas.		
Propiedades comburentes:	De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: la sustancia, por su estructura química, no puede reaccionar de forma exotérmica con materias combustibles.		
<b>9.2 Información adicional</b>			
Otras propiedades:	N/D		
<b>SECCIÓN 10 – ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>			
<b>10.1 Reactividad</b>			
No se espera que se produzcan reacciones o descomposiciones del producto en condiciones normales de almacenamiento. No contiene peróxidos orgánicos. No reacciona con el agua.			
<b>10.2 Estabilidad química</b>			
El producto es químicamente estable y no requiere estabilizantes.			
<b>10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas</b>			
No se espera polimerización peligrosa.			
<b>10.4 Condiciones que deben evitarse</b>			
Evitar altas temperaturas, luz solar directa y la contaminación con metales o materia orgánica.			
<b>10.5 Materiales incompatibles</b>			
Reacciona violentamente con agentes oxidantes, ácidos, amoníaco y aminas.			
<b>10.6 Productos de descomposición peligrosos</b>			
En caso de calentamiento puede desprender vapores irritantes y tóxicos. En caso de incendio, ver la Sección 5.			
<b>SECCIÓN 11 – INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA</b>			
<b>11.1 Información sobre los efectos toxicológicos</b>			
Toxicidad aguda:	ETA-DL50 oral (rata, calc.): > 5000 mg/kg ETA-DL50 der (conejo, calc.): > 5000 mg/kg ETA-CL50 inh. (rata, 4hs., calc.): > 5 mg/l		
Irritación o corrosión cutáneas:	Irritación dérmica (conejo, estim.): corrosivo		
Lesiones o irritación ocular graves:	Irritación ocular (conejo, estim.): corrosivo		
Sensibilización respiratoria o cutánea:	Sensibilidad cutánea (cobayo, estim.): no sensibilizante Sensibilidad respiratoria (cobayo, estim.): no sensibilizante		
<b>Mutagenicidad, Carcinogenicidad y toxicidad para la reproducción:</b>			
No se dispone de información sobre ningún componente de este producto, que presente niveles mayores o iguales que 0,1%, como carcinógeno humano probable, posible o confirmado por la IARC (Agencia Internacional de Investigaciones sobre Carcinógenos).			
GTM	PÁGINA 6 DE 9		www.gtm.net

Figura 1. (Continuación).

HIPOCLORITO DE SODIO		FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	febrero de 2017 VERSIÓN: 5
<b>Efectos agudos y retardados:</b>			
Vías de exposición:		Inhalatoria, contacto dérmico y ocular, e ingestión.	
Inhalación: la inhalación de los vapores es irritante.			
Contacto con la piel: puede causar quemaduras químicas.			
Contacto con los ojos: puede causar lesiones graves, quemaduras.			
Ingestión: puede causar daños en el tracto gastrointestinal y quemaduras en la boca y mucosas.			
<b>SECCIÓN 12 – INFORMACIÓN ECOLÓGICA</b>			
<b>12.1 Toxicidad</b>			
ETA-CE50 (O. mykiss, calc., 48 h): 0,2 mg/l			
ETA-CE50 (D. magna, calc., 48 h): 1,1 mg/l			
ETA-CE50 (P. subcapitata, calc., 48 h): 0,2 mg/l			
ETA-CE50 (T. pyriformis, calc., 48 h): 23,3 mg/l			
ETA-CSEO (D. rerio, calc., 14 d): > 1 mg/l			
ETA-CSEO (D. magna, calc., 14 d): 0,05 mg/l			
<b>12.2 Persistencia y degradabilidad</b>			
BIODEGRADABILIDAD (estimado): El producto es inorgánico.			
<b>12.3 Potencial de bioacumulación</b>			
Log K <sub>ow</sub> : N/D			
BIOACUMULACIÓN EN PECES – BCF (OCDE 305): N/D			
<b>12.4 Movilidad en el suelo</b>			
LogK <sub>oc</sub> : N/D			
CONSTANTE DE HENRY (20°C): N/D			
<b>12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB</b>			
El criterio de PBT y mPmB de REACH no aplica a sustancias inorgánicas.			
<b>12.6 Otros efectos adversos</b>			
AOX y contenido de metales:		No contiene halógenos orgánicos ni metales.	
<b>SECCIÓN 13 – CONSIDERACIONES PARA DESECHO</b>			
Tanto el sobrante de producto como los envases vacíos deberán eliminarse según la legislación vigente en materia de Protección del Medio ambiente y en particular de Residuos Peligrosos (Ley Nacional N° 24.051 y sus reglamentaciones). Deberá clasificar el residuo y disponer del mismo mediante una empresa autorizada. Procedimiento de eliminación: tratamiento de aguas residuales.			
<b>SECCIÓN 14 – INFORMACIÓN PARA EL TRANSPORTE</b>			
<b>14.1 TRANSPORTE TERRESTRE</b>			
Nombre Apropiado para el Transporte:	SOLUCIÓN DE HIPOCLORITO		
N° UN/ID:	1791		
Clase de Peligro:	8		
Grupo de Embalaje:	II		
Código de Riesgo:	85		
Cantidad limitada y exceptuada:	ADR: 1L / E2	R.195/97: 100 Kg	
GTM	PÁGINA 7 DE 9	www.gtm.net	

Figura 1. (Continuación).

HIPOCLORITO DE SODIO		FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	febrero de 2017 VERSION: 5
<b>14.2 TRANSPORTE AÉREO (ICAO/IATA)</b>			
Nombre Apropriado para Embarque:	SOLUCIÓN DE HIPOCLORITO		
N° UN/ID:	1791		
Clase de Peligro:	8		
Grupo de Embalaje:	II		
Instrucciones para aviones de pasajeros y carga:	Y840, 0,5L / 851,1L		
Instrucciones para aviones de carga:	855, 30L		
CRE:	8L		
<b>14.3 TRANSPORTE MARÍTIMO (IMO)</b>			
<b>Transporte en embalajes de acuerdo al Código IMDG</b>			
Nombre Apropriado para el Transporte:	SOLUCIÓN DE HIPOCLORITO		
UN/ID N°:	1791		
Clase de Peligro:	8		
Grupo de Embalaje:	II		
EMS:	F-A; S-B		
Estiba y Segregación:	Categoría B		
Contaminante Marino:	SI		
Nombre para la documentación de transporte:	UN1791; HYPOCHLORITE SOLUTION; Class 8; PG II; MARINE POLLUTANT		
<b>SECCIÓN 15 – INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN</b>			
Sustancia no peligrosa para la capa de ozono (1005/2009/CE). Contenidos orgánicos volátiles de los compuestos (COV) (2004/42/CE): N/D			
<b>SECCIÓN 16 – OTRAS INFORMACIONES</b>			
<b>16.1 Abreviaturas y acrónimos</b>			
N/A: no aplicable.	REL: Límite de Exposición Recomendada.		
N/D: sin información disponible.	PEL: Límite de Exposición Permitido.		
CAS: Servicio de Resúmenes Químicos	INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.		
IARC: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer	ETA: estimación de la toxicidad aguda.		
ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.	DL <sub>50</sub> : Dosis Letal Media.		
TLV: Valor Límite Umbral	CL <sub>50</sub> : Concentración Letal Media.		
TWA: Media Ponderada en el tiempo	CE <sub>50</sub> : Concentración Efectiva Media.		
STEL: Límite de Exposición de Corta Duración	CI <sub>50</sub> : Concentración Inhibitoria Media.		
	: Cambios respecto a la revisión anterior.		
<b>16.2 Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos</b>			
Esta hoja de seguridad cumple con la normativa nacional expresada:			
México: NOM-018-STPS-2000.			
Guatemala: Código de Trabajo, decreto 1441			
Honduras: Acuerdo Ejecutivo No. STSS-053-04			
Costa Rica: Decreto N° 28113-S			
Panamá: Resolución #124, 20 de marzo de 2001			
Colombia: NTC 445, 22 de Julio de 1998			
Ecuador: NTE INEN 2 266:200			
GTM	PÁGINA 8 DE 9	www.gtm.net	

