

PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA SOMOS K S.A.

CARLOS FELIPE MILLAN MELO
LEIDY MILEN POLANIA VILLEGAS

FUNDACION UNIVERSIDAD AMERICA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA QUIMICA
BOGOTA D.C
2018

PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA SOMOS K S.A.

CARLOS FELIPE MILLAN MELO

LEIDY MILEN POLANIA VILLEGAS

Proyecto integral de grado para optar por el título de
ÍNGENIERO QUÍMICO

Director

ALEXANDER LOPEZ CASTRO

Ingeniero Químico

FUNDACION UNIVERSIDAD AMERICA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA QUIMICA
BOGOTA D.C
2018

Nota De Aceptación

Orientador. Elizabeth Torres

Jurado1.Nubia Liliana Becerra Ospina

Jurado2.David Triviño Rodríguez

Bogotá febrero 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.

Secretario General:

Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCIA-PEÑA.

Decano Facultad de Ingeniería:

Dr. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI.

Director del Programa de Ingeniería de 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.

En primer lugar, quiero agradecerle a Dios quien siempre me ha dado la fortaleza y sabiduría para afrontar los retos y oportunidades, en segundo lugar, a la empresa SOMOS K S.A. y a sus directivos, quienes nos brindaron la oportunidad de llevar a cabo este proyecto, también a todo el personal por su amabilidad y disponibilidad. Por otro lado, agradezco al Ingeniero Alexander López quien nos guio en el desarrollo de la propuesta. Así mismo, un sincero agradecimiento al Ingeniero Leonardo por su constante apoyo.

A los profesores, un gran agradecimiento por brindarme bases sólidas y consolidadas para poder llevar a cabo esta propuesta.

Por último, el mayor agradecimiento a mi familia, quienes estuvieron incondicionalmente durante este el proceso, en especial a mis padres porque me han acompañado y apoyado a lo largo de toda mi vida.

Leidy Milen Polania Villegas

No podría comenzar agradeciendo a nadie más que a Dios, mi sustento mi roca que durante este tiempo ha sido fiel desde el principio hasta fin, al él toda la GLORIA. A cada uno que confió en mí y mis capacidades para lograr este objetivo profesional a mi familia en especial a mi tío John y mi tía Helena por el apoyo incondicional. Gracias muchas gracias a mi madre y hermana que siempre estuvieron hay para apoyarme y darme palabras de ánimo.

A Somos K S.A, en especial al ingeniero Erik Pinzón y a sus colaboradores quienes nos abrieron las puertas de la empresa para llevar a cabo este proyecto. Por otro lado, agradezco a todo el personal de la Universidad de América a los profesores quienes resolvieron dudas en momentos difíciles, en especial a la ingeniera Elizabeth Torres, y a los ingenieros Alexander López y Diana Cuesta.

Y por último agradezco a mi padre Carlos Alberto Millan García, quien fue mi guía, con sus palabra y sus actos de motivación y entrega para alcanzar las metas propuestas durante vida de mismo modo enseñadme que siempre hay una salida a cada situación que estamos pasado que es JESUS CRISTO.

Carlos Felipe Millan Melo

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

SOMOS K S.A., por permitir el desarrollo de este proyecto dentro de sus instalaciones. También por el apoyo de todas las personas que allí laboran.

Al profesor Alexander López, por su colaboración y su seguimiento detallado en su calidad de director del proyecto.

Al ingeniero Elizabeth Torres por su apoyo y por brindar orientación en el desarrollo de este proyecto.

Al señor Erik G Pinzón V, por su colaboración incondicional y paciencia durante todo el proceso de desarrollo del proyecto.

A todas esas personas y organizaciones que de una u otra forma brindaron apoyo técnico y académico para la orientación de este proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	22
OBJETIVOS	23
1. MARCO DE REFERENCIA	24
1.1 MARCO TEÓRICO	24
1.1.1 Generalidades del agua residual	24
1.1.1.1 Características de las aguas residuales.	24
1.1.1.2 Contaminantes del agua residual.	26
1.1.2 Tratamiento de aguas residuales.	27
1.1.2.1 Pre- tratamiento.	27
1.1.2.2 Tratamiento primario.	29
1.1.2.3 Tratamiento secundario.	36
1.1.2.4 Tratamiento terciario.	36
1.2 MARCO LEGAL	39
2. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LAS AGUAS RESIDUALES	40
2.1 DESCRIPCION DEL PROCESO DE LAVADO	40
2.1.1 Condiciones actuales del lavado de buses.	42
2.1.2 Descripción general del proceso de lavado.	43
2.1.3 Insumos en el proceso de lavado.	44
2.1.4 Dosificación de insumos.	47
2.2 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA ACTUAL DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	48
2.2.1 Procesos y operaciones unitarias de la PTAR.	48
2.2.2 Procesos de mantenimiento.	52
2.2.3 Reactivos químicos.	57
2.3 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL	57
2.3.1 Método de muestreo.	58
2.3.2 Comparación con la normatividad.	58
2.3.3 Posibles problemas de operación de la PTAR	59
3. PROPUESTA DE MEJORA	64
3.1 SISTEMAS DE REMOCIÓN DE GRASAS Y ACEITES	64
3.2 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	67
3.2.1 Criterios de selección.	68
3.2.2 Matriz de selección.	69
3.2.3 Ventajas y desventajas de cada sistema propuesto	71
3.2.3 Ventajas y desventajas de cada sistema propuesto	72
3.3 MEJORA EN EL SISTEMA DE SEDIMENTACIÓN	75
3.4 EVALUACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN	76
3.4.1 Determinación de la dosificación.	77
3.4.2 Ensayo de jarras.	77
3.4.2.1 Reactivos utilizados	78

3.4.2.1 Reactivos utilizados	79
3.4.2.2 Equipos utilizados.	80
3.4.2.3 Parámetros de operación	81
3.4.2.4 Procedimiento test de jarras	82
3.5ANÁLISIS DE RESULTADOS	96
4. ESPECIFICAR LAS ETAPAS DE LA PTAR CON BASE EN LA SOLUCIÓN PLANTEADA	99
4.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	99
4.1.1 Especificaciones técnicas de equipo.	99
4.1.1.1 Trampa de grasas y aceites.	99
4.1.1.2 Tanque sedimentador.	103
4.1.1.3 Diagrama propuesta planteada.	106
4.1.2 Especificaciones técnicas de dosificación.	107
4.2 MEDIDAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA PTAR	108
4.2.1 Parámetros de operación y mantenimiento	109
5. ANÁLISIS FINANCIERO	112
5.1 COSTOS ACTUALES	112
5.1.1 Costos operacionales.	112
5.1.2 Sanciones.	114
5.1.3 Sellamiento.	118
5.1.4 Análisis de costos del funcionamiento actual.	118
5.2 COSTOS OPERACIONALES CON LA PROPUESTA PLANTEADA	119
5.2.1 Costos operacionales	119
5.2.2 Análisis de costos propuesta planteada. Se determinar todos los gastos en que la empresa incurriría con la propuesta planteada y se determina la inversión de este.	121
5.3 EVALUACION FINANCIERA	122
5.3.1 Flujo de caja	122
5.3.2 Cálculo de la tasa de oportunidad	123
5.3.3 Cálculo del evaluador financiero:	124
5.3.3.1. Cálculo del VPN (Beneficio):	124
5.3.3.2. Cálculo de la relación Beneficio/ costo.	125
6. CONCLUSIONES	126
7. RECOMENDACIONES	127
BIBLIOGRAFIA	128
ANEXOS	131

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Horario de actividades de limpieza y operarios	43
Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas desengrasante motores	44
Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas champú para autos	45
Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas varsol	45
Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas limpia vidrios industrial	46
Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas silicona emulsionada	46
Tabla 7. Propiedades fisicoquímicas ambientador	47
Tabla 8. Consumo de productos químicos a diario para el proceso de lavado.	47
Tabla 9. Dimensiones del tanque de sedimentación	51
Tabla 10. Dimensiones del tanque de equilibrio	51
Tabla 11. Resultados caracterización y normatividad	58
Tabla 12. Criterios y porcentajes de selección	68
Tabla 13. Escala de clasificación para las alternativas de mejora.	69
Tabla 14. Calificación respectiva de los criterios.	70
Tabla 15. Matriz de selección para determinar la unidad de remoción de grasas y aceites	74
Tabla 16. Dosificación de las alternativas propuestas	77
Tabla 17. Parámetros iniciales	84
Tabla 18. Prueba de jarras alternativa 1	87
Tabla 19. Prueba de jarras alternativa 2	90
Tabla 20. Prueba de jarras 3	93
Tabla 21. Volumen requerido para caracterización	96
Tabla 22. Resultados caracterización de alternativas propuesta.	96
Tabla 23. Diseño unidad de trampa de grasas y aceites	100
Tabla 24. Volumen utilizado de insumos	107
Tabla 25. Costo de reactivos utilizados en la PTAR SOMOS K.S.A.	112
Tabla 26. Costo por kWh de las bombas en la empresa Somos K. S.A.	113
Tabla 27. Mantenimientos de la PTAR	114
Tabla 28. Valores otorgados a las variables necesarias para la tasación monetaria de la multa	118
Tabla 29. Consolidado costos actuales	119
Tabla 30. Costos reactivos usados en la propuesta de mejora de la PTAR	119
Tabla 31. Costo por kWh de las bombas utilizadas en la PTAR de la empresa Somos K. S.A.	120
Tabla 32. Costos de mantenimiento equipos – inversión	121
Tabla 33. Consolidado costos con propuesta	121

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias.	24
Cuadro 2. Contaminantes de importancia en aguas residuales	26
Cuadro 3. Coagulantes utilizados en el proceso de tratamiento de aguas residuales.	32
Cuadro 4. Tipos de floculantes	34
Cuadro 5. Programación aseo instalaciones y equipos de la PTAR	53
Cuadro 6. Sistema 1 Flotación por aire disuelto	71
Cuadro 7. Sistema 2 Evaporación al vacío	72
Cuadro 8. Sistema 3 Trampa de grasas y aceites	73
Cuadro 9. Reactivos test de jarras	78
Cuadro 10. Equipos test de jarras	80
Cuadro 11. Parámetros de operación	81
Cuadro 12. Variables del proceso	83
Cuadro 13. Índice de floculación de Willcomb	87
Cuadro 14. Resultados alternativa 1	88
Cuadro 15. Resultados alternativa 2	91
Cuadro 16. Resultados alternativa 3	94
Cuadro 17. Comparación de sulfato de aluminio e hidroxiclورو de aluminio	98
Cuadro 18. Dimensionamiento de la trampa de grasas	102
Cuadro 19. Medidas tanque sedimentador	103
Cuadro 20. Características específicas unidad de trampa de grasas y aceites	110
Cuadro 21. Valor otorgado a los atributos para la determinación del grado de afectación ambiental	116
Cuadro 22. Flujo de caja sin proyecto	122
Cuadro 23. Flujo de caja con proyecto	123
Cuadro 24. Beneficio generado	123

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Plano patio del Portal de las Américas	41
Figura 2. Arco 1 de lavado- sensores	43
Figura 3. Plano de la planta de tratamiento de aguas residuales.	48
Figura 4. Rejilla perimetral	50
Figura 5. Módulo de filtros	52
Figura 6. Retrolavado de filtros	54
Figura 7. Tanques de preparación de reactivos químicos	54
Figura 8. Rejillas perimetrales	55
Figura 9. Bombas dosificadoras de químicos	55
Figura 10. Depósito de contención de químicos	56
Figura 11. Limpieza tanques de almacenamiento, equilibrio y sedimentador	56
Figura 12. Acumulación de residuos en el mezclador	60
Figura 13. Esquema de funcionamiento de una unidad de flotación por aire disuelto	65
Figura 14. Evaporador al vacío de agua residual industria	66
Figura 15. Unidad de trampa de grasas simple	67
Figura 16. Test de jarras con hidróxido de sodio como neutralizante e Hidroxicloruro de aluminio como coagulante.	85
Figura 17. Proceso de filtración	85
Figura 18. Test de jarras con hidróxido de sodio como neutralizante y Sulfato de aluminio como coagulante.	89
Figura 19. Proceso de filtración alternativa 2	89
Figura 20. Test de jarras con hidróxido de calcio como neutralizante y Sulfato de aluminio como coagulante.	92
Figura 21. Proceso de filtración alternativa 3	92
Figura 22. Unidad de trampa de grasas y aceite propuesto	102
Figura 23. Angulo tolva de lodos	103
Figura 24. Tanque de sedimentación propuesto con tolva de lodos	105
Figura 25. Sistema de tratamiento del agua residual con la propuesta planteada.	106

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Gráfica 1. Estadística buses lavados primer semestre año 2017	42
Gráfica 2. Comparación con la resolución 0631 del 2015	59
Gráfica 3. Curva de neutralización-Soda caustica	86
Gráfica 4. Curva de neutralización-Hidróxido de calcio	93
Gráfica 5. Comparación de conductividad con la alternativa escogida.	94
Gráfica 6. Comparación de turbiedad con la alternativa escogida.	95

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Puntuación de la alternativa	71
Ecuación 2. Remoción Turbidez	87
Ecuación 3. Volumen Trampa de grasa	100
Ecuación 4. Área superficial Trampa de grasa	101
Ecuación 5. Tangente β	104
Ecuación 6. Volumen piramidal	104
Ecuación 7. Tiempo de retención	110
Ecuación 8. Multa generada según Resolución 2086 del 2010	114
Ecuación 9. Beneficio ilícito	115
Ecuación 10. Grado de afectación ambiental	116
Ecuación 11. Grado de afectación en unidades monetarias	116
Ecuación 12. Factor de temporalidad	117
Ecuación 13. Calculo de la TIO	124
Ecuación 14. Calculo de VPN	124
Ecuación 15. Calculo de la relación beneficio costo	125
Ecuación 16. Dosificación	146
Ecuación 17. Dosificación de hidroxiclорuro de aluminio	147

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Tratamiento de agua residual de la empresa Somos K S.A.	pág. 49
Diagrama 2. Procedimiento test de jarras	82

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Fichas tecnica de los insumos utilizados actualmente para lavados y tratamiento de aguas en la empresa.	132
Anexo B. Planos de la planta de tratamiento y del patio del portal americas	143
Anexo C. Estadística buses lavados primer semestre, año 2017.	145
Anexo D. Medtodologia del calculo de dosificacion de reactivos quimicos.	146
Anexo E. Procedimiento test de jarras.	151
Anexo F. Resultado caracterizacion de las propuestas planteadas.	152
Anexo G. Cotizaciones de unidad e insumos propuestos.	154

LISTA DE ABREVIATURAS

DQO: Demanda química de oxígeno
DBO: Demanda bioquímica de oxígeno
SST: Sólidos suspendidos totales
PAC: Policloruro de aluminio
PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales
NTU: Número de unidades de turbiedad
TG: Trampa de grasas
TIO: Tasa interna de oportunidad
VPN: Valor presente neto

GLOSARIO

AGUA RESIDUAL: es toda agua residual vertida desde un punto utilizado para efectuar cualquier actividad comercial o industrial

COAGULACIÓN: consiste en desestabilizar las micelas o coloides que tienen iones generadores de cargas electrostáticas superficiales, de manera que se anulan las cargas, las micelas se aglomerarían y la mayor densidad de estos aglomerados se sedimentan, donde el coloide se coagula.