**Figura 1. (Continuación).**

HIPOCLORITO DE SODIO

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

febrero de 2017  
VERSIÓN: 5

Reglamento (CE) 1272/2008 sobre Clasificación, etiquetado y envasado de las sustancias químicas y sus mezclas, y sus modificatorias.  
 Reglamento (CE) 1907/2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), y sus modificatorias.  
 Dir. 91/689/CEE de residuos peligrosos y Dir. 91/156/CEE de gestión de residuos.  
 Acuerdo europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías peligrosas por carretera (ADR 2015).  
 Reglamento relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (RID 2015).  
 Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG 34 ed.), IMO, Resolución MSC 90/28/Add.2.  
 Código IBC/MARPOL, IMO, Resolución MEPC 64/23/Add.1.  
 Regulaciones de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA 56 ed., 2015) relativas al transporte de mercancías peligrosas por vía aérea.  
 Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, quinta edición revisada, 2015 (SGA 2015).  
 International Agency for Research on Cancer (IARC), clasificación de carcinógenos. Revisión: 23/03/2015.

**16.3 Clasificación y procedimiento utilizado para determinar la clasificación de la mezcla**

Procedimientos de acuerdo al SGA/GHS Rev. 5.

**Clasificación NFPA 704**



**Clasificación HMIS®**

SALUD	3
INFLAMABILIDAD	0
PELIGROS FÍSICOS	1
PROTECCIÓN PERSONAL	B

**PERSONAL PROTECTION INDEX**

A	SPH	C	SPH + HPH + HPH
B	SPH + HPH	H	SPH + HPH + HPH
C	SPH + HPH + HPH	J	SPH + HPH + HPH + HPH
D	SPH + HPH + HPH + HPH	K	SPH + HPH + HPH + HPH + HPH
E	SPH + HPH + HPH + HPH + HPH	L	SPH + HPH + HPH + HPH + HPH + HPH
F	SPH + HPH + HPH + HPH + HPH + HPH + HPH	M	SPH + HPH
G	SPH + HPH	N	SPH + HPH
H	SPH + HPH	O	SPH + HPH
I	SPH + HPH	P	SPH + HPH
J	SPH + HPH	Q	SPH + HPH
K	SPH + HPH	R	SPH + HPH
L	SPH + HPH	S	SPH + HPH
M	SPH + HPH	T	SPH + HPH
N	SPH + HPH	U	SPH + HPH
O	SPH + HPH	V	SPH + HPH
P	SPH + HPH	W	SPH + HPH
Q	SPH + HPH	X	SPH + HPH
R	SPH + HPH	Y	SPH + HPH
S	SPH + HPH	Z	SPH + HPH

**16.4 Exención de responsabilidad**

La información indicada en esta Hoja de Seguridad fue recopilada e integrada con la información suministrada en las Hojas de Seguridad de los proveedores de materia prima. La información relacionada con este producto puede variar, si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular en procesos específicos. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este producto específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico capacitado. Esta hoja de seguridad no pretende ser completa o exhaustiva, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales no contempladas en este documento.

**16.5 Control de cambios**

febrero de 2017 Se crea la FDS según el Sistema Globalmente Armonizado.

GTM

PÁGINA 9 DE 9

www.gtm.net

## ANEXO L

### HOJA DE SEGURIDAD DEL ASEFLOC 2800

Figura 1. Hoja de seguridad del Asefloc 2.800.

<b>Formato</b> <b>Hoja de Seguridad</b> <b>F-09-O V0</b>	<h2 style="margin: 0;">ASEFLOC 2800</h2>	
--	--	---

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y LA COMPAÑIA	
Nombre del producto	Asefloc 2800
Sinónimo	---
Número CAS	No especificado
Usos	Tratamiento y clarificación de aguas potables, residuales o industriales.
Comercializador	ASEQUIMICOS S.A.S
Comercializador Teléfono de emergencia	Av. Troncal de Occidente No 18-76 Parque Industrial Santo Domingo Bodega G13-G14. Mosquera –Cundinamarca. Tel: (+571) 8939803, 8939804, 8939815, 8939819 CISPROQUIM Tel (57-1)2886012 Fuera de Bogotá 018000916012

2. IDENTIFICACION DE PELIGROS	
<b>Clasificación de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008</b>  H319 Provoca irritación  Palabra de Advertencia: Atención.	Pictograma de peligro
<b>Indicaciones de Peligro Palabras H</b>	H319 Provoca irritación H302 NOCIVO POR INGSTION H315+H320 Provoca irritación cutánea y ocular H335 Puede irritar vías respiratorias H290 Puede ser corrosivo para metales
<b>Declaraciones de prudencia Palabras P</b>	P301 + P312 + P330 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGIA/médico si la persona se encuentra mal. Enjuagarse la boca. P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar con abundante agua durante varios minutos. Quitar lentes de contacto si lleva y le resulta fácil. Seguir aclarando. P337+P313 Si persiste la irritación ocular: Consultar al médico.
<b>Otros peligros</b>	No existen más datos relevantes disponibles.

3. COMPOSICION, INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES		
Nombre	Nº CAS	%
Sales inorganicas	-----	Secreto comercial

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS	
<b>Ojos:</b>	Enjuagar durante varios minutos (menos de 15 min) y consultar con el médico.
<b>Piel:</b>	Eliminar prendas contaminadas.
<b>Inhalación:</b>	Suministrar aire fresco. En caso de transtornos consultar al médico.
<b>Ingestión:</b>	Enjuagar la boca y beber abundante agua. Consultar al médico.

Figura 1. (Continuación).