COAGULANTE: producto químico que se le añade a las aguas residuales para la neutralización de las cargas de las micelas.

DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno): es la calidad de oxígeno que requieren los microorganismos, para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias es el parámetro más usado para medir la calidad de las aguas residuales.

DQO (Demanda Química de Oxígeno): es un parámetro que mide el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte, por lo general dicromato de potasio en un medio ácido y a alta temperatura. Para facilitar la oxidación de ciertas clases de compuestos orgánicos se necesita un catalizador (sulfato de plata).

FILTRACIÓN: es una operación utilizada para remover sólidos, material no sedimentable, turbiedad, fosforo, DBO, DQO, metales pesados y virus, es decir, para asegurar la calidad superior del efluente secundario.

FLOCULACIÓN: se refiere a la aglomeración de partículas coaguladas en partículas floculantes; es el proceso por el cual, una vez desestabilizados los coloides, se provee una mezcla suave de partículas para incrementar la tasa de encuentros o colisiones entre ellas sin romper o disturbar los agentes pre-formados.

FLOCULANTE: producto químico que aglomera las partículas coaguladas mejorando las características de sedimentación de los sólidos en suspensión, después del proceso de coagulación.

GRASAS Y ACEITES: compuestos de carbono, hidrogeno y oxigeno que flotan en el agua residual, recubren la superficie con las cuales entran en contacto. Es un derivado del petróleo y el alquitrán y contienen principalmente, carbón e hidrogeno.

METALES PESADOS: son trazas de muchos metales tales como níquel (Ni), manganeso(Mn), plomo (Pb), cromo(Cr), cadmio(Cd), zinc (Zn), cobre(Cu), hierro (Fe) y mercurio (Hg), son importantes constituyentes, algunos de estos metales son necesarios para desarrollar la vía biológica y su ausencia en cantidades suficientes podrá limitar el crecimiento.

NEUTRALIZACIÓN: es la adición de un álcali o un ácido a un residuo, para obtener un rango de pH cercano a 7.0, se usa para proteger fuentes receptoras de descargas alcalinas o acidas, o para permitir el pos tratamiento de dichos residuos.

PLANTA DE TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL: es una instalación donde las aguas residuales se les retiran los contaminantes para hacer de ella un agua sin riesgos a la salud y/o medio ambiente al disponerla en un cuerpo receptor natural o por su reutilización en otras actividades (excepto el consumo humano).

SEDIMENTACIÓN: operación por la cual se remueven las partículas sólidas de una suspensión mediante la fuerza de gravedad, en algunos casos se denominan clarificación o espesamiento. Entre las formas de sedimentación usadas en la purificación del agua se encuentran la sedimentación simple y sedimentación después de coagulación y floculación o ablandamiento.

TENSOACTIVOS: son grandes moléculas orgánicas, ligeramente solubles en agua, tienen la propiedad de disminuir la tensión superficial de los líquidos en los que se hayan disuelto, disminuyen la solubilidad del oxígeno, se fabrican mediante la mezcla de detergentes o agentes tensoactivos con sales sódicas como sulfatos, fosfatos y carbonatos.

ÍNDICE DE WILLCOMB: es un criterio de tipo visual en el cual se evalúa la buena formación del floculo y la cristalización del agua después de haber realizado un test de jarras.

RESUMEN

TÍTULO DEL PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA SOMOS K S.A.

El presente trabajo de grado desarrolla una propuesta de mejora para el sistema de tratamiento de agua residual de la empresa SOMOS K S.A. en la PTAR debido a que no se está dando cumplimiento con ciertos parámetros exigidos por la Resolución 0631 del 2015.

Se determinaron y analizaron los posibles problemas de operación y mantenimiento de la PTAR y teniendo en cuenta estos parámetros analizados y por medio de información bibliográfica, se plantearon 3 alternativas de mejora que permitirían reducir contaminantes que no cumplían la normatividad. Se propone el diseño de la unidad de trampa de grasas por medio de 3 alternativas, mediante una matriz de selección, se escogió la alternativa que mejor se ajustaba según las necesidades de la empresa. Una vez que se escogió la alternativa de mejora, se procedió a realizar la experimentación, teniendo en cuenta el paso a paso que contempla etapas de, coagulación, floculación y sedimentación. Esta agua tratada se envía para realizar la respectiva caracterización, de esta manera determinar la disminución en los parámetros problema.

Se plantea para la propuesta de mejora una unidad de trampa de grasas, un sistema de recolección de lodos y experimentalmente se determinó que la mejor alternativa es la utilización de hidróxido de sodio como neutralizante, hidroxocloruro de aluminio como coagulante y polímero catiónico para el proceso de floculación.

Por último, se realizó un análisis de costos, teniendo en cuenta los costos actuales de la empresa y los costos con propuesta y las posibles sanciones y sellamientos que serían aplicadas en caso de no cumplir con la normatividad dando como resultado un proyecto sustentable y aplicable.

PALABRAS CLAVES

- Separación de grasas
- Rejillas perimetrales
- Coagulación y floculación
- Normatividad/Resolución
- Agua Tratada

INTRODUCCIÓN

La empresa SOMOS K S.A. es una de las siete empresas que conforman el sistema de transmilenio y está encargada de operar en el patio del portal de las Américas. SOMOS K S.A maneja un proceso de limpieza y lavado de la flota con un promedio de 51m³ de agua por día. Esta es tratada en una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) donde por medio de un tratamiento físico químico se reducen y se obtienen las características necesarias para la reutilización de esta; de esta manera, se genera un ahorro económico significativo en el consumo de agua potable.

La empresa SOMOS K S.A., dentro de sus políticas de calidad, buscar mejorar los parámetros que producen el impacto ambiental en el afluente generado por el lavado de los articulados, mediante la implementación de proyectos sostenibles que ayuden a cumplir con la normatividad y el proceso productivo. Para esto, se ha desarrollado un proyecto de tratamiento del agua, que busca disminuir los parámetros críticos, mejorando la calidad del afluente, teniendo en cuenta el costo, la eficiencia, la factibilidad del proceso.

Este trabajo de grado tiene como objetivo desarrollar una propuesta de mejora al sistema tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de las flotas de la empresa SOMOS K S.A. brindándole así una solución que cumpla con los parámetros exigidos por la Resolución 0631 del 2015 Por otro lado el proyecto se empelo en un tiempo comprendido entre los meses de junio a diciembre (tiempo de verano).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta de mejora para el sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa SOMOS K S.A.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado actual de las aguas residuales generadas en el lavado de la flota de la empresa.
- Establecer la solución de mejora cumpliendo la normatividad vigente.
- Determinar las especificaciones técnicas de la mejora de la PTAR con base en la solución planteada.
- Realizar el análisis financiero de la propuesta de mejora a la planta de tratamiento de aguas residuales.

1. MARCO DE REFERENCIA

1.1 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describe el aspecto conceptual para el desarrollo del proyecto, se identifican los posibles contaminantes que afectan al agua residual, los tratamientos que pueden aplicarse, las variables a tener en cuenta para la implementación de una propuesta de mejora y los parámetros que contempla la normatividad colombiana relacionados con vertimientos puntuales a aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

En los procesos industriales se producen aguas residuales con diferentes caracterizaciones propias de cada actividad productiva de la empresa. Estas deben ser tratadas para el cumplimiento de las leyes ambientales ante posibles vertimientos a cuerpos de agua o redes de alcantarillado o en su defecto para la reutilización de estas como planes de reducción de consumos de agua potable y compromisos socio-ambientales. Por supuesto, tener claro el manejo ambiental para las aguas residuales industriales permite tener licencias de funcionamiento vigentes y evitará futuras sanciones por parte de la Secretaria Distrital de Ambiente.

1.1.1 Generalidades del agua residual

1.1.1.1 Características de las aguas residuales. Las aguas residuales poseen distintas propiedades físicas y constituyentes químicos y biológicos las cuales son esenciales en el proceso de estudio de estas, entre las características principales se encuentran:

Cuadro 1. Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias.

Característica	Procedencia	Descripción
Color	Agua residual doméstica e industria, desintegración natural de materiales orgánicos	Indica el origen de contaminación, así como el buen estado o deterioro de tratamiento. El agua residual reciente tiene un color gris y a medida que envejece cambia a color gris oscuro o negro.
Olor	Agua residual en descomposición, vertidos industriales	Son debido a los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica, el agua residual tiene un olor peculiar, algo desagradable.

1.1.1.1 Características de las aguas residuales:

Cuadro 1. (Continuación)

Característica	Procedencia	Descripción
Sólidos totales	Agua de suministro, Agua residuales domésticas e industriales, erosión del suelo infiltración y conexiones incontroladas	Materia que queda como residuo a la evaporación a 103-105°C, Pueden clasificarse como sólidos suspendidos o sólidos filtrables.
Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales	Las temperaturas de las aguas residuales son más altas que las de suministro, influyen en las reacciones químicas y velocidades de reacción
Agentes tensoactivos	Aguas residuales domésticas e industriales	Disminuye la tensión superficial del agua y favorece la formación de espumas, aun en bajas concentraciones, cuando se acumulan en la interfaz aire – agua, disminuye la solubilidad del oxígeno.
Fenoles	Vertidos industriales	Compuestos aromáticos, no biodegradables, pero son tolerables concentraciones de 500 mg/L, poseen una alta demanda de oxígeno.
Grasas y aceites	Aguas residuales domésticas e industriales	Causan iridiscencia, y problemas de mantenimiento, e interfieren con la actividad biológica pues son difíciles de biodegradar generalmente provienen de hidrocarburos.
pH	Vertidos Industriales	Medida de la concentración de ion hidrogeno en el agua, cuando el pH aumenta, predomina la alcalinidad por carbonatos.
Metales pesados	Vertidos Industriales	En cantidades excesivas interferirá en la toxicidad, pueden determinarse a concentraciones muy bajas por métodos instrumentales.
Turbiedad	Aguas residuales domesticas e industriales	Es una medida óptica del material suspendido en el agua, se pueden considerar un factor importante del control de la calidad del agua.

Fuente: METCALF y EDDY, INC. Ingeniera sanitaria. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales. 2 ed. Barcelona 1994. 60p. -ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 3 ed. Bogotá D.C. ILLERA, Luis, 2008. p. 28-71

Entre los principales contaminantes del agua que modifican directamente su composición volviéndola impropia para el consumo humano o industrias se encuentran:

- **Grasas y Aceites:** compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno que flotan en el agua residual, recubren la superficie con las cuales entran en contacto. Es un derivado del petróleo y el alquitrán, contienen principalmente carbón e hidrogeno.
- **Metales pesados:** son trazas de muchos metales tales como níquel (Ni), manganeso(Mn), plomo (Pb), cromo(Cr), cadmio(Cd), zinc (Zn), cobre(Cu), hierro (Fe) y mercurio (Hg), son importantes constituyentes, algunos de estos metales son necesarios para desarrollar la vía biológica y su ausencia en cantidades suficientes podría limitar el crecimiento.
- **Tensoactivos:** son grandes moléculas orgánicas, ligeramente solubles en agua, tienen la propiedad de disminuir la tensión superficial de los líquidos en los que se hayan disuelto, disminuyen la solubilidad del oxígeno.

1.1.1.2 Contaminantes del agua residual. El agua residual presenta distintos tipos de contaminantes dependiendo del uso industrial al que se haya destinado, los cuales no deben sobrepasar unas concentraciones máximas permisibles para el proceso de vertimiento o reúso; estos contaminantes requieren de distintos procesos para ser disminuidos o eliminados los cuales se muestran en el **Cuadro 2**. Entre los contaminantes más importantes se encuentran:

Cuadro 2. Contaminantes de importancia en aguas residuales

Contaminantes	Parámetro de Medida	Impacto Ambiental	Sistema de Tratamiento
Materia orgánica biodegradable	DQO, DBO	Desoxigenación del agua, generación de olores indeseables.	Sistemas fisicoquímico Filtración intermitente en arena Filtros percoladores
Materia Suspendida	SST, SSV	Causa turbiedad en el agua, deposita lodos.	Sedimentación, Coagulación/sedimentación Adición de polímeros reactivos químicos Flotación
Metales Pesado	Cu ⁺ - Fe ⁺	Posiblemente deben ser removidos para reutilización del agua.	Precipitación Química e intercambio de iones

**1.1.1.2 Contaminantes del agua residual.
Cuadro 2. (Continuación)**

Materiales Tóxicos	Como cada material tóxico específico	Peligrosidad para la vida vegetal y animal.	Proceso de separación de fases, proceso de transformación química y biológica
Sales inorgánicas	SDT	Limita los usos agrícolas e industriales del agua.	Lodos activados, biorremediación,
Energía Térmica	Temperatura	Reduce la concentración de saturación de oxígeno en el agua.	Separación térmica,
Iones Hidrogeno	pH	Riesgo potencial para organismos acuáticos.	Resinas de intercambio catiónico.
Sólidos Inorgánicos disueltos	Sulfatos	Deben ser removidos para reúso del agua.	Intercambio de iones Osmosis inversa Electrodialisis

Fuente: ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 3 ed. Bogotá D.C: ILLERA, Luis, 2008. 135 p. METCALF y EDDY, INC. Ingeniera sanitaria. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales. 2 ed. Barcelona 1994. 26 p.

1.1.2 Tratamiento de aguas residuales. Evitar la contaminación del agua y del suelo es posible mediante técnicas apropiadas de tratamiento y una buena disposición de las aguas residuales. Las concentraciones de contaminantes y nutrientes hacen parte del objeto de regulación por parte de leyes o normas y de esta manera se establece la calidad apropiada del agua de acuerdo a su aplicabilidad. En los tratamientos de agua residual predominan fenómenos tanto físicos como químicos, en los cuales intervienen operaciones y procesos unitarios, entre los procesos unitarios se encuentran:

1.1.2.1 Pre- tratamiento. Tiene como objetivo remover del agua residual aquellos constituyentes que pueden causar dificultades de operación y mantenimiento en los procesos posteriores o que, en algunos casos, no pueden tratarse juntamente con los demás componentes del agua residual¹, como los son cuerpos sólidos gruesos y finos, donde se utilizan operaciones de tipo mecánico o físico para su remoción, algunas de ellas son²:

¹ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Editorial escuela colombiana de ingeniera. 3 ed. Bogotá D.C .1999. 130p.

²CABIDO, María de pilar y ESCOLÁSTICO, consuelo. Reciclado y tratamiento de residuos. Universidad nacional de educación a distancia. 84p. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=3199391>

- **Cribado:** es la primera operación unitaria que se realiza en las plantas de tratamiento de agua residual, el cribado es la operación utilizada para separar material grueso del agua, mediante el paso de esta por una criba o rejilla. Una rejilla es un dispositivo con aberturas generalmente de tamaño uniforme, utilizado para retener los sólidos que arrastra el agua residual³. La criba puede ser de cualquier material como de láminas metálicas, de madera o de concreto, con agujeros redondos, cuadrados o de cualquier forma geométrica.

De acuerdo con el método de limpieza, las rejillas o cribas de limpieza pueden ser rejillas finas o gruesas. Las gruesas son aquellas que poseen aberturas iguales o mayores de 0,64 cm (¼ pulgada), mientras que las finas tiene una abertura menor de 0,64 cm.

En el tratamiento de aguas residuales se usan rejillas gruesas, principalmente de barras o varillas de acero con la función de proteger bombas, válvulas, tuberías y equipos del taponamiento o interferencia causados por trapos, tarros, y objetos grandes.⁴

La longitud de las rejillas de limpieza manual no debe exceder aberturas mayores de las que permita su limpieza conveniente por parte del operador. En la parte superior de la rejilla debe tenerse una placa de drenaje, con el objetivo de permitir la salida de los materiales removidos durante el proceso. El canal de acceso a la rejilla debe diseñarse para prevenir la acumulación de arenas y materiales pesados, antes y después de la rejilla. El canal debe ser preferiblemente horizontal, recto y perpendicular a la rejilla, para tener una distribución uniforme de los residuos.⁵

- **Separadores de grasa:** el proceso de desengrase o desaceitado consiste en la separación del agua de los flotantes, grasas y aceites que pueden portar, y que serían susceptibles de flotación natural o inducida. Las grasas entre otros inconvenientes, pueden provocar y favorecer fenómenos de flotación de fangos; este es indeseable en procesos posteriores de decantación del agua.⁶ Los tanques separadores de grasas consisten en un depósito dispuesto de tal manera que la materia flotante ascienda y permanezca en la superficie del agua residual hasta que se recoja y se elimine, mientras que el líquido va

³METCALF y EDDY, INC. Ingeniería sanitaria. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales. Editorial labor, S.A. 2 ed. Barcelona 1994. 198p.

⁴ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Editorial escuela colombiana de ingeniería. 3 ed. Bogotá D.C. 1999. 287p.

⁵ Ibid., p.288

⁶Marín, Rafael. Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Edición es Díaz santos. 192p. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=3171374>.

saliendo del tanque de forma continua, a través de una abertura situada en el fondo o por debajo de deflectores de espuma.⁷

El sistema más sencillo para remoción de aceites y grasas usado para establecimientos e industrias pequeñas es la trampa de grasas; esta es una cámara pequeña de flotación en la cual la grasa flota a la superficie libre del agua y es retenida. Mientras que el agua más clara subyacente es descargada con el objetivo de prevenir el taponamiento de las tuberías y el efecto deletéreo que puedan tener ellas sobre la acción bacteriana y la sedimentación en el tanque séptico. El material recogido en la superficie de los tanques separadores de grasas incluye aceite, grasa, jabón, pedazos de madera y corchos, residuos vegetales y pieles de fruta que se producen en las viviendas y en la industria.

La entrada del agua residual se hace por debajo de la superficie del agua y la salida generalmente por el fondo.

Normalmente se diseñan con tiempos de retención de 15 a 30 minutos y de un tamaño mínimo de 2,8 m³.⁸ La trampa de grasas debe tener una suficiente distancia entre su entrada y salida de efluentes para permitir la separación diferencial por gravedad y no dejar escapar grasas por la unidad de salida. Al no realizarle un buen mantenimiento hace que las trampas de grasas no funcionen adecuadamente.

1.1.2.2 Tratamiento primario. Es el conjunto de procesos encaminados a la eliminación de sólidos suspendidos en el agua, por medio del aumento de la tasa de sedimentación gravitacional y el porcentaje de remoción de contaminantes, que por ser más finos no han podido ser eliminados durante el pre- tratamiento. Comprende operaciones de tipo físico y químico como decantación, neutralización y coagulación-floculación, por medio de la adición de pequeñas dosis de sustancias químicas.⁹ Los procesos unitarios considerados en el tratamiento químicamente mejorados son:

- **Neutralización:** la neutralización o ajuste de pH consiste en la adición de un álcali o de un ácido a un agua, de manera que se obtenga un pH cercano a 7.0, este se agrega cuando la alcalinidad del agua no es suficiente para reaccionar con el coagulante, en toda fuente receptora, el pH, es un factor importante para los sistemas de reacciones químicas y para ejercer control de la corrosión. La neutralización supone la reacción de soluciones, con iones

⁷METCALF y EDDY, INC. Ingeniera sanitaria. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales. Editorial labor, S.A. 2 ed. Barcelona 1994. 366p.

⁸Ibid., p.730

⁹LIZARAZO, Jenny y Orjuela, Martha. Sistema de planta de tratamiento de aguas residuales en Colombia. Universidad nacional de Colombia 43p. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthisabelorjuela2013.pdf>.

hidrógenos o hidróxido activos, para formar agua y sales neutras. Para la neutralización de aguas ácidas se emplean reactivos alcalinos, de los cuales los hidróxidos de calcio, óxido o hidróxido de magnesio, o hidróxido de sodio (soda caustica) suelen ser los más empleados para incrementar el pH.

La neutralización de aguas alcalinas se hace agregando, comúnmente, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico y CO₂ en forma de gas¹⁰. Muchos de los procesos de tratamiento de aguas residuales necesitan ajuste de pH, debido a que afecta en los procesos de tratamiento. Para la coagulación, cada coagulante tiene por lo menos una zona de pH óptimo beneficiando también el proceso de floculación de manera que ocurra en un menor tiempo.¹¹

En diferentes industrias se hace uso de ácidos y de sustancias causticas que hacen que sus residuos contengan metales pesados como cromo, zinc, cobre, hierro, níquel, estaño y cianuros. La precipitación de dichos metales hace necesario la modificación del pH del residuo y la aplicación posterior de un proceso de neutralización, teniendo en cuenta la solubilidad de varios metales en función del pH.¹²

- **Homogenización:** se emplea para realizar un total entrelazamiento entre dos sustancias o para realizar el proceso de estabilización. Se realiza por medio de agitadores mecánicos como paletas o por condiciones del diseño que aseguren la turbulencia para aprovechar el régimen circular. Se consigue con ello una regulación del caudal de las aguas residuales, así como la carga de sólidos en suspensión y el DQO, se lleva a cabo en tanques de homogenización que suelen estar sometidos a agitación.¹³ Es un método empleado para retener los vertidos en un depósito, de forma que su efluente sea suficientemente uniforme en sus características sanitarias, como lo es el pH, el color, la turbiedad, alcalinidad y el DBO, entre otros. En los procesos de tratamiento el mezclado tiene generalmente lugar en el régimen de flujo turbulento donde predominan las fuerzas de inercia. Por lo general cuanto más alta sea la velocidad mayor la turbulencia y por lo tanto más eficaz será el mezclado. La intensidad y la duración de la mezcla deben ser controladas; se debe evitar el exceso de mezcla o la mezcla reducida. El exceso de mezcla puede reducir la eficiencia

¹⁰Marín, Rafael. Procesos fisicoquímicos en de duración de aguas: Teoría, práctica problemas resueltos. Ediciones Díaz santos. p 35-37. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=3219952>.

¹¹ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Editorial escuela colombiana de ingeniera. 3 ed. Bogotá D.C .1999.323p.

¹²COGOLLO, Juan. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: Caso de hidroxiclورو de aluminio. 5 de octubre del 2010 vol 78. no 165, p. 18-27. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25636/39133>.

¹³CABIDO, María de pilar y ESCOLÁSTICO, consuelo. Reciclado y tratamiento de residuos. Universidad nacional de educación a distancia. 86p. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=3199391>

de remoción, rompiendo los sólidos existentes en el agua residual y el floc formado.

Una inadecuada dispersión de los químicos incrementa su consumo y reduce las eficiencias de remoción.¹⁴ Realizar la homogeneización mejora las características de tratamiento del agua, como es la estabilización del pH, mejora la eficiencia en las etapas de sedimentación, mejora la filtración y ayuda al control de la dosificación. El mezclado de los líquidos puede realizarse con diferentes instrumentos mecánicos que ayudan a efectuar el proceso como lo son (hélice, cuchilla y anillo) y mezcladores (disco, barra cruzada, pala, ancla, hoja, paleta, espiral). El serpentín también es uno de estos, el cual se caracteriza por tener la forma zigzag, se utiliza para realizar la homogenización del coagulante y floculante con el agua cruda, formando flóculos por los choques y remolinos para realizar el enlace entre las partículas.¹⁵

- **Coagulación:** la coagulación tiene por objeto la acumulación de sólidos suspendidos, sólidos finamente divididos y materiales coloidales, convirtiéndolos en partículas más grandes que se pueden remover con mayor facilidad.¹⁶ Consiste en desestabilizar las partículas suspendidas y/o coloides presentes en el agua residual; los cuales presentan una gran repulsión entre ellas, estas impiden su aglomeración y precipitación por lo que se hace necesaria la adición de un producto químico de manera que se anulan las cargas, las partículas se aglomeran y la mayor densidad de estos aglomerados se sedimenta. Este fenómeno ocurre debido a una serie de reacciones químicas entre los coagulantes, la superficie de las partículas, la alcalinidad del agua y el agua misma. La coagulación comienza al agregar el coagulante al agua en pequeñas fracciones de tiempo donde se desestabiliza en unos pocos segundos.¹⁷ El objetivo de la adición del coagulante es convertir algo de material no sedimentable en material sedimentable. Los coagulantes se dividen en coagulantes orgánicos y los inorgánicos. Los coagulantes orgánicos como inorgánicos aportan una reducción de consumo del 30%-60 %, reduciendo considerablemente los tiempos de coagulación, mejorando la densidad del coagulo formado y eliminando o reduciendo sensiblemente la dosificación.¹⁸

¹⁴ SUAREZ, José Jairo y Navia, Gustavo. Aporte a la utilización de agua termal como coagulante en el tratamiento de aguas residuales municipales. Trabajo de grado para optar al título de especialista en ingeniería Ambiental con énfasis en sanitaria. Universidad nacional de Colombia, sede Manizales. 2007. 26p.

¹⁵ NYF de Colombia – ingeniería en agua. Disponible en internet: <https://www.nyfdecolombia.com/>

¹⁶ RESTREPO, Hernán. Evaluación del proceso de coagulación – floculación de una planta de tratamiento de agua potable. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 2009. 7p. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/877/1/15372239_2009.pdf.

¹⁷ Ibid., p. (8-9).

¹⁸ Ibid., p.10

Factores que influyen en la coagulación:

- **pH:** para cada agua existe un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente.
- **Las sales disueltas:** las sales contenidas en el agua modifican el tiempo requerido para la floculación, cantidad de coagulante requerido, cantidad residual del coagulante dentro del efluente.
- **La temperatura del agua:** la variación de la temperatura conduce a la formación de corrientes de densidad afectando la energía cinética y generando que la coagulación sea más lenta.
- **Dosis de coagulante:** poca cantidad de coagulante no neutraliza totalmente la carga de las partículas por lo que la turbiedad es elevada; alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de las partículas aumentando el tiempo en los procesos de sedimentación y la turbiedad es igual de elevada.
- **Mezcla:** el grado de agitación que se da a las masas de aguas durante la adición de un coagulante, determina si la coagulación es completa; la agitación debe ser uniforme e intensa para asegurar que la mezcla entre el agua y coagulante esté bien realizada.

Entre los coagulantes más comunes se encuentran:

Cuadro 3. Coagulantes utilizados en el proceso de tratamiento de aguas residuales.