<p>Formato Hoja de Seguridad F-09-O V0</p>	<p><b>ASEFLOC 2800</b></p>	
--	----------------------------	---

5. MEDIDAS PARA EXTINCION DE INCENDIOS	
<b>Medios de extinción:</b>	Agua, dióxido de carbono, espuma, polvo extintor.
<b>Peligro específico</b>	No combustible, posible formación de gases tóxicos en caso de calentamiento o incendio. Durante un incendio puede liberarse Cloruro de Hidrógeno.
<b>Recomendación personal de lucha contra incendios</b>	Llevar puesto equipo de protección respiratoria, independientemente del aire ambiental, llevar traje de protección corporal completo.
<b>Otros datos</b>	El agua de extinción contaminada debe recogerse por separado y no debe ser desechada al alcantarillado,

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL	
<b>Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia</b>	Llevar puesto equipo de protección, mantener alejadas las personas sin protección, asegurarse de que haya suficiente ventilación.
<b>Precauciones relativas al medio ambiente</b>	No dejar caer en el agua o alcantarillado.
<b>Métodos y material de contención y de limpieza</b>	Recoger producto con arena o material absorbente.
<b>Referencia a otras secciones</b>	Ver sección 8 de para mayor información sobre protección personal, para mayor información sobre la forma de desecho ver sección 13.

7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO	
<b>Precauciones para una manipulación segura</b>	Evitar contacto con los ojos, envase rotulado y alejado del calor; no comer, beber ni fumar durante la manipulación.
<b>Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades</b>	Almacenar en un lugar fresco, ventilado, lejos de materiales incompatibles y en zona sin riesgo de corrosión. El envase debe estar bien cerrado y preferiblemente en dique de contención.
<b>Usos específicos finales</b>	No existen más datos relevantes.

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN, PROTECCIÓN PERSONAL	
<b>Parámetros de control</b>	TLV: 2 mg/m3 como máximo para Al.
<b>Controles técnicos apropiados</b>	Medidas técnicas y observación de métodos se tiene en prioridad del uso de Elementos de protección personal.
<b>Equipo de protección personal</b>	
<b>Protección de ojos</b>	Gafas de protección.
<b>Protección de piel:</b>	Emplear productos cutáneos para el cuidado de la piel cada vez que se utilizan los guantes. Estos guantes se recomienda que sean de caucho de nitrilo de un espesor 0.11mm (recomendado). No de cuero ni algodón. Traje para manipulación de productos químicos.

Figura 1. (Continuación).

<b>Formato</b> <b>Hoja de Seguridad</b> <b>F-09-O V0</b>	<b>ASEFLOC 2800</b>	
--	---------------------	---

<b>Protección respiratoria:</b>	Protección respiratoria para vapores.
<b>Protección en caso de emergencia.</b>	Ropa de trabajo protectora.
<b>Control de exposición ambiental</b>	No dejar introducir en el alcantarillado o fuentes de agua.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
<b>Aspecto</b>	Líquido amarillo-ambár
<b>Olor</b>	Ligeramente ácido
<b>Umbral olfativo</b>	No aplicable
<b>pH</b>	0-4
<b>Punto de fusión/ punto de congelación</b>	-20°C
<b>Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición</b>	110-120 °C
<b>Punto de inflamación</b>	No determinado
<b>Tasa de evaporación</b>	No determinado
<b>Inflamabilidad (sólido, gas)</b>	No determinado
<b>Inflamabilidad superior/inferior o límites explosivos</b>	No determinado.
<b>Presión de vapor</b>	No aplicable
<b>Densidad de vapor</b>	No aplicable
<b>Densidad relativa</b>	1.1-1.4 g/ml (20°C)
<b>Solubilidad en agua</b>	Soluble
<b>Coefficiente de reparto n-octanol/agua</b>	No aplicable
<b>Temperatura de autoinflamación</b>	No determinado
<b>Temperatura de descomposición</b>	No determinado
<b>Viscosidad</b>	No aplicable
<b>Propiedades explosivas</b>	No determinado
<b>Propiedades comburentes</b>	Ningún

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD	
<b>Reactividad</b>	Reacción agresiva con bases y oxidantes.
<b>Estabilidad química</b>	Estable a temperatura ambiente.
<b>Probabilidad de reacciones peligrosas</b>	Reacciones con productos oxidantes ya hay producción de calor, reacciona agresivamente con bases.
<b>Condiciones a evitar</b>	No calentar demasiado para evitar la descomposición térmica y

Figura 1. (Continuación).

<b>Formato</b> <b>Hoja de Seguridad</b> <b>F-09-O V0</b>	<b>ASEFLOC 2800</b>							
<table border="1"> <tr> <td></td> <td>generación d HCl.</td> </tr> <tr> <td><b>Materiales incompatibles</b></td> <td>Corrosión de metales.</td> </tr> <tr> <td><b>Productos de descomposición peligrosa</b></td> <td>Véase sección 5.</td> </tr> </table>		generación d HCl.	<b>Materiales incompatibles</b>	Corrosión de metales.	<b>Productos de descomposición peligrosa</b>	Véase sección 5.		
	generación d HCl.							
<b>Materiales incompatibles</b>	Corrosión de metales.							
<b>Productos de descomposición peligrosa</b>	Véase sección 5.							
<b>11. INFORMACION TOXICOLÓGICA</b>								
<p><b>Toxicidad aguda: LD/LC50: (dosis letal/dosis letal=50)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oral: 12700 mg/Kg (rat)</li> <li>TLV: 2 mg/m3 máximo para AI</li> </ul> <p><b>Corrosión o irritación cutáneas:</b> No determinado  <b>Lesiones o irritación ocular graves:</b> No determinado  <b>Sensibilización respiratoria o cutánea:</b> No determinado  <b>Mutagenicidad en células germinales:</b> No determinado  <b>Carcinogenicidad:</b> No determinado  <b>Toxicidad para la reproducción:</b> No determinado  <b>Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única:</b> No determinado  <b>Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas:</b> No determinado  <b>Peligro de aspiración:</b> No determinado.  <b>Información Adicional:</b> No disponible</p>								
<b>12. INFORMACION ECOLÓGICA</b>								
<b>Toxicidad</b>	LC50: 1.75 +/- 0.25 mg/L Algas							
<b>Persistencia y degradabilidad</b>	No determinado							
<b>Potencial de bioacumulación</b>	No determinado							
<b>Movilidad en el suelo</b>	No determinado							
<b>Resultados de la valoración PBT y mPmB</b>	No determinado							
<b>Otros efectos adversos</b>	Efecto perjudicial por desviación de pH.							
<b>13. CONSIDERACIONES SOBRE LA DISPOSICION DEL PRODUCTO</b>								
<b>Producto/ Desechos de residuos</b>	No disponerlos en alcantarillado o fuentes de agua.							
<b>Envases contaminados</b>	Disponga como ácido.							
<b>14. INFORMACION SOBRE TRANSPORTE</b>								
Número ONU <b>ADR/RID: 3264    IMDG: 3264    IATA: 3264</b>								
Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas <b>ADR/RID: Sales inorgánicas.</b> IMDG: --- IATA: ---								
Clase(s) de peligro para el transporte <b>ADR/RID: 8    IMDG: 8    IATA: 8</b>								

Figura 1. (Continuación).