Producto químico	Fórmula	Peso molecular (g/mol)
sulfato de alúmina	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O^a$	666,7
sulfato de hierro (caparrosa)	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	278,0
Cal	$Ca(OH)_2$	56 como CaO
cloruro férrico	$FeCl_3$	162,1
sulfato férrico	$Fe_2(SO_4)_3$	400

^a El número de moléculas de agua combinada oscila entre 13 y 14

Fuente: METCALF y EDDY, INC. Ingeniera sanitaria. Tratamiento, evaluación reutilización de aguas residuales. 2 ed. Barcelona1994. p.283-METCALF y EDDY, INC. Ingeniera sanitaria. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales.2 ed. Barcelona1994. p.284

Por medio del proceso de precipitación química se busca obtener un efluente limpio, sin impurezas de estado coloidal o materia en suspensión, donde llegan

a eliminarse del 80 al 90% de la materia suspendida, del 40 al 70 % de la DBO₅, del 30 al 60 % de la DQO y del 80 al 90% de las bacterias.¹⁹

- **Floculación:** es el proceso por el cual, una vez desestabilizados los coloides, se provee una mezcla suave de partículas para incrementar la tasa de encuentros o colisiones entre ellas sin romper o disturbar los agentes preformados, dando como resultado flocs que se pueden retirar fácilmente del agua clarificada ²⁰en este proceso los flocs aumentan su peso específico hasta superar el del líquido que los contiene, lo cual permite la sedimentación del aglomerado. La floculación se produce en condiciones de mezcla suave y lenta, se ve favorecida por una agitación moderada con paletas a poca velocidad. Un mayor contacto entre las partículas favorecerá la formación de flóculos, sin embargo, si la agitación fuese demasiado fuerte, los esfuerzos cortantes que se producen romperán el flóculo en partículas más pequeñas. La agitación debe controlarse con mucho cuidado, para que los flóculos tengan un tamaño adecuado y puedan depositarse rápidamente. Los tiempos de retención típicos para floculación varían entre 5 y 30 minutos.²¹

El proceso de floculación se puede clasificar según como se producen las colisiones entre las partículas, si las colisiones son producidas por el movimiento de las partículas del líquido, es un movimiento browniano se le denomina floculación pericinética, y si las colisiones se producen por la turbulencia del líquido originada por las fuerzas externas se le denomina floculación ortocinética²². Los floculantes facilitan el crecimiento de un flóculo cambiando la carga en la superficie y las características de hidratación del coloide pueden alterar la densidad de las partículas y su estabilidad mecánica durante la formación de una red flocular. Como agentes floculantes se utilizan polielectrolitos orgánicos sintéticos, que son polímeros de elevado peso molecular y solubles en agua, con cargas eléctricas y/o grupos ionizables. Pueden ser de tipo iónico (aniónico o catiónico) o también de tipo no iónico. Al añadir estos polímeros las partículas más pequeñas se absorben en su superficie, favoreciendo así el contacto entre ellas, con lo que da a lugar a la unión intermicelar. Una vez formados los flóculos, deben dejarse reposar

¹⁹ METCALF y EDDY, INC. Ingeniera sanitaria. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales. 2 ed. Barcelona 1994. 283p.

²⁰ BRAVO, David y HENAO, Zulys mileth. Desarrollo de una propuesta de mejora en el sistema de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de los lácteos levelma, municipio cajicá. Proyecto integral de grado para optar por el título de Ingeniero Químico. Universidad de América. 2016. 27p.

²¹ METCALF y EDDY, INC. Ingeniera sanitaria. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales. Editorial labor, S.A. 2 ed. Barcelona 1994. 219p.

²² RESTREPO, Hernán. Evaluación del proceso de coagulación – floculación de una planta de tratamiento de agua potable. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 2009. 7p. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/877/1/15372239_2009.pdf.

durante cierto tiempo en el depósito a fin de favorecer su posterior sedimentación o decantación.²³

Entre los principales floculantes utilizados para el proceso de tratamiento de aguas residuales están:

Cuadro 4. Tipos de floculantes

Tipos de Floculantes	Características
poliacrilamidas aniónicas	Caracterizados por tener grupos ionizados negativamente (grupos carboxílicos).
poliacrilamidas no iónico	Reservadas para potabilización de aguas. Son poliacrilamidas de masa molecular comprendida entre 1 y 30 millones
poliacrilamidas catiónico	Reservadas para potabilización de aguas. Caracterizados por tener en sus cadenas una carga eléctrica positiva, debida a la presencia de grupos amino.

Fuente: METCALF y EDDY, INC. Ingeniera sanitaria. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales.2 ed. Barcelona1994.283p.-METCALF y EDDY, INC. Ingeniera sanitaria. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales.2 ed. Barcelona1994.284p.

La floculación es una alternativa viable para el tratamiento de aguas residuales, con la adición de estas sustancias es posible utilizar bajas dosis de sales metálicas y alcanzar excelentes remociones del DBO y sólidos totales suspendidos, con niveles de producción de lodos más manejables.

- **Sedimentación:** la sedimentación consiste en la separación de distintas partículas que se encuentran en suspensión, las cuales son más pesadas que el agua, mediante el proceso de gravedad. Esta operación se utiliza para la eliminación de arena, materia particulada contenida en el tanque de decantación primaria, de los flóculos químicos cuando se emplea la coagulación química y para la concentración de sólidos en los espesadores de fango.²⁴La función principal de la sedimentación es producir agua clarificada con turbiedad mínima, por lo general de 10 UNT (unidades nefelométrías de turbidez), para una filtración posterior efectiva. El proceso de sedimentación depende de la realización adecuada de la coagulación y la floculación, el operador debe asegurar la obtención del mejor floc posible antes del sedimentador. En general, en los sedimentadores se debe asegurar una

²³ CABIDO, María de pilar y ESCOLÁSTICO, consuelo. Reciclado y tratamiento de residuos. Universidad nacional de educación a distancia. 90p [en línea]. [Citado 2017-10-25]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=3199391>

²⁴METCALF y EDDY ,INC. Ingeniera sanitaria .Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales. Editorial labor, S.A. 2 ed. Barcelona1994.219p.

distribución adecuada del caudal, minimizar los cambios bruscos de flujo, asegurar una carga de rebose apropiado sobre los vertederos efluentes y controlar las cargas superficiales y los tiempos de retención.²⁵Dependiendo de la concentración y tendencia a la interacción de las partículas se pueden generar cuatro tipos de sedimentación.

Para el proceso de sedimentación se requiere un tanque de sedimentación o decantación donde fluye lentamente las aguas residuales, permitiendo que los sólidos en suspensión con una densidad mayor que el líquido circundante conforme lentamente lodo primario. Este lodo se retira por una tubería en tanques de tamaño más pequeño o por medio de raspadores mecánicos. El rendimiento de los tanques de sedimentación depende de los siguientes factores: periodo de retención, características de las aguas residuales, limpieza, temperatura, tamaño de las partículas, eliminación de arena, variaciones en el caudal, longitud del depósito, velocidad y densidad de las partículas, eliminación de fangos y velocidad de vertedero. Los tanques de sedimentación según su tipo se utilizan para flotación de grasas, homogenización, reducción de DBO y eliminación de materia en suspensión precipitable.²⁶

El ensayo más usado para indicar la calidad de la sedimentación es el ensayo de turbiedad; este ensayo es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra.²⁷La turbiedad del agua sedimentada debe mantenerse por debajo de 10 NTU. Los registros de control deben incluir cargas superficiales, cargas de rebose de los vertederos, turbiedad del agua afluente y efluente de cada tanque de sedimentación, cantidad de lodo bombeado o extraído de cada tanque, tipos de problemas de operación encontrados y medidas correctivas.²⁸

²⁵ ROMERO, Jairo. Purificación del agua. Editorial escuela colombiana de ingeniera. 2Ed. Bogotá D.C .2006. 298p.

²⁶ VARGAS, Lidia. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Lima. 2004. p.335-359.

²⁷ Torres, Cecibel. Procedimiento para la turbiedad. 31 de mayo del 2006. p.2-5. Disponible en: <http://www.utp.ac.pa/documentos/2011/pdf/PCUTP-CIHH-LSA-205-2006.pdf>

²⁸ ROMERO, Jairo. Purificación del agua. Editorial escuela colombiana de ingeniera. Ed. Bogotá D.C .2006. 298p.

1.1.2.3 Tratamiento secundario. Es utilizada para eliminar la materia biodegradable por medio de microorganismos (bacterias) que se alimentan de materia orgánica contaminante, la cual se encuentra disuelta o en forma coloidal, estas se convierten en las propias células de dichos microorganismos y se transforma en otros productos más simples, de manera que se degrada. Estos procesos son llevados a cabo en diferentes reactores biológicos los cuales crean y mantienen unas condiciones pertinentes para permitir el desarrollo óptimo de los microorganismos. Los procesos biológicos que se utilizan para este proceso se clasifican en aerobios o anaerobios.²⁹

1.1.2.4 Tratamiento terciario. Sirve para eliminar determinados contaminantes que pudieran aun persistir en las aguas, tales como sales disueltas y microcontaminantes, al fin de eliminar gérmenes patógenos y parásitos, color, detergentes, fosfatos, compuestos nitrogenados; disminución de materias disueltas y en suspensión, reducción de la carga orgánica si esta es muy elevada, las aguas presentan altos valores de DQO y DBO, aun después del tratamiento secundario.³⁰

- **Filtración:** es un proceso de separación de sólidos de un agua, basado en el paso de una mezcla de sólido-líquido a través de un medio más o menos poroso en el cual retiene los mismos, permitiendo el paso del líquido. Es una operación utilizada para remover además de sólidos, material no sedimentable, turbiedad, fósforo, DBO, DQO, metales pesados, virus, por lo que asegura una calidad superior que el efluente secundario.³¹ Para la operación de filtración se suele utilizar diferentes tipos de filtros dependiendo de la calidad del agua a filtrar y sus diferentes contaminantes. La funcionalidad de la filtración se determina por la fuga de sólidos suspendidos en el efluente filtrado o por la pérdida de energía a través del filtro.

Hay distintas formas de clasificar los sistemas de filtración: por gravedad o a presión, lentos o rápidos. La operación de un filtro por gravedad consiste en llenar despacio, con agua, hasta cubrir totalmente el medio, para remover el aire acumulado entre los gránulos del lecho filtrante y prevenir la alteración superficial del medio al entrar el afluente. Este llenado se recomienda hacer cada vez que se deje bajar el nivel del agua por debajo de la superficie del

²⁹ CABIDO, María de pilar y ESCOLÁSTICO, consuelo. Reciclado y tratamiento de residuos. Universidad Nacional de educación a distancia. 89p. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=3199391>

³⁰ CABIDO, María de pilar y ESCOLÁSTICO, consuelo. Reciclado y tratamiento de residuos. Universidad nacional de educación a distancia. p.95-96. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=3199391>

³¹ ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Editorial escuela colombiana de ingeniera. 3 ed. Bogotá D.C .1999. 658p

medio filtrante, para así lograr eliminar entrapamientos de aire y obstrucciones de flujo.³²

La filtración puede ser rápida o lenta. La filtración rápida se da en profundidad es decir cuando la mayor parte de espesor de medio filtrante está activo para el proceso de filtración y su calidad mejora con la profundidad.³³ En filtros lentos, para iniciar la operación se debe realizar un proceso de acondicionamiento del filtro, el cual dura aproximadamente de cuatro a siete días, para formar una película biológica sobre la superficie de la arena.

La efectividad de la filtración es proporcional a la profundidad y finura de la arena e inversamente proporcional a la tasa de filtración. En filtros rápidos nuevos se hace el lavado para remover excesos de finos, antes de ponerlo en operación, para eliminar estos finos se debe realizar un lavado ascensional a la tasa máxima de lavado durante diez a quince minutos, se hace luego el drenaje para remover manualmente el material fino.³⁴

Los principales tipos de lechos filtrantes actualmente utilizados en la filtración de agua residual son:

- **Filtros de carbón activado granular:** se operan generalmente con flujo ascendente y descendente y deben lavarse con agua de buena calidad. Su funcionamiento se basa introduciendo el agua por la parte superior de la columna y sale por la parte inferior, el carbón se mantiene en su lugar por medio de una rejilla en el fondo de la columna.

Uno de los problemas más comunes con el filtro de carbón es la obstrucción motivada por los sólidos en suspensión presentes en el agua residual a tratar. El problema de obstrucción del lecho de carbón se puede superar parcialmente si se utiliza un lavado superficial o aire, o ambos. La regeneración del carbón puede efectuarse mediante el lavado con distintos solventes orgánicos, ácido mineral, sustancias cáusticas, vapor o calor seco. La remoción de compuestos orgánicos y de turbiedad en los filtros de carbón activado granular depende del tipo de carbón activado. Los filtros de carbón activado granular con tamaño efectivo pequeño y un coeficiente de uniformidad grande favorece la adsorción rápida de compuestos orgánicos. Los filtros con gran tamaño y coeficiente de uniformidad pequeño favorecen carreras de filtración más largas, facilitan el proceso de limpieza de los filtros y reducen la pérdida de carga.³⁵

³² ROMERO, Jairo. Purificación del agua. Editorial escuela colombiana de ingeniera. 2Ed. Bogotá D.C. 2006. 299p.

³³ Agua potable. Disponible en: <http://www.elaguapotable.com/filtracion.htm>

³⁴ ROMERO, Jairo. Purificación del agua. Editorial escuela colombiana de ingeniera. 2Ed. Bogotá D.C. 2006. 299p.

³⁵ Ibid., p. 348

- **Filtros de arena:** los filtros de arena son usados para purificar el agua por medio de tanques grandes que contienen un lecho de arena por medio del cual el agua pasa a distintas tasas de 0,1 a 0,3 m/h. El agua es limpiada por métodos físicos-químicos y biológicos, los procesos ocurren en interface de aire-agua. Estos han sido empleados para disminuir la carga orgánica y de nutrientes de las aguas residuales.³⁶A los filtros se les debe realizar un proceso de mantenimiento por medio de un retrolavado, dependiendo del método para el lavado, este puede ser de medio estratificado o no estratificado.