<b>Formato</b> <b>Hoja de Seguridad</b> <b>F-09-O V0</b>	<b>ASEFLOC 2800</b>	
--	---------------------	---

Grupo de embalaje <b>ADR/RID: III    IMDG: III    IATA: III</b>
Peligros para el medio ambiente <b>ADR/RID: ---    IMDG: ---    IATA: ---</b>
Precauciones particulares para los usuarios: No determinado

15. INFORMACION REGLAMENTARIA
<p>1. Ley 55 de 1993 de la Presidencia de la Republica, por medio de la cual se aprueba el Convenio No 170 y la recomendación No 177 sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo.</p> <p>2. Decreto 1609 del 31 de julio de 2002. Ministerio de Transporte. Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.</p> <p>3. Decreto 4741 de 2005. Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.</p> <p>4. Resolución 1023 de 2005. Por la cual se adoptan las guías ambientales como instrumento de autogestión y autorregulación. En las cuales se incluye la siguiente guía: Guías ambientales de almacenamiento y transporte por carreteras de sustancias químicas peligrosas y residuos peligrosos.</p> <p>5. Ley 30 DE 1986. Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Estupefacientes y se dictan otras disposiciones.</p> <p>6. Resolución 009 DE 1987. Por la cual se reglamenta en el Territorio Nacional la importación, fabricación, distribución, transporte y uso de Acetona, Cloroformo, Eter Etilico, Acido Clorhídrico y demás sustancias a que hace referencia el literal f) del Artículo 20 de la Ley 30 de 1986.</p> <p>7. Resolución 009 de 2009. Por medio de la cual reglamenta las actividades y nuevas sustancias sometidas a control especial.</p> <p>8. Resolución 1111 de 2017. Estándares Mínimos del SG-SST, donde se estipula que todo producto químico que represente peligro para el trabajador y el cliente debe estar normalizado por el SGA.</p>

16. INFORMACION ADICIONAL
<p><b>16.1 IDENTIFICACION NFPA</b></p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div> <p>Salud: 1    Inflamabilidad: 0    Reactividad: 0</p> <p style="text-align: right;">Riesgo Especifico: N/A</p> <p>0= peligro mínimo, 1= peligro leve, 2= peligro moderado, 3= peligro grave, 4= peligro</p> </div> </div>
<p><b>16.2 Otra Información</b></p> <p>Los datos suministrados en esta Hoja de Seguridad son ofrecidos por fuentes de proveedor, son ofrecidos de fuente confiable. Describen tan solo medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.</p>

**Figura 1. (Continuación).**

<b>Formato Hoja de Seguridad F-09-O V0</b>	<b>ASEFLOC 2800</b>	
<p><b>16.3 Control de Revisiones y cambios:</b></p> <p>Versión 1: 2011: Creación de la hoja de seguridad. Versión 2: 2015: Actualización sección 1. Versión 3: 2016: Actualización sección 1, 2,3, 16. Versión 0: 2017: Actualización y codificación.</p>		

## ANEXO M

### HOJA DE SEGURIDAD DEL ASEFLOC 5500

Figura 1. Hoja de seguridad del Asefloc 5.500.

<b>Formato</b> <b>Hoja de Seguridad</b> <b>F-09-O V0</b>	<h2 style="margin: 0;">ASEFLOC 5500</h2>	
--	--	---

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y LA COMPAÑIA	
Nombre del producto	Asefloc 5500
Sinónimo	---
Número CAS	No especificado
Usos	Tratamiento y clarificación de aguas potables, residuales o industriales.
Comercializador	ASEQUIMICOS S.A.S
Comercializador	Av. Troncal de Occidente No 18-76 Parque Industrial Santo Domingo
Teléfono de emergencia	Bodega G13-G14. Mosquera –Cundinamarca. Tel: (+571) 8939803, 8939804, 8939815, 8939819
	CISPROQUIM Tel (57-1)2886012 Fuera de Bogotá 018000916012

2. IDENTIFICACION DE PELIGROS	
<b>Clasificación de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008</b>  H319 Provoca irritación  Palabra de Advertencia: Atención.	Pictograma de peligro
<b>Indicaciones de Peligro</b> <b>Palabras H</b>	H319 Provoca irritación H302 NOCIVO POR INGSTION H315+H320 Provoca irritación cutánea y ocular H335 Puede irritar vías respiratorias H290 Puede ser corrosivo para metales
<b>Declaraciones de prudencia</b> <b>Palabras P</b>	P301 + P312 + P330 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGIA/médico si la persona se encuentra mal. Enjuagarse la boca. P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar con abundante agua durante varios minutos. Quitar lentes de contacto si lleva y le resulta fácil. Seguir aclarando. P337+P313 Si persiste la irritación ocular: Consultar al médico.
<b>Otros peligros</b>	No existen más datos relevantes disponibles.

3. COMPOSICION, INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES		
Nombre	Nº CAS	%
Sales inorganicas	-----	Secreto comercial

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS	
<b>Ojos:</b>	Enjuagar durante varios minutos (menos de 15 min) y consultar con el médico.
<b>Piel:</b>	Eliminar prendas contaminadas.
<b>Inhalación:</b>	Suministrar aire fresco. En caso de transtornos consultar al médico.
<b>Ingestión:</b>	Enjuagar la boca y beber abundante agua. Consultar al médico.

Figura 1. (Continuación).

<p>Formato Hoja de Seguridad F-09-O V0</p>	<p><b>ASEFLOC 5500</b></p>	
--	----------------------------	---

5. MEDIDAS PARA EXTINCIÓN DE INCENDIOS	
<b>Medios de extinción:</b>	Agua, dióxido de carbono, espuma, polvo extintor.
<b>Peligro específico</b>	No combustible, posible formación de gases tóxicos en caso de calentamiento o incendio. Durante un incendio puede liberarse Cloruro de Hidrógeno.
<b>Recomendación personal de lucha contra incendios</b>	Llevar puesto equipo de protección respiratoria, independientemente del aire ambiental, llevar traje de protección corporal completo.
<b>Otros datos</b>	El agua de extinción contaminada debe recogerse por separado y no debe ser desechada al alcantarillado,

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL	
<b>Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia</b>	Llevar puesto equipo de protección, mantener alejadas las personas sin protección, asegurarse de que haya suficiente ventilación.
<b>Precauciones relativas al medio ambiente</b>	No dejar caer en el agua o alcantarillado.
<b>Métodos y material de contención y de limpieza</b>	Recoger producto con arena o material absorbente.
<b>Referencia a otras secciones</b>	Ver sección 8 de para mayor información sobre protección personal, para mayor información sobre la forma de desecho ver sección 13.