El uso de agua únicamente para retrolavar y fluidizar un filtro de un solo medio se denomina filtro estratificado con partículas en el medio ubicadas en su superficie. El uso simultáneo de agua y aire para lavar y fluidizar en un solo medio da como resultado un lecho no estratificado debido a que se mezclan las partículas finas y gruesas.³⁷

- **Desinfección:** se emplea para reducir principalmente el contenido de bacterias y virus en las aguas residuales tratadas previo a su exposición final. Consiste en la destrucción selectiva de los organismos causantes de enfermedades, debido a que todos los organismos se destruyen durante el proceso de tratamiento. Actualmente en los procesos de tratamiento de agua residual para la desinfección se adiciona cloro, aunque presenta efectos adversos como generación de algunos compuestos cancerígenos.³⁸ El proceso de desinfección que se utilice debe seleccionarse dependiendo del caudal de agua residual a tratar, calidad final deseada de desinfección, razón de aplicación y demanda, el pH del agua que se va a desinfectar, y disponibilidad.

El tratamiento de las aguas residuales se realiza comúnmente mediante agentes químicos, agentes físicos, medios mecánicos y radiación. Los agentes químicos son los más usados en el proceso de tratamiento de agua residual donde se utilizan desinfectantes como: cloro y sus compuestos, bromo, yodo, ozono, fenol, compuestos fenólicos, alcoholes, metales pesados, alcoholes, y compuestos afines, colorantes, jabones y detergentes sintéticos, diversos álcalis o ácidos. Entre los desinfectantes químicos, el cloro es el más utilizado universalmente. Los compuestos de cloro utilizados son el cloro gas (Cl_2), el hipoclorito sódico ($NaClO$) y el dióxido de cloro (ClO_2). En el agua en contacto con el cloro actúan mecanismos oxidativos, reacciones químicas, precipitación de proteínas, modificación de la pared celular de los microorganismos e hidrólisis de compuestos de protoplasma celular. El cloro debe poderse aplicar en dos etapas en caso de ser necesario, antes del tanque de sedimentación

³⁶ AGUA POTABLE. Disponible en: <http://www.elaguapotable.com/filtracion.htm>

³⁷ ROMERO, Jairo. Purificación del agua. Editorial escuela colombiana de ingeniera. 2Ed. Bogotá D.C. 2006. 622p.

³⁸ METCALF y EDDY, INC. Ingeniería sanitaria. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales. Editorial labor, S.A. 2 ed. Barcelona 1994. 313p.

secundaria y después de este, el periodo de contacto en la cámara de cloración no será menor de 30 minutos con base en el caudal medio diario. Después de una mezcla rápida sustancial debe proveerse un tiempo de contacto mínimo de quince minutos en el caudal máximo horario o la razón máxima de bombeo.³⁹

1.2 MARCO LEGAL

El gobierno nacional ha implementado una nueva normatividad que se encarga de regular el manejo de vertimientos, en la cual se establecen el valor de los parámetros mínimos que debe cumplir el agua residual para vertimientos al alcantarillado.

La normatividad por la cual se rige el vertimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa SOMOS K S.A.es:

- La resolución 0631 de 2015. “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”.
- Ley 1333 de 2009. “Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones” El título IV, habla del procedimiento sancionatorio que se debe aplicar como consecuencia de haberse impuesto una medida preventiva. El título V, contiene las medidas preventivas y sanciones aplicables.
- Resolución 2086 de 2010. “Por la cual se adopta la metodología para la tasación de multas consagradas en el numeral 1 del artículo 40 de la Ley 1333 del 21 de julio de 2009 y se toman otras determinaciones” El Artículo 7. Estima el valor de la multa basado en la importancia de la afectación mediante la calificación de cada uno de los atributos.

Por medio de la resolución 0631 del 2015 se establecen los parámetros de incumplimiento del agua tratada en la PTAR, al no generar una propuesta de mejora en el sistema de tratamiento la ley 1333 del 2009 genera las respectivas sanciones y multas ambientales teniendo en cuenta el impacto y la afectación que genera.

³⁹Ibid., p.

2. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LAS AGUAS RESIDUALES

Este capítulo describe las condiciones actuales del efluente a tratar determinando sus condiciones físicas y químicas; además, contempla el análisis e identificación de cada una de las etapas y operaciones unitarias del proceso de tratamiento, los distintos procesos de mantenimiento y los agentes químicos que intervienen. Posteriormente a esto se identifican los posibles problemas de operación. Por último, se realiza la caracterización de la muestra tratada actualmente por la empresa para comparar con la normatividad actual de vertimientos y de esta forma generar un diagnóstico acerca del funcionamiento de la PTAR de la empresa SOMOS K S.A.

2.1 DESCRIPCION DEL PROCESO DE LAVADO

SOMOS K S.A. es una de las ocho empresas que conforman el sistema de transmilenio, la cual maneja sistemas operativos móviles especializados en la prestación de servicios de transporte masivo, encargada de operar en el patio del Portal de las Américas, además de brindar este servicio, se encarga del lavado, alistamiento y almacenamiento de cada uno de estos buses articulados.

La empresa SOMOS K S.A. dispone de una zona de lavado donde se maneja un proceso de limpieza y lavado de la flota con un promedio de 45m³ de agua tratada y de 6 m³ de agua potable para un total de 51 m³ de agua al día.

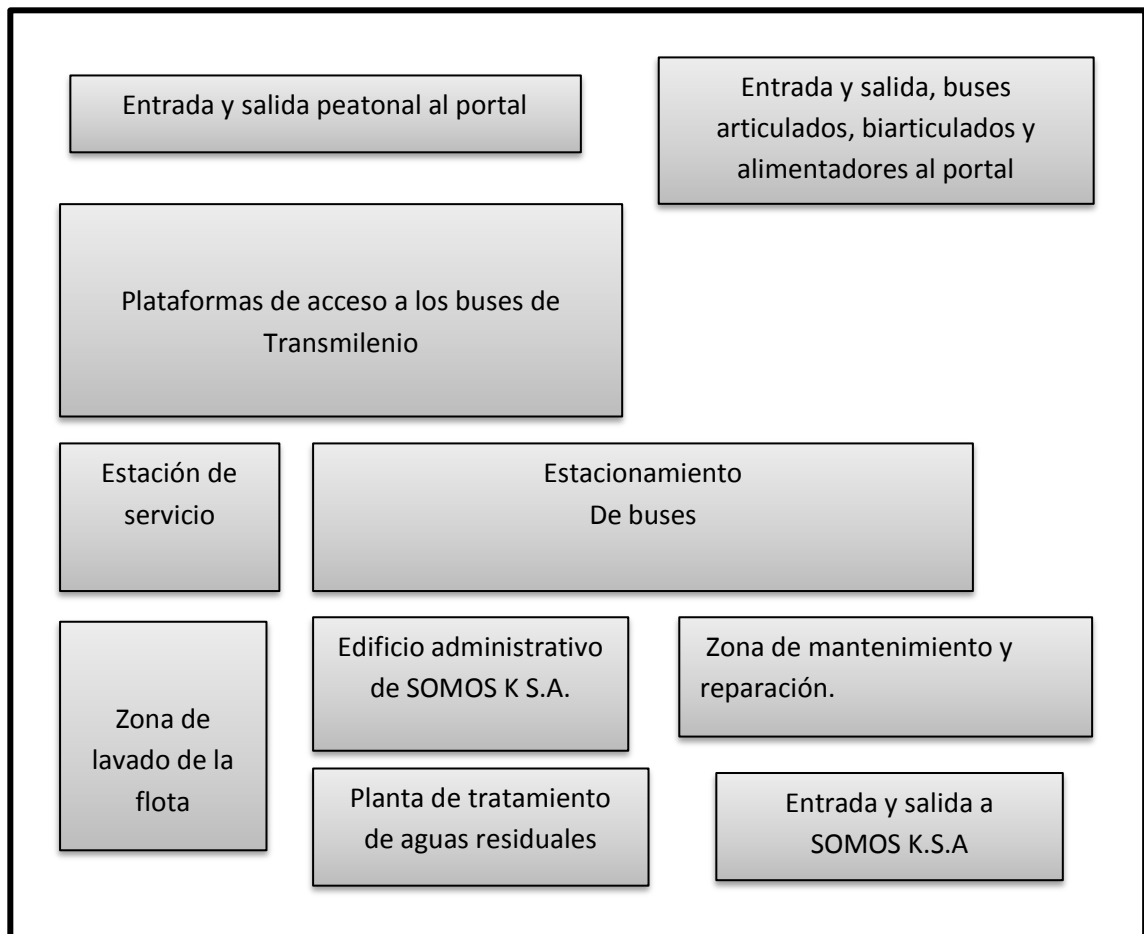
De esta manera se eliminan residuos de los buses que se adquieren durante el proceso de funcionamiento y prestación del servicio de transporte. A nivel ambiental la empresa consta de una planta de tratamiento para el agua proveniente de la zona de lavado, de esta manera ayuda a economizar y reducir el consumo de agua en este proceso.

El patio del Portal de las Américas dispone de distintas zonas de distribución, donde se lleva a cabo cada una de las labores de la empresa, como se muestra en la **Figura 1**.

Distribución de zonas de la empresa SOMOS K S.A.

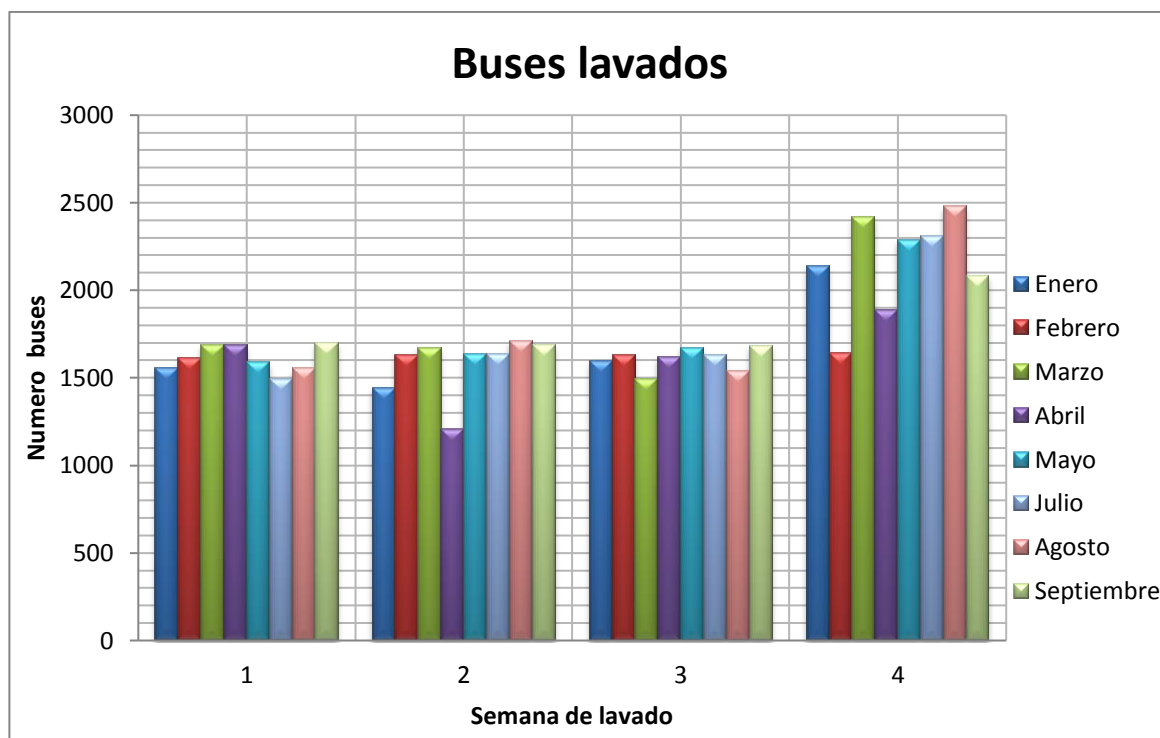
- Zona de lavado: Se realiza el lavado de las flotas, para luego llevarlos a la zona de parqueo.
- Zona Administrativa: Área laboral o de trabajo, gestión de recursos.
- Zona acceso: Entrada y salida de los buses articulados, entrada y salida del personal de trabajo de la empresa.
- Zona de estacionamiento: Área al aire libre, almacenamiento de los buses articulados.
- Zona de mantenimiento Área de mantenimiento general y preventivo de los buses.
- Zona PTAR: Área donde se encuentra ubicada la planta de tratamiento de aguas residuales para el lavado de los buses articulados.
- Zona estación de servicio: Área bomba de gasolina que se le suministra a los buses articulados.
- Zona plataforma de acceso: Área de operación de los buses.

Figura 1. Plano patio del Portal de las Américas



2.1.1 Condiciones actuales del lavado de buses. Para determinar una ponderación de la cantidad de buses lavados se realiza un seguimiento y registro tanto mensual como por semana durante los meses del año 2017, se hace el registro tanto de los buses lavados en el día como en la noche.

Gráfica 1. Estadística buses lavados primer semestre año 2017



Fuente: SOMOS K S.A.

En la semana 4 del mes se lavan una mayor cantidad de buses articulados que llegan al portal debido a que este portal es seleccionado para almacenamiento de buses adicionales durante la última semana del mes. En el **anexo C** se encuentra el registro por mes y por semana de los buses lavados.

- **Horarios de lavado:** el lavado de las flotas se realiza todos los días de la semana, este consta de tres actividades consecutivas, el desmanche, el lavado externo y el aseo interno, cada uno con la intervención de un número de operarios específicos para su realización. El proceso de desmanche dura en promedio 2 horas por bus y se realiza en las horas del día, el lavado externo y aseo interno tiene una duración de 2 minutos por bus, se realiza en las horas de la noche y en la madrugada, en épocas de invierno aumenta la duración del lavado.

En promedio se lavan 265 buses diarios de lunes a viernes y los días sábado y domingo se reducen a 200 buses al día como se muestra en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Horario de actividades de limpieza y operarios

ACTIVIDAD	HORARIO	TOTAL OPERARIOS	POR BUS
desmanche	9:00 A 18:00	11	4
lavado externo	19:00 A 4:00	11	9
aseo interno	21:00 A 6:00	41	8

Fuente: SOMOS K S.A.