7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO	
<b>Precauciones para una manipulación segura</b>	Evitar contacto con los ojos, envase rotulado y alejado del calor; no comer, beber ni fumar durante la manipulación.
<b>Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades</b>	Almacenar en un lugar fresco, ventilado, lejos de materiales incompatibles y en zona sin riesgo de corrosión. El envase debe estar bien cerrado y preferiblemente en dique de contención.
<b>Usos específicos finales</b>	No existen más datos relevantes.

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN, PROTECCIÓN PERSONAL	
<b>Parámetros de control</b>	TLV: 2 mg/m3 como máximo para Al.
<b>Controles técnicos apropiados</b>	Medidas técnicas y observación de métodos se tiene en prioridad del uso de Elementos de protección personal.
<b>Equipo de protección personal</b>	
<b>Protección de ojos</b>	Gafas de protección.
<b>Protección de piel:</b>	Emplear productos cutáneos para el cuidado de la piel cada vez que se utilizan los guantes. Estos guantes se recomienda que sean de caucho de nitrilo de un espesor 0.11mm (recomendado). No de cuero ni algodón. Traje para manipulación de productos químicos.

Figura 1. (Continuación).

<b>Formato</b> <b>Hoja de Seguridad</b> <b>F-09-O V0</b>	<b>ASEFLOC 5500</b>	
--	---------------------	---

<b>Protección respiratoria:</b>	Protección respiratoria para vapores.
<b>Protección en caso de emergencia.</b>	Ropa de trabajo protectora.
<b>Control de exposición ambiental</b>	No dejar introducir en el alcantarillado o fuentes de agua.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
<b>Aspecto</b>	Líquido color ambár rojizo traslúcido
<b>Olor</b>	Ligeramente ácido
<b>Umbral olfativo</b>	No aplicable
<b>pH al 15%</b>	2.5% - 4.5%
<b>Punto de fusión/ punto de congelación</b>	-20°C
<b>Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición</b>	110-120 °C
<b>Punto de inflamación</b>	No determinado
<b>Tasa de evaporación</b>	No determinado
<b>Inflamabilidad (sólido, gas)</b>	No determinado
<b>Inflamabilidad superior/inferior o límites explosivos</b>	No determinado.
<b>Presión de vapor</b>	No aplicable
<b>Densidad de vapor</b>	No aplicable
<b>Densidad</b>	1.30 a 1.4 g/ml (20°C)
<b>Solubilidad en agua</b>	Soluble
<b>Coefficiente de reparto n-octanol/agua</b>	No aplicable
<b>Temperatura de autoinflamación</b>	No determinado
<b>Temperatura de descomposición</b>	No determinado
<b>Viscosidad</b>	No aplicable
<b>Propiedades explosivas</b>	No determinado
<b>Propiedades comburentes</b>	Ningún

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD	
<b>Reactividad</b>	Reacción agresiva con bases y oxidantes.
<b>Estabilidad química</b>	Estable a temperatura ambiente.
<b>Probabilidad de reacciones peligrosas</b>	Reacciones con productos oxidantes ya hay producción de calor, reacciona agresivamente con bases.
<b>Condiciones a evitar</b>	No calentar demasiado para evitar la descomposición térmica y

Figura 1. (Continuación).

<p>Formato Hoja de Seguridad F-09-O V0</p>	<p><b>ASEFLOC 5500</b></p>	
	<p>generación d HCl.</p>	
<p><b>Materiales incompatibles</b></p>	<p>Corrosión de metales.</p>	
<p><b>Productos de descomposición peligrosa</b></p>	<p>Véase sección 5.</p>	
<p><b>11. INFORMACION TOXICOLÓGICA</b></p>		
<p><b>Toxicidad aguda: LD/LC50: (dosis letal/dosis letal=50)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Oral:</b> 12700 mg/Kg (rat)</li> <li>TLV: 2 mg/m3 máximo para AI</li> </ul> <p><b>Corrosión o irritación cutáneas:</b> No determinado  <b>Lesiones o irritación ocular graves:</b> No determinado  <b>Sensibilización respiratoria o cutánea:</b> No determinado  <b>Mutagenicidad en células germinales:</b> No determinado  <b>Carcinogenicidad:</b> No determinado  <b>Toxicidad para la reproducción:</b> No determinado  <b>Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única:</b> No determinado  <b>Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas:</b> No determinado  <b>Peligro de aspiración:</b> No determinado.  <b>Información Adicional:</b> No disponible</p>		
<p><b>12. INFORMACION ECOLÓGICA</b></p>		
<p><b>Toxicidad</b></p>	<p>LC50: 1.75 +/- 0.25 mg/L Algas</p>	
<p><b>Persistencia y degradabilidad</b></p>	<p>No determinado</p>	
<p><b>Potencial de bioacumulación</b></p>	<p>No determinado</p>	
<p><b>Movilidad en el suelo</b></p>	<p>No determinado</p>	
<p><b>Resultados de la valoración PBT y mPmB</b></p>	<p>No determinado</p>	
<p><b>Otros efectos adversos</b></p>	<p>Efecto perjudicial por desviación de pH.</p>	
<p><b>13. CONSIDERACIONES SOBRE LA DISPOSICION DEL PRODUCTO</b></p>		
<p><b>Producto/ Desechos de residuos</b></p>	<p>No disponerlos en alcantarillado o fuentes de agua.</p>	
<p><b>Envases contaminados</b></p>	<p>Disponga como ácido.</p>	
<p><b>14. INFORMACION SOBRE TRANSPORTE</b></p>		
<p>Número ONU <b>ADR/RID: 3264    IMDG: 3264    IATA: 3264</b></p>		
<p>Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas <b>ADR/RID: Sales inorgánicas.</b> <b>IMDG: ---</b> <b>IATA: ---</b></p>		
<p>Clase(s) de peligro para el transporte <b>ADR/RID: 8    IMDG: 8    IATA: 8</b></p>		

Figura 1. (Continuación).

<b>Formato</b> <b>Hoja de Seguridad</b> <b>F-09-O V0</b>	<h2 style="margin: 0;">ASEFLOC 5500</h2>	
--	--	---

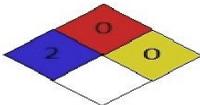
  

Grupo de embalaje <b>ADR/RID: III    IMDG: III    IATA: III</b>
Peligros para el medio ambiente <b>ADR/RID: ---    IMDG: ---    IATA: ---</b>
Precauciones particulares para los usuarios: No determinado

15. INFORMACION REGLAMENTARIA
1. Ley 55 de 1993 de la Presidencia de la Republica, por medio de la cual se aprueba el Convenio No 170 y la recomendación No 177 sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo.
2. Decreto 1609 del 31 de julio de 2002. Ministerio de Transporte. Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
3. Decreto 4741 de 2005. Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
4. Resolución 1023 de 2005. Por la cual se adoptan las guías ambientales como instrumento de autogestión y autorregulación. En las cuales se incluye la siguiente guía: Guías ambientales de almacenamiento y transporte por carreteras de sustancias químicas peligrosas y residuos peligrosos.
5. Ley 30 DE 1986. Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Estupefacientes y se dictan otras disposiciones.
6. Resolución 009 DE 1987. Por la cual se reglamenta en el Territorio Nacional la importación, fabricación, distribución, transporte y uso de Acetona, Cloroformo, Eter Etilico, Acido Clorhídrico y demás sustancias a que hace referencia el literal f) del Artículo 20 de la Ley 30 de 1986.
7. Resolución 009 de 2009. Por medio de la cual reglamenta las actividades y nuevas sustancias sometidas a control especial.
8. Resolución 1111 de 2017. Estándares Mínimos del SG-SST, donde se estipula que todo producto químico que represente peligro para el trabajador y el cliente debe estar normalizado por el SGA.

16. INFORMACION ADICIONAL
<b>16.1 IDENTIFICACION NFPA</b>

Salud: 2    Inflamabilidad: 0    Reactividad: 0 Riesgo Específico: N/A
0= peligro mínimo, 1= peligro leve, 2= peligro moderado, 3= peligro grave, 4= peligro
<b>16.2 Otra Información</b>

**Figura 1.** (Continuación).

<b>Formato</b> <b>Hoja de Seguridad</b> <b>F-09-O V0</b>	<b>ASEFLOC 5500</b>	
<p>Los datos suministrados en esta Hoja de Seguridad son ofrecidos por fuentes de proveedor, son ofrecidos de fuente confiable. Describen tan solo medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.</p> <p><b>16.3 Control de Revisiones y cambios:</b></p> <p>Versión 1: 2011: Creación de la hoja de seguridad. Versión 2: 2015: Actualización sección 1. Versión 3: 2016: Actualización sección 1, 2,3, 16. Versión 0: 2017: Actualización y codificación.</p>		

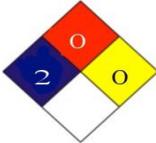
## ANEXO N

### HOJA DE SEGURIDAD DEL SULFATO DE ALUMINIO

**Figura 1.** Hoja de seguridad del Sulfato de Aluminio.

	<b>Hoja de Seguridad</b>  <b>SULFATO DE ALUMINIO</b>	FA 03 01  <i>Ver. : 2</i> <i>20 Agosto de 2009</i> <i>Página 1 de 5</i>
---	--	---



**Pictograma NFPA**

1.IDENTIFICACION DEL MATERIAL Y DE LA COMPAÑIA

Nombre Químico:	Sulfato De Aluminio
Sinónimos:	Alumbre, Torta de Alumbre, Salmuera de Alumbre, Alumbre de perla
Formula:	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> . 14H <sub>2</sub> O
Familia Química:	Sales Inorgánicas
Registro CAS:	10043-01-1
Numero UN:	N.R
Información de la Compañía:	Nombre: Fujian Shan S.A. Dirección: Carretera central de Occidente Km 1.5 Vía Funza, Parque Industrial San Carlos, Etapa I Local 4
Teléfono de Emergencia:	5467000 – Funza

2.COMPOSICION E INFORMACION SOBRE INGREDIENTES

COMPONENTES	
Ingrediente	Sulfato Aluminio
CAS	10043-01-1
%	98 – 100
Peligroso	Si

3.IDENTIFICACION DE PELIGROS

Inhalación:	El Polvo puede causar carraspera, tos, irritación de la nariz y la garganta.
Ingestión:	Nauseas, Vomito.
Contacto con la Piel:	Irritación.
Contacto Ocular:	Irritación con posibles heridas permanentes.

4.PRIMEROS AUXILIOS

Figura 1. (Continuación).

	<b>Hoja de Seguridad</b>	<b>FA 03 01</b>
	<b>SULFATO DE ALUMINIO</b>	<i>Ver. : 2</i> <i>20 Agosto de 2009</i> <i>Página 2 de 5</i>

Inhalación:	Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la persona abrigada en reposo. Buscar atención médica.
Ingestión:	Lavar la boca con agua. Si esta consciente, suministrar abundante agua. No inducir al vomito, si este se presenta inclinar la victima hacia adelante.
Contacto con la Piel:	Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar Atención médica.
Contacto Ocular:	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los parpados para asegurar la remoción del químico.

**5. MEDIDAS CONTRA INCENDIOS**

Peligros de Incendio y/o explosión: No inflamable ni combustible.  
 Productos de la combustión: Puede desprender gases tóxicos de óxidos de azufre a temperaturas superiores a 760 °C.  
 Precauciones: Eliminar toda fuente de calor que lo lleve a la combustión. No inhalar los gases producidos.  
 Procedimientos en caso de incendio y/o Explosión: Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Estar a favor del viento. Usar equipo de protección personal.  
 Agentes Extintores del Fuego: Usar el agente de extinción adecuado según el tipo de incendio del alrededor.

**6. MEDIDAS PARA EL CONTROL DE DERRAMES Y FUGAS**

Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición.

**7. MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO**

Almacenamiento: Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados.  
 Manipulación: Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar ni comer en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer donde esta el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto.

**8. CONTROL A LA EXPOSICION / PROTECCION PERSONAL**

Figura 1. (Continuación).

	<b>Hoja de Seguridad</b>	FA 03 01
	<b>SULFATO DE ALUMINIO</b>	<i>Ver. : 2</i> <i>20 Agosto de 2009</i>
		<i>Página 3 de 5</i>

Controles de Ingeniería:	Ventilación local y general, para asegurar que la concentración no exceda los límites de exposición ocupacional o se mantenga lo mas baja posible. Considerar la posibilidad de encerrar el proceso. Garantizar el control de las condiciones del proceso. Suministrar aire de reemplazo continuamente para suplir el aire removido.
<b>Equipos de Protección Personal</b>	
Respiratoria:	Respirador con Filtro para polvo.
Cutánea:	Overol, guantes, botas.
Ojos y Cara:	Gafas de seguridad.
Otro Tipo de Protección requerida:	Equipo de respiración autónomo.

<b>9. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS</b>
--

Estado Fisico	Sólido Granulado
Apariencia y Olor	Blanco Sin Olor Característico
Concentracion como Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> * 14 H <sub>2</sub> O	100%
pH	3-4 en solución al 1% en agua
Temperatura de Descomposición	760 °C
Temperatura de auto ignición	No Aplicable
Punto de Inflamación	No Aplicable
Propiedades Explosivas	No Aplicable
Peligros de Fuego y Explosión	No Aplicable
Densidad de Vapor	No Detectable

<b>10. REACTIVIDAD Y ESTABILIDAD</b>
--------------------------------------

Estabilidad:	Estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento.
Incompatibilidades:	Corrosivo en metales con presencia de agua
Condiciones a evitar:	Humedad e incompatibles.
Productos por descomposición peligrosa:	Se hidroliza para formar ácido sulfúrico diluido. Se pueden formar óxidos de azufre tóxico y corrosivo cuando se

**Figura 1. (Continuación).**

	<b>Hoja de Seguridad</b>	<b>FA 03 01</b>
	<b>SULFATO DE ALUMINIO</b>	<i>Ver. : 2</i> <i>20 Agosto de 2009</i> <i>Página 4 de 5</i>

Polimerización Peligrosa	calienta hasta la descomposición. No ocurrirá.
--------------------------	---

**11. INFORMACION TOXICOLOGICA**

Anhydrous Material: LD50 oral en ratones: 6027 mg/kg; irritación ojos de conejos 10 mg/24H severa; Ha sido investigado como mutagénico, causante de efectos reproductivos.