2.1.2 Descripción general del proceso de lavado. Los articulados se desplazan al patio del portal de las Américas para realizar su respectivo lavado. La empresa SOMOS K S.A. contrata a la compañía Lavado Industrial Colombiano S.A.S. encargada de servicios industriales de aseo para el mantenimiento de la flota de los articulados; cada bus presenta unas dimensiones de 18,56 metros de longitud y 2,55 metros de alto. Se inicia en la mañana con el proceso de desmanche, se realiza con el bus en movimiento, el cual pasa por dos arcos de lavado, estos se activan, arrojando agua tratada y champú por la superficie del bus, haciendo un enjuague general y rápido por la parte externa del bus a medida que este pasa por los arcos de lavado. Al pasar por el último arco se hace una limpieza de los vidrios con agua potable para asegurarse que queden totalmente libres de impurezas o defectos. En este proceso se hace un lavado más al detalle del vehículo, se utiliza el desengrasante acompañado de varsol para remover grasas y barro. Se le agrega silicona para darle brillo y mantener el color.

Figura 2. Arco 1 de lavado- sensores



Fuente: SOMOS K S.A.

En las horas de la noche se realiza un lavado externo del articulado para la remoción de barro, tierra, arena, polvo y demás residuos generados durante el funcionamiento; se limpian las latas, ventanas, ruedas, guardabarros, puertas y espejos por medio de mangueras con agua a presión, de esta manera se remueven los residuos sólidos. Seguido a esto se cubre el bus con una mezcla de champú, desengrasante y varsol.

Estos se restriegan con cepillo a gran velocidad para remover elementos adheridos a este, se cepillan las llantas y finalmente se enjuaga nuevamente con abundante agua. Por último, se procede al aseo interno del bus, se inicia con un barrido general, luego con ayuda del ambientador y el limpia vidrios se hace la limpieza de barandales, cabina del conductor, cara interna de las ventanas; la limpieza de las sillas se hace con desengrasante (aproximadamente 60 sillas); se realiza un fumigado (aspersión de agua a todo el piso) con una mezcla de agua, champú, desengrasante y varsol, luego se seca por medio de traperos y finalmente se remueven los chicles. La limpieza finaliza con un enjuague general del bus externamente y se aplica silicona para darle brillo a las llantas y al motor.

2.1.3 Insumos en el proceso de lavado. Para el proceso de lavado se utilizan seis productos de limpieza como desengrasante para motores, champú para autos, varsol, limpiavidrios industrial, silicona emulsionada y ambientador. Estos ayudan a remover suciedad, grasa y demás contaminantes que adquieren los buses durante su funcionamiento. A continuación, se presenta la ficha técnica de cada uno de estos insumos:

- **Desengrasante motores**

Docecilbensulfonato de sodio y tensos activos no iónicos.

Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas desengrasante motores

Propiedad	Especificación
pH	Básico
Densidad	1.034 g/ml.
Sólidos totales	25%
Color	Transparente
Biodegradabilidad	85% del componente activo

Fuente: SOMOS K S.A.

Uso del Producto: este producto se encarga de remover “por sí solo”, la grasa o mugre que se acumula por dentro y por fuera del bus. Finalmente se enjuaga con agua para remover completamente.

- **champú para autos**

Alquil Benceno Lineal, y Tenso activos aniónicos.

Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas champú para autos

Propiedad	Especificación
pH	Limite 6.00-8.00
Densidad	1.034 g/ml.
Aspecto	Líquido Viscoso
Color	Verde
Biodegradabilidad	100% del componente activo

Fuente: SOMOS K S.A.

Uso del Producto: el champú para autos además de su efecto limpiador actúa como restaurador de color y recuperador de brillo. Por su fácil y rápida aplicación se obtiene un alto rendimiento en tiempo y una reducción considerable en los costos de mano de obra.

- **Varsol**

Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas varsol

Propiedad	Especificación
Estado físico	Líquido
Densidad	0.7-0.8
Punto de inflamación	37,7 °C
Solubilidad en Agua	Insoluble
Punto de ebullición	149-208°C

Fuente: SOMOS K S.A.

Uso del Producto: empleado a nivel industrial y doméstico como agente de limpieza. Utilizado para remover productos de superficies para su alistamiento.

- **Limpia vidrios industriales**

Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas limpia vidrios industriales

Propiedad	Especificación
pH	8.00
Densidad	0.999 g/ml.
Material volátil	1%
Contenido solvente orgánico	5%

Fuente: SOMOS K S.A.

Uso del Producto: cumple el objetivo de eliminar la grasa y el polvo adheridos a la superficie del vidrio. Igualmente, el limpia vidrios, es recomendado para la limpieza de esmaltes, fórmicas, acero inoxidable, porcelana y objetos cromados.

- **Silicona emulsionada**

Emulsión de silicona 15-40%.

Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas silicona emulsionada

Propiedad	Especificación
pH	5.00-7.00
Densidad	0.910 g/ml.
Aspecto	Líquido Viscoso
Color	Blanco
Solubilidad	Soluble en agua

Fuente: SOMOS K S.A.

Uso del Producto: exclusivamente diseñado para el embellecimiento de materiales acrílicos, plástico y cuero, provee un revestimiento protector durable, no inflamable, que ofrece recuperación de color y apariencia física.

- **Ambientador**

Mezcla de sustancias tensoactivas, detergentes, estabilizantes y antibacteriales.

Tabla 7. Propiedades fisicoquímicas ambientador

Propiedad	Especificación
pH	8.00
Densidad	1 g/ml.
Aspecto	Líquido translucido ligeramente viscoso de una sola fase.
Color	Según el patrón, de acuerdo a la fragancia
Olor	Según el patrón

Fuente: SOMOS K S.A.

Uso del Producto: limpia, desodoriza y desinfecta, en una sola operación todo tipo de superficies lavables como pisos, paredes, fórmicas, plásticos, trapos rejillas, etc. No remueve las capas de cera ni necesita enjuague posterior. Su agradable fragancia aromatiza el ambiente.

2.1.4 Dosificación de insumos. A continuación, se presenta el promedio de los insumos químicos en Litros por día, consumidos durante el día y la noche para el lavado de un bus articulado de Transmilenio. Los productos que se utilizan en mayor cantidad son el desengrasante y el champú, estos son los que intervienen de forma directa para la remoción de impurezas y grasas.

Tabla 8. Consumo de productos químicos a diario para el proceso de lavado.

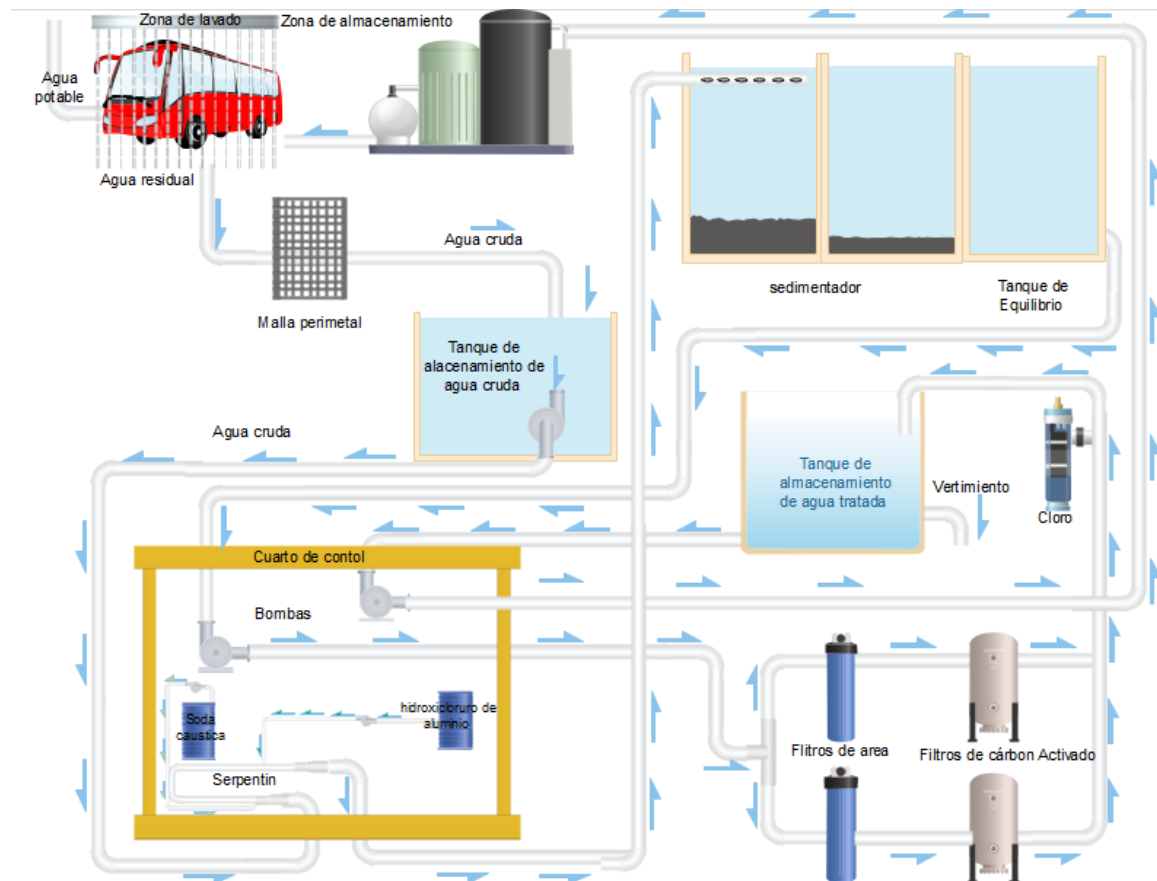
Insumo	Consumo (L/semana)		Total
	Día	Noche	
Ambientador	7	4.2	11.2
Desengrasante	35	109	144
limpia vidrios	0	4.2	4.2
Champú	7	77	84
Silicona	11	2.1	13.1
Varsol	14	7	21

Fuente: SOMOS K S.A.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA ACTUAL DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

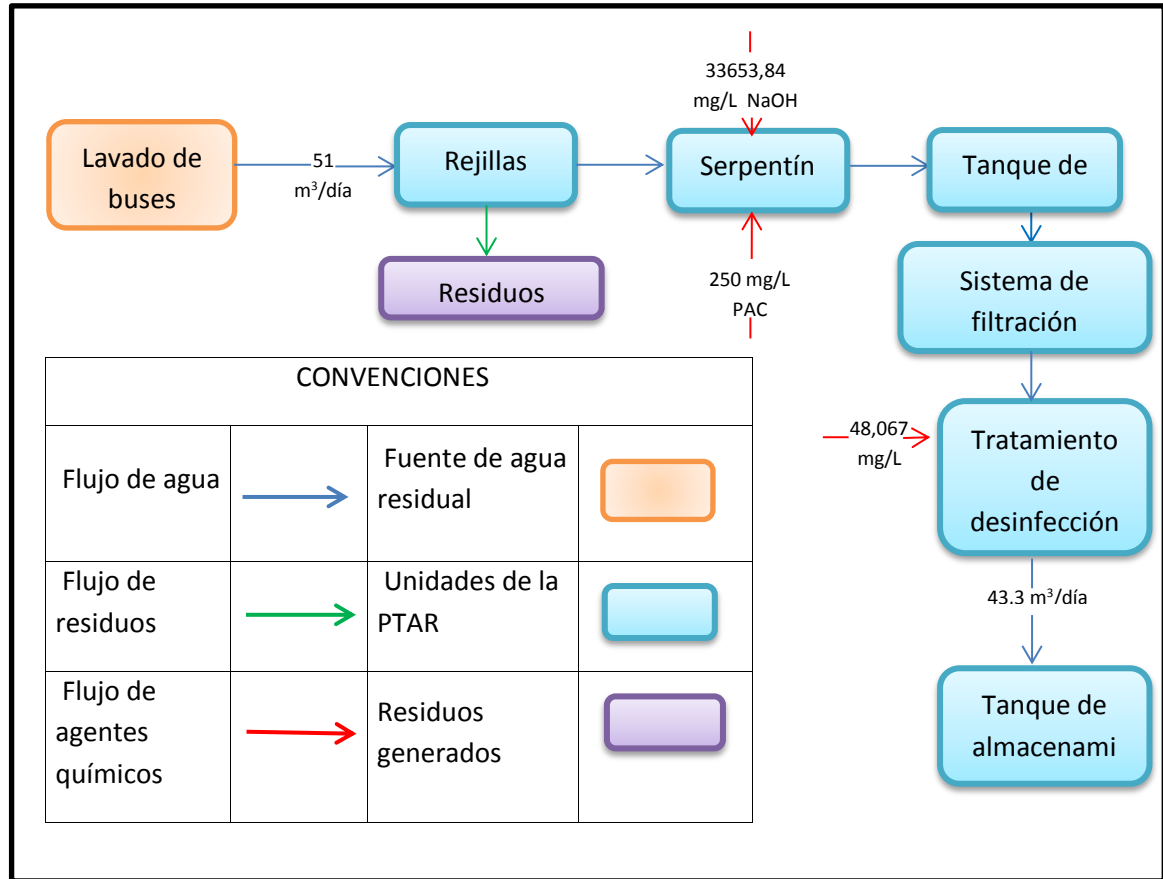
Actualmente la empresa SOMOS K S.A cuenta con una planta de tratamiento de agua residual proveniente del lavado de las flotas, donde por medio de un tratamiento físico químico se reducen y se obtienen las características necesarias para la reutilización de esta; de esta manera, se genera un ahorro económico significativo en el consumo de agua potable.

Figura 3. Plano de la planta de tratamiento de aguas residuales.



2.2.1 Procesos y operaciones unitarias de la PTAR. En la planta de tratamiento del agua residual intervienen distintos procesos y operaciones los cuales contribuyen a la eliminación de contaminantes y residuos; entre los procesos básicos se encuentran homogeneización, coagulación, sedimentación y filtración principalmente. La planta de tratamiento de la PTAR trabaja a nivel de subsuelo es decir los procesos se realizan a profundidad. La cantidad de agua tratada es de aproximadamente 43,3 m³/día.

Diagrama 1. Tratamiento de agua residual de la empresa Somos K S.A.