18-Hydrate: LD50 oral en ratones: > 9 gm/kg; Ha sido investigado como mutagénico.

Lista de Cánceres

--Carcinógeno NTP--

Ingrediente	Conocido	Anticipado	Categoría	IARC
Sulfato de Aluminio (10043-01-3)	No	No	No	Ninguno

**12. INFORMACION ECOLOGICA**

Nocivo para la vida acuática desde concentraciones bajas.  
Tox. Peces = 240 ppm / 48h/pez

**13. CONSIDERACIONES PARA DISPOSICION**

Material peligroso de desecho. El sólido puede ser enterrado en un relleno especial para sustancias químicas.

**14. INFORMACION SOBRE TRANSPORTE**

Clase Riesgo:	
Numero UN:	N.R.

**15. INFORMACION REGULATORIA**

Esta hoja ha estado preparada según los criterios del peligro de las regulaciones controladas de los productos (CPR) y la hoja contiene toda la información requerida por el CPR.

**16. OTRA INFORMACION**

**Figura 1. (Continuación).**

	<b>Hoja de Seguridad</b>	FA 03 01
	<b>SULFATO DE ALUMINIO</b>	<i>Ver. : 2 20 Agosto de 2009 Página 5 de 5</i>

<b>Clasificación NFPA</b>	
Salud:	2
Inflamabilidad:	0
Reactividad:	0

La Información y recomendaciones que aparecen en esta hoja de seguridad de materiales so a nuestro entender enteramente confiables. Los Consumidores y clientes deberán realizar su propia investigación y verificación sobre el uso seguro de este material
--

**Este documento es propiedad exclusiva de FUJIAN SHAN S.A.**

## ANEXO Ñ

### HOJA DE SEGURIDAD DE POLICLORURO DE ALUMINIO

Figura 1. Hoja de seguridad del Policloruro de Aluminio.

		
<b>HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD</b>		
Nombre del Producto: <b>POLICLORURO DE ALUMINIO LIQUIDO</b>		
Fecha de Revisión: Febrero 2016. Revisión N°2		
		 CORROSIVO 8 ONU: UN:3264
		 NFPA
<b>SECCION 1: IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑIA</b>		
<b>PRODUCTO</b>		
<b>Nombre Químico:</b>	Policloruro de Aluminio (PAC)	
<b>Número CAS:</b>	1327-41-9	
<b>Sinónimos:</b>	Polihidroxiclورو de Aluminio, Clorhidrato de Aluminio, Cloruro Básico de Aluminio, Hidroxiclورو de Aluminio.etc.	
<b>COMPAÑIA:</b>	GTM	
<b>Teléfonos de Emergencia</b>		
México :	+52 55 5831 7905– SETIQ 01 800 00 214 00	
Guatemala:	+502 6628 5858	
El Salvador:	+503 2251 7700	
Honduras:	+504 2564 5454	
Nicaragua:	+505 2269 0361 – Toxicología MINSA: +505 22897395	
Costa Rica:	+506 2537 0010 – Emergencias 9-1-1. Centro Intoxicaciones +506 2223-1028	
Panamá:	+507 512 6182 – Emergencias 9-1-1	
Colombia:	+018000 916012 Cisproquim / (571) 2 88 60 12 (Bogotá)	
Perú:	+511 614 65 00	
Ecuador:	+593 2382 6250 – Emergencias (ECU) 9-1-1	
Argentina	+54 115 031 1774	
Brasil:	+55 21 3591-1868	
<b>SECCION 2: COMPOSICION / INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES</b>		
<b>Óxido de Aluminio:</b>	17 +/- 1% peso	
<b>Familia:</b>	Sales Inorgánicas	
<b>Número CAS:</b>	1327-41-9	
<b>SECCION 3: IDENTIFICACION DE PELIGROS</b>		
<b>Clasificación ONU:</b>	Clase 8 Corrosivo	
<b>Clasificación NFPA:</b>	Salud: 1      Inflamabilidad: 0      Reactividad: 0	
POLICLORURO DE ALUMINIO LIQUIDO Rev.2 Página 1 de 5		

Figura 1. (Continuación).



**EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:**

<b>Inhalación:</b>	Produce dolor en el pecho, tos, dificultad para respirar, dolor de garganta.
<b>Ingestión:</b>	Causa irritación gastrointestinal, náuseas y vomito. Tomar abundante agua o leche, no inducir el vomito.
<b>Contacto con los ojos:</b>	Produce ardor, Irritación y enrojecimiento. Lavar inmediatamente.
<b>Contacto con la piel:</b>	Corrosivo. Produce ligera irritación o enrojecimiento. Lavar inmediatamente
<b>Resumen para casos de emergencia:</b>	Corrosivo. Irritante a los ojos, la piel, si se inhala o se ingiere. Estable a temperatura ambiente y en condiciones normales de uso. Reacciona con bases con desprendimiento de calor, Reacciona violentamente con oxidantes, Por descomposición térmica libera gases irritantes de Acido Clorhídrico

**SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS**

<b>Inhalación:</b>	Lleve la víctima a un sitio confortable, ventilado y fresco. Lavar nariz y boca con agua abundante y mantener en reposo y abrigado. Si no respira de respiración artificial, si su respiración es dificultosa suministre oxígeno. Consultar al médico lo más pronto posible.
<b>Contacto Dérmico:</b>	Lave de inmediato con abundante agua, bajo la ducha remueva la ropa contaminada y zapatos, se debe continuar con el lavado con agua y jabón durante 15 minutos. Si la irritación u enrojecimiento persiste acudir al médico.
<b>Contacto Ocular:</b>	Lave los ojos inmediatamente con agua corriente por un mínimo de 15 minutos. Mantenga los párpados abiertos durante el enjuague y gire los ojos. Si persiste la irritación, repita el lavado. Remita al médico inmediatamente.
<b>Ingestión:</b>	Si la víctima esta consiente y alerta dele a beber agua o leche. No induzca al vomito. Consultar al médico lo más pronto posible. Nunca suministre algo por la boca si la persona esta inconsciente o convulsionando. En caso de vomito disponer a la persona de costado.

Figura 1. (Continuación).

	
<b>SECCION 5: MEDIDAS PARA EXTINCION DE INCENDIOS</b>	
<b>Agente de Extinción:</b>	Use agua para mantener el contenedor refrigerado, Químico seco, o Dióxido de carbono.
<b>Peligros específicos:</b>	No combustible. Puede desprender gases muy irritantes por descomposición térmica a temperaturas elevadas (> 200°C).
<b>Equipo de protección para la Emergencia:</b>	Botas impermeables, guantes y gafas de protección, considere combatir el fuego desde un lugar distante seguro.
<b>SECCION 6: MEDIDAS PARA FUGAS ACCIDENTALES</b>	
<b>Medidas de emergencia a tomar Hay derrame del material:</b>	Restrinja el área hasta que personal entrenado limpie completamente el derrame. Ventile el área.
<b>Equipos de protección:</b>	Use ropa adecuada y el equipo de protección personal recomendado, guantes, botas, traje de caucho (no use algodón ni cuero), casco, mascara de gases. No toque el producto derramado.
<b>Precauciones a tomar para evitar daño al medio ambiente:</b>	Detenga la fuga si es posible, construya un dique de arena. Absorba el producto en arena o un material absorbente del producto (Ej. Vermiculita), recójalo en un recipiente plástico, almacénelo, luego lave el lugar afectado y todas las herramientas usadas
<b>Método de control y limpieza:</b>	Lave completamente.
<b>SECCION 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO</b>	
<b>Condiciones de almacenaje:</b>	El área de almacenamiento debe estar adecuadamente ventilada con dique de protección, no compartido. Los recipientes deben permanecer bien cerrados y sin goteo cuando no estén en uso. Los contenedores vacíos contienen residuos peligrosos. En esta área se debe contar con ducha y lavajos. El área de almacenamiento y el sistema de iluminación deben construirse de materiales resistentes a la corrosión. . Almacénelo en un lugar bien ventilado, fresco, seco y alejado de sustancias incompatibles.
<p>POLICLORURO DE ALUMINIO LIQUIDO Rev.2 Página 3 de 5</p>	

Figura 1. (Continuación).

	 
<b>Otras Precauciones a tomar:</b>	Mantenga el equipo de emergencia siempre disponible. El personal debe estar bien entrenado en el manejo seguro del producto. Los recipientes deben estar debidamente etiquetados y alejados de fuentes de calor. Evite el contacto con los ojos o la piel, no lo ingiera. Evite sus neblinas, vapores o gases. Evite el contacto con ojos, piel y ropas.
<b>SECCION 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL</b>	
<b>Protección respiratoria:</b>	Use respiradores con cartuchos para vapores.
<b>Guantes de protección:</b>	Acrílico, nitrilo o caucho
<b>Protección de la vista:</b>	Use gafas de protección química, careta.
<b>Equipos de protección dérmica:</b>	Use traje, guantes, botas de caucho, neopreno o PVC y casco. No use implementos de cuero o algodón.
<b>Otros equipos de protección:</b>	Manipular cerca de ducha y lava ojos y despeje el área.
<b>Ventilación:</b>	Manipule en lugares con buena ventilación
<b>Límites de exposición:</b>	2 mg/m3 máximo como AI
<b>SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS</b>	
<b>Estado físico:</b>	Líquido
<b>Familia Química:</b>	Sal inorgánica
<b>Apariencia y color:</b>	Color ámbar claro – oscuro
<b>Olor:</b>	Ligeramente ácido
<b>pH:</b>	Ácido, desde 0 hasta 4 unidades de pH
<b>Solubilidad en agua:</b>	Completa
<b>Solubilidad en otros:</b>	Insoluble en solventes orgánicos comunes.
<b>Punto de ebullición:</b>	110 – 120 °C
<b>Punto de fusión y congelación:</b>	- 20 °C Aproximadamente
<b>Peso específico:</b>	1.1 – 1.4 (a 20 °C)
<b>SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	
<b>Estabilidad:</b>	Estable a temperatura y presión normal.
<b>Productos de descomposición peligrosa:</b>	Por descomposición térmica (pirólisis) libera gases irritantes de Ácido Clorhídrico.
<b>Condiciones a evitar:</b>	Evite temperaturas excesivamente altas. Evitar contactos con bases, reaccionan produciendo desprendimiento de calor, reacciona violentamente con oxidantes y productos que desprenden gases en medio ácido (Cloritos, Hipocloritos, Sulfitos, Sulfuros, etc.).
<b>Corrosividad:</b>	Es corrosivo a muchos metales.
POLICLORURO DE ALUMINIO LIQUIDO Rev.2 Página 4 de 5	

Figura 1. (Continuación).

  	
<b>SECCION 11: INFORMACION TOXICOLOGICA</b>	
<b>DL50, oral ratas (mg/kg):</b>	> 12.700
<b>DL50, intraperitoneal ratón</b>	No existen datos
<b>TLV:</b>	2 mg/m3 como Al.
<b>SECCION 12: INFORMACION ECOLOGICA</b>	
<b>Algas:</b>	1.75 +/- 0.25 mg/lit
El producto es una sal inorgánica, si se hidroliza se forman precipitados de Hidróxido de Aluminio con pH de 5 – 7 por lo que disminuye el pH del agua, si existen Fosfatos pueden formarse complejos de Fosfatos metálicos.	
<b>SECCION 13: CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICION</b>	
Sus residuos son considerados como no peligrosos, sin embargo no lo maneje como un desecho normal. No lo disponga en los drenajes, el suelo o fuentes de agua. Neutralizar con Cal o Carbonato de Sodio. Siga las regulaciones locales para su disposición.	
<b>SECCION 14: INFORMACION SOBRE TRANSPORTE</b>	
<b>UN:</b> 3264	
<b>Grupo embalaje/envasado:</b> III	
<b>SECCION 15: INFORMACION REGLAMENTARIA</b>	
Esta hoja de seguridad cumple con la normativa legal de: <u>México:</u> NOM-018-ST5-2000 <u>Guatemala:</u> Código de Trabajo, decreto 1441 <u>Honduras:</u> Acuerdo Ejecutivo No. STSS-053-04 <u>Costa Rica:</u> Decreto N° 28113-S <u>Panamá:</u> Resolución #124, 20 de marzo de 2001 <u>Colombia:</u> NTC 445 22 de Julio de 1998 <u>Ecuador:</u> NTE INEN 2 266:200	
<b>SECCION 16: INFORMACION ADICIONAL</b>	
La información indicada en ésta Hoja de Seguridad fue recopilada y respaldada con la información suministrada en las Hojas de Seguridad de los proveedores. La información relacionada con este producto puede ser no válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este material específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico. Esta no es intencionada como completa, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales.	
<b>CONTROL DE REVISIONES Y CAMBIOS DE VERSIÓN:</b>	
Febrero 2016. Se actualizó la información en la sección No.1.	
POLICLORURO DE ALUMINIO LIQUIDO Rev.2 Página 5 de 5	