El proceso actual de la planta inicia con el pretratamiento dirigiendo la corriente de agua cruda a la zona denominada “rejillas perimetrales”, aquí se lleva el desbaste, el cual, por medio de un conjunto de rejillas metálicas y una malla de menor abertura, se da la retención de residuos flotantes y en suspensión que recoge el agua durante el proceso de lavado, como lo son basuras, chicles, arena, barro, y demás residuos sólidos.

Estos residuos luego son removidos de las rejillas perimetrales por medio de una limpieza manual y mantenimiento de esta. Este proceso se realiza con el fin de evitar que los residuos puedan afectar tanto bombas como válvulas en la planta.

El agua continúa hacia el tanque de almacenamiento donde reposa el agua cruda, la cantidad de agua es controlada por un sensor de nivel, aproximadamente el tanque tiene una capacidad total de 8,06 m³. El agua del tanque es trasegada por un sistema de bombeo sumergible al denominado mezclador o también llamado serpentín, allí inician los procesos de neutralización y coagulación/floculación.

En el sistema de mezclado se agrega en primera instancia soda cáustica (hidróxido de sodio (NaOH) que realiza el acondicionamiento del pH para la remoción de tensos activos y el actuar del coagulante por la baja carga química de la muestra a tratar. El agua ingresa alcalina (pH: 8,2); la soda cáustica se agrega por medio de un dosificador a una concentración de 33653,84 mg/L diluida a un caudal de 0,83 L/s, luego se adiciona del hidroxiclورو de aluminio a una concentración de 250 ppm diluido, este actúa como coagulante/floculante en el proceso. Es un coagulante inorgánico conocido como PAC's (Policloruro de aluminio), capaz de formar con rapidez y perfección flóculos con una alta velocidad de sedimentación y poder clarificante; el pH óptimo de funcionamiento está entre 5 y 9 dependiendo del contenido de carbono orgánico disuelto en el agua.⁴⁰El mezclador logra favorecer la formación de flóculos de mayor tamaño por los choques del agua y genera remolinos que enlazan a los reactivos químicos y los contaminantes. Al finalizar este procedimiento se toma el pH el cual está entre un rango de 6.5 a 7.0.

A continuación, se presenta una vista superior de las rejillas perimetrales, el agua proveniente del lavado de las flotas; es decir, de la superficie de trabajo, cae por rebose a las rejillas perimetrales donde se inicia el primer proceso del tratamiento. Allí se observa como las rejillas retienen las basuras y desechos que el agua posee.

Figura 4. Rejilla perimetral



Fuente: SOMOS K S.A.

El tratamiento continúa dirigiendo el agua resultante al tanque sedimentador rectangular, el cual tiene como objetivo conducir la mayor concentración de sólidos y flóculos químicos en el fondo del tanque; al tanque sedimentador también llega un flujo de agua proveniente de distintas áreas de la empresa tales como: la zona de la estación de servicio de gasolina y la zona de mantenimiento de los vehículos. Por tal caso el tanque sedimentador queda contenido con distintos tipos de grasa, hidrocarburos y otros contaminantes los cuales son tratados de remover

⁴⁰COGOLLO, Juan. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: Caso de hidroxiclورو de aluminio.5 de octubre del 2010, vol 78.no 165,. p .18-27. Disponible en :<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25636/391>.

en el proceso. Por rebose el agua de este módulo pasa al tanque de equilibrio, donde por medio de un sensor de nivel activa la bomba centrífuga que tiene la función de dirigir el agua tratada al proceso de filtración. A continuación, se presentan las dimensiones de los tanques de sedimentación y equilibrio.

Tabla 9. Dimensiones del tanque de sedimentación

Dimensiones	Valor
Largo (m)	3,13
Ancho (m)	1,60
Altura (m)	3,10
Volumen total(m ³)	15,52
Volumen efectivo (m ³)	8,72

Tabla 10. Dimensiones del tanque de equilibrio

Dimensiones	Valor
Largo (m)	6,27
Ancho (m)	3,2
Altura (m)	3,10
Volumen total (m ³)	31,00
Volumen efectivo (m ³)	14 ,54

El proceso de filtración es uno de los tratamientos terciarios que se realizan en la planta, tiene la función de separar los sólidos disueltos restantes del proceso de sedimentación; consta de dos filtros de arena y dos de carbón activado que trabajan de forma descendente a una presión entre 10-45 Psi, los cuales trabajan por medio de un proceso de filtración a presión donde se da la remoción a profundidad. El lecho de arena filtra los sólidos suspendidos restantes y se da la remoción en toda la profundidad del filtrador, mientras que los filtros de carbón activado se emplean como eliminador de olores, compuestos orgánicos y turbiedad.⁴¹

El proceso de tratamiento finaliza agregando hipoclorito de sodio en una concentración de 48,067 ppm, se da con el fin de realizar un proceso de desinfección y de oxidación de otras sustancias presentes, las cuales afectan la calidad de esta.

Finalmente el agua tratada es llevada al tanque de almacenamiento de agua tratada donde se agrega 100 pastillas de cloro cada ocho días para realizar por

⁴¹METCALF y EDDY, INC. Ingeniera sanitaria. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales. Editorial labor, S.A. 2 ed. Barcelona1994.30p.

completo la desinfección, allí por medio de una bomba centrífuga es conducida a otros dos tanques con menor capacidad (5m³ cada uno), a estos se les agrega cada 8 días 10 pastillas de cloro; de estos tanques se extrae el agua para el lavado de los buses.

Figura 5. Módulo de filtros



Fuente: SOMOS K S.A.

2.2.2 Procesos de mantenimiento. El mantenimiento es esencial para una operación óptima y el correcto funcionamiento de la planta por lo que se debe tener en cuenta las respectivas rutinas de aseo de las instalaciones y equipos de la PTAR Somos K S.A.

A continuación, en el **cuadro 5**, se relaciona las actividades de mantenimiento en la planta de tratamiento de Agua Residual (PTAR) del día 26 de junio al 09 de julio del 2017, por parte de: LAVADO INDUSTRIAL COLOMBIANO S.A.S

Cuadro 5. Programación aseo instalaciones y equipos de la PTAR

N°	Actividad	Días de ejecución	semana del:	Semana del:
			26 junio al 2 julio	3 junio al 9 julio
			Día	Día
1	Limpieza bombas sistema filtración	Jueves	29	6
2	Limpieza bomba agua tratada	Jueves	29	6
3	Limpieza rejillas perimetrales	Dos veces por semana (lunes y jueves)	26 y 29	3 y 6
4	Limpieza Trampas de grasa EDS y cárcamo	Dos veces por semana (miércoles y sábado)	28 y 1	5 y 8
5	Purga y limpieza bombas dosificadoras químicos: coagulante, neutralizante y desinfectante	Martes	27	4
6	Limpieza tanques de preparación químicos	Lunes	26	3
7	Limpieza de los depósitos de contención de químicos y aseo PTAR	Lunes	26	3
8	Retro lavado sistema de filtración	Diario mañana y tarde	26 – 2	3– 9

Fuente: SOMOS K S.A.

Las operaciones unitarias que se utilizan en el tratamiento del agua se les debe hacer un mantenimiento y limpieza entre una o dos veces por semana, lo cual garantiza el buen funcionamiento de la PTAR y la no acumulación de residuos en los tanques de operación que puedan afectar el proceso de tratamiento.

- Junio. 26 -julio. 02: Retro lavado sistema de filtración.
Figura 6. Retrolavado de filtros



Fuente: SOMOS K S.A

Los operadores lavan los filtros cuando se observan flocs en el efluente o cuando la turbiedad a la salida es similar a la entrada del efluente ; la limpieza se realiza por medio de un proceso de retrolavado. Inicia con el cierre del afluente y se deja drenar el filtro hasta que el nivel del agua alcance el borde superior de las canales de lavado; seguido a esto se aplica un lavado superficial durante uno a tres minutos luego se aplica simultáneamente un lavado ascensional y superficial durante 5 a 10 minutos hasta remover todos los sólidos que se encuentra retenidos y finalmente se suspende el lavado superficial. Luego se aplica únicamente el retro lavado durante 1 a 2 minutos, de manera que se estratifique el lecho retornando el filtro a su funcionamiento normal. Este proceso preventivo se realiza todos los días antes de comenzar el tratamiento y en horas de la tarde para remover los residuos generados en la mañana de operación.

- Junio. 26. – Julio 03: Limpieza externa tanques de preparación químicos

Figura 7. Tanques de preparación de reactivos químicos



Fuente: SOMOS K S.A.

La limpieza externa de los tanques es básica, se realiza para la remoción de la suciedad que se adhiere a las paredes de los tanques, se hace un lavado con agua y luego se hace la limpieza con una toalla para los residuos restantes que no alcanzaron a ser removidos.

- Junio. 26. – julio. 03: Limpieza rejillas perimetrales zona de lavado
Figura 8. Rejillas perimetrales

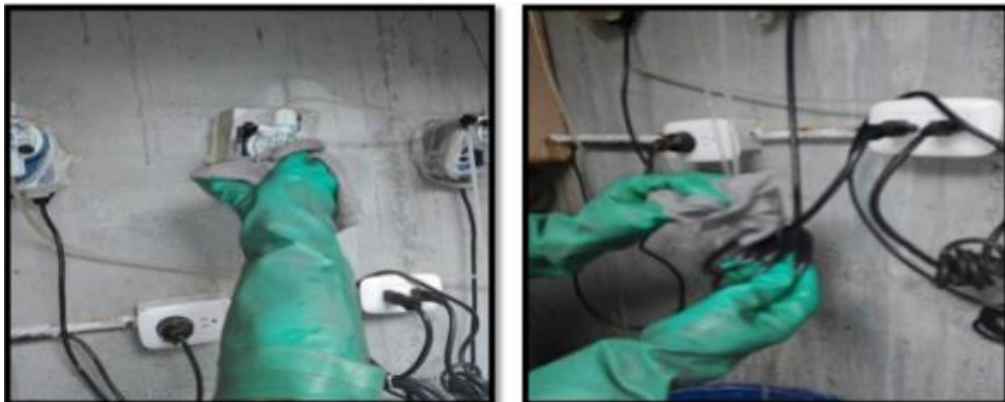


Fuente: SOMOS K S.A.

Las rejillas perimetrales se limpian manualmente donde son removidos residuos sólidos, los cuales afectan y pueden producir taponamientos y corrosión en las rejillas, se hace un lavado completo del sistema de rejillas para evitar que queden aun residuos en estas. El agua utilizada en este proceso es retornada nuevamente al sistema de tratamiento y los sólidos son depositados en un relleno sanitario.

- Junio. 27. – Julio 04: Purga y limpieza bombas dosificadoras de químicos: coagulante, neutralizante y desinfectante.

Figura 9. Bombas dosificadoras de químicos



Fuente: SOMOS K S.A.

- Junio. 26 julio. 03: Limpieza de los depósitos de contención de químicos y aseo PTAR

Figura 10. Depósito de contención de químicos



Fuente: SOMOS K S.A.

Para proceder a la limpieza de los depósitos se hace un barrido general, se remueven desechos y basura entre otros. Se organizan y se verifica el estado de los químicos que se encuentran almacenados y por último se hace un lavado del piso y de los mesones.

Figura 11. Limpieza tanques de almacenamiento, equilibrio y sedimentador



Fuente: SOMOS K S.A.

La limpieza de los tanques de almacenamiento y sedimentación la realiza la empresa Lavinco (Dragón solution), por medio de un vehículo tipo vector, el cual succiona de forma neumática los lodos presentes y se envían a Geoambiental para tratamiento de disposición final. Este proceso se realiza cada seis meses.

2.2.3 Reactivos químicos. En el proceso de tratamiento del agua se utilizan una serie de reactivos químicos los cuales le devuelven las propiedades necesarias al agua para que pueda ser reutilizada en el proceso de lavado; se cuenta con un antiespumante, biosida, soda, clarificador y un floculante como reactivos en el proceso. En el anexo A se encuentra la ficha técnica de cada uno de los productos.

- **Soda cáustica** (Nombre comercial: soda caustica en escamas, nombre del producto: hidróxido de sodio): se usa para regular el pH, regeneración del intercambio iónico, generación de hipoclorito de sodio y neutralización de ácidos residuales. Presenta una fuerte alcalinidad, fácil almacenamiento y manejo. Se encuentra como escama, soluble en agua, glicerol y alcohol. La soda cáustica es aplicada en el tanque de almacenamiento del agua cruda donde se disuelve con el coagulante, aquí dará inicio el proceso de tratamiento del agua residual.
- **Hidroxiclорuro de aluminio** (PQPAC 006): tiene excelentes resultados como coagulante-floculante en el tratamiento del agua residual, también se usa para agua con turbidez alta y aguas con elevado contenido de materia orgánica especialmente efectivo en clarificación de agua con altos niveles de color, obteniéndose los parámetros ambientales para descargar al medio ambiente, eficiente para el tratamiento de aguas con alto contenido de hierro.
- **Hipoclorito de sodio 15%:** producto especializado para el control y desinfección en concentración del 1 %, fuerte agente oxidante que permite penetrar con mayor facilidad microorganismos, por medio de su acción oxidante. En el proceso del tratamiento, el hipoclorito de sodio es aplicado después de pasar por los filtros de arena y carbón activado, se realiza con el objetivo de eliminar la mayor cantidad de microorganismos dispuestos en el agua.
- **Cloro en pastillas triple acción** (Nombre comercial: cloro en pastillas triple acción, nombre del producto: ácido tricloroisocianurico, tricloro-1,3,5-triazinatriona): se usa como desinfectante; es una fuente excelente de cloro altamente concentrada para la desinfección, clarificación, fungicida y alguicida, presenta olor a cloro. Se aplican en los tanques de almacenamiento del agua en forma de pastillas.

2.3 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

La caracterización se realiza al agua tratada obteniendo resultados de distintos parámetros evaluados, los cuales son analizados de acuerdo con la Resolución 0631 del 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 se dictan otras disposiciones”.

2.3.1 Método de muestreo. El día 27 de agosto de 2017 se llevó a cabo la recepción de muestra por parte de la CORPORACIÓN INTEGRAL DEL MEDIO AMBIENTE C.I.M.A, debidamente certificada por el IDEAM, a las 12.50 pm se realizó la toma de muestra, por medio de un tipo de muestreo puntual, con una cantidad de 7 muestras, la fecha de análisis se llevó en un periodo del 2017/07/27 AL 2017/ 08/09. Se analizaron parámetros de DBO, DQO, aceites y grasas, hidrocarburos totales, sólidos suspendidos totales y tensoactivos.

2.3.2 Comparación con la normatividad. De acuerdo con el capítulo VIII “Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ArnD al alcantarillado público” de la Resolución 631; los vertimientos puntuales de agua residual deberán cumplir con los valores límites máximos permisibles establecidos en la norma. A continuación, en la **Tabla 11.** se presentan los resultados obtenidos en la última caracterización realizada, teniendo en cuenta los valores exigidos en la norma; de esta manera se identifican los valores que se encuentran por fuera del rango.

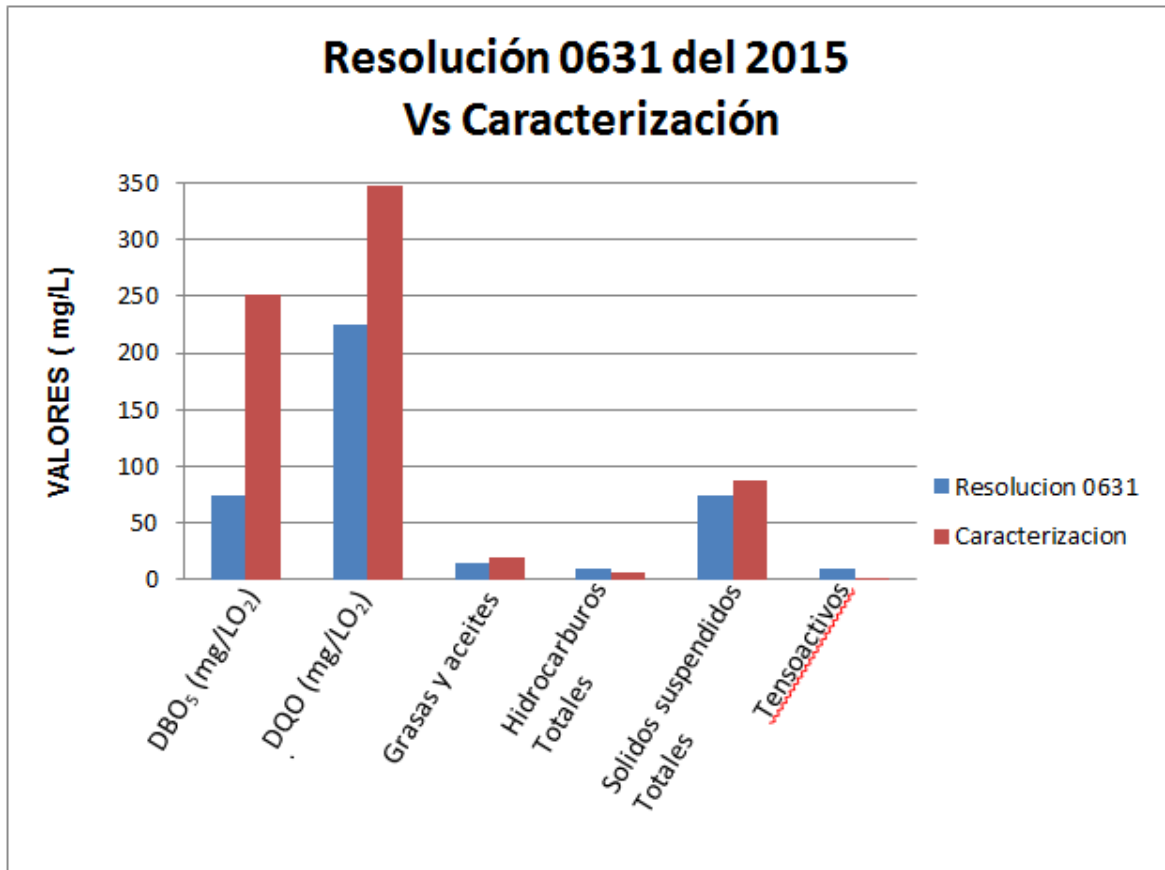
Tabla 11. Resultados caracterización y normatividad

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE RESOLUCION 0631 DE 2015	VALOR OBTENIDO CARACTERIZACION JULIO-2017	CUMPLIMIENTO
DBO ₅ (mg/L O ₂)	(mg/L O ₂)	75	252	NO CUMPLE
DQO (mg/L O ₂)	(mg/L O ₂)	225	347	NO CUMPLE
Grasas y aceites	(mg/L)	15	19.40	NO CUMPLE
Hidrocarburos totales	(mg/L)	10	6.67	CUMPLE
sólidos suspendidos totales	(mg/L)	75	87	NO CUMPLE
Tensoactivos (SAAM)	(mg/L)	10	1.49	CUMPLE

Fuente: SOMOS K S.A.

Se identifican los parámetros de incumplimiento por medio de una comparación observable en la **gráfica 2.** Se escogen los parámetros de DQO, sólidos suspendidos, grasas y aceites para la realización del proyecto debido a que se encuentran por fuera de los límites permitidos. Esto evidencia dificultades en el procedimiento de tratamiento de aguas actual que desarrolla la compañía. Lo que conlleva a una sanción por parte de la secretaria ambiental regida por Ley 1333 del 2009 y no podrá presentar el permiso de vertimientos.

Gráfica 2. Comparación con la resolución 0631 del 2015



2.3.3 Posibles problemas de operación de la PTAR. El proceso de tratamiento de agua residual no opera de forma efectiva pues no satisface las regulaciones ambientales vigentes. Esto se debe a que la compañía no tiene claridad en el procedimiento de la planta de tratamiento de agua y requiere de una intervención profesional donde sean identificados cada uno de los problemas operativos a nivel de equipos, personal, procedimiento, insumos, dosificación y demás características que garantizan un tratamiento de aguas idóneo. Así pues, se plantea un escenario de evaluación de desempeño de cada operación y proceso unitario que componen la PTAR.

- **Rejillas perimetrales:** las rejillas y malla de retención tienen como función remover los sólidos de diferentes tamaños; sin embargo, se observa durante su mantenimiento que la malla se encuentra deteriorada lo que ha causado una ruptura de esta y por ende un paso de sólidos de distintos tamaños.

- **Mezclador:** también denominado serpentín consta de unos álabes inclinados de acero inoxidable que se cruzan sin tocarse entre sí de manera helicoidal, están totalmente abiertos a la corriente de flujo por todos los lados para que el agua pase por los espacios que quedan del mismo. En estos espacios se encuentra acumulación de residuos como barro; envolturas; papel y otras basuras debido a que no son retenidos en las rejillas perimetrales, perjudicando la eficiencia en el proceso de mezclado. Interrumpe el contacto y homogenización entre los contaminantes y los insumos químicos que se aplican allí, y por consiguiente no se darán una buena afinidad entre los mismos.

Figura 12. Acumulación de residuos en el mezclador



Fuente: SOMOS K S.A.

- **Unidad de separación de grasas y aceites:** en el afluente de la PTAR es lógico tener una alta concentración de grasas y aceites; sin embargo, este diseño de planta no tiene un sistema de remoción o trampa de grasa. Cuando estas grasas y aceites ingresan al tanque de sedimentación esta grasa se libera libremente produciendo efectos negativos como lo son flotabilidad, resistencia y gravedad donde las gotas de aceite o grasa tienden a ascender a la superficie formando una capa superficial que dificulta la sedimentación mientras que otras se quedan suspendidas en el agua, generando que los sólidos suspendidos se resistan a sedimentar y por el contrario se queden disueltos en el agua, produciendo un aumento considerable de la demanda química de oxígeno.⁴²

Las grasas y aceites durante el proceso de mezcla también afectan considerablemente debido a que en el momento en que se realiza el mezclado causado por el movimiento centrífugo de las bombas, estas grasas y aceites

⁴²CORBITT .Robert .Manual estándar dela ingeniera ambiental .McGraw-Hill.1999.Disponible en : http://accessengineeringlibrary.com.ez.uamerica.edu.co/browse/standard-handbook-of-environmental-engineering-second-edition/p2000a1f99976_147001

tienden a emulsificarse apareciendo gotas dispersas en toda la fase acuosa donde no se consigue una separación efectiva debido a que algunas gotas de grasa permanecerán suspendidas aún en el agua.

- **Dosificación:** la planta de tratamiento maneja un proceso de dosificación de insumos químicos indeterminado debido a que no hay formulación química específica del neutralizante y coagulante aplicados. Por lo tanto la planta puede incurrir en dos aspectos ya sea una adición de estos mínima requerida de la cantidad requerida donde no se neutralizan totalmente las cargas de las partículas, la formación de micro flóculos es escasa y la turbiedad del agua tratada es elevada; o incurrir en una adición en exceso de coagulante donde se produce la inversión de las cargas de las partículas y la sucesiva formación de gran cantidad de microflóculos con tamaños muy pequeños y velocidades de sedimentación muy bajas y la turbiedad del agua tratada es, igualmente, elevada. Hay que tener en cuenta para la dosificación de coagulante/floculante que las sustancias que presentan baja concentración de coloides requieren grandes cantidades de precipitado. En general la dosis química que se requiere en el proceso depende del mecanismo de desestabilización, se debe saber las cantidades exactas requeridas en los procesos.⁴³
- **Sedimentación:** se pueden identificar tres problemas de operación dentro del tanque sedimentador en los que se encuentra:

Tiempos de retención: el agua que contiene materia contaminante fluye en la profundidad del tanque sedimentador, el tiempo en el cual se deja actuar el coagulante/floculante para la sedimentación y aglomeración de sólidos solamente es de 15 minutos aproximadamente antes de pasar al tanque de equilibrio. Debido a la cantidad de agua tratada y al caudal manejado no hay un tiempo de retención suficiente para que los sólidos suspendidos se asienten en el fondo antes de que el agua clarificada sea conducida por rebose al tanque de equilibrio, afectando directamente el parámetro de sólidos suspendidos. Los desestabilizadores como el PAC's necesitan generalmente tiempos nominales de retención de 1 a 3 horas para un caudal promedio. Para sedimentadores rectangulares los tiempos de retención mínimo deben ser de 1 hora.⁴⁴

⁴³COGOLLO, Juan. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: Caso de hidroxiclورو de aluminio.5 de octubre del 2010, vol. 78.no 165, p .18-27. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25636/39133>

⁴⁴REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO.RAS200.Noviembre del 2000. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Tratamiento de aguas residuales. Bota D.C .p .1-150..Disponible en : http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_.pdf

Contaminación externa: el montaje actual de la planta de tratamiento de SOMOS K S.A. tiene un serio inconveniente con el agua lluvia; las cuales una vez generadas arrastran altos contenidos de sólidos y grasa de vehículos, impregnadas en el suelo, en piezas de mantenimiento, y herramientas llegando directamente al tanque sedimentador sin pasar por las operaciones previas. Esto puede causar problemas en el pH, baja actividad de los coagulantes, solubilidad de especies desestabilizadas previamente, aumento en la concentración de grasas y aceites, emulsiones, aumento en la tensión superficial, aumento en la concentración de hidrocarburos, aumento en la DQO y variaciones en concentración, temperatura y pH. Este efluente genera una disminución de la velocidad de sedimentación con respecto a la tasa de sólidos sedimentados ocasionando respectivamente bajas eficiencias en los sedimentadores.

Diseño: los diseños de sedimentadores tienen una forma cónica hacia la base, con características diferentes para cada uno que permite concentrar o acumular los lodos generados por la coagulación; sin embargo, uno de los principales problemas que se evidencian en el sedimentador es que es rectangular de base plana lo que dificulta la concentración de estos coágulos y la limpieza de los mismos, además de esto la recolección manual de los lodos se realiza cada seis meses de manera que el lodo permanece más del tiempo requerido en el tanque, el proceso de asentamiento de las partículas se retarda y los sólidos que no han sido espesados pueden recircular en el agua. Al no remover de manera efectiva los lodos estos quedarán en el agua, generando altos niveles de DQO y sólidos suspendidos aumentando la relación de materia orgánica suspendida en el agua. Genera problemas en los filtros donde se debe hacer un mantenimiento más constante para no afectar su funcionamiento.

- **Lecho filtrante:** la consolidación del lecho es uno de los problemas resultantes de un lavado poco efectivo. En la planta de tratamiento no se realiza un cambio adecuado de los lechos filtrantes debido a que estos son cambiados cada 6 meses reduciendo la efectividad de las operaciones de filtrado y lavado, puede generar niveles inaceptables de turbiedad en el efluente del filtro, acumulación de grasas emulsionadas en el interior del lecho, donde el agua que pasa a través de las grietas recibe poca o nada filtración, afectando parámetros de sólidos suspendidos que no pudieron ser removidos durante el proceso.⁴⁵

Para obtener una eficiencia del proceso los filtros deben tener una duración de 2 a 3 meses en tratamientos de aguas residuales donde se sabe que hay alto contenido de materia orgánica o en aguas jabonosas. El lavado de los filtros se

⁴⁵R. S. Ramalho. Tratamiento terciario de aguas residuales. Tratamiento de aguas residuales. Editorial reverté.S.A. Barcelona

realiza todos los días lo que perjudica la eficiencia de estos, debido a que pierden las propiedades filtrantes.⁴⁶

Se puede deducir que el sistema actual con el que trabaja la planta de tratamiento tiene la capacidad de reducir contaminantes en bajo porcentaje con respecto a los límites permisibles de la normatividad. Una vez identificados estos problemas puntuales de operación que tiene la PTAR se plantea los siguientes aspectos para mejorar el funcionamiento de esta.

En primer lugar, la compañía debe realizar el respectivo mantenimiento y mejora de las rejillas perimetrales cambiando aquellas partes de las rejillas que se encuentran averiadas o en mal estado, de manera que puedan retener la cantidad de sólidos adecuados para que no interfieran en las demás unidades de operación. Los separadores de grasas son una de las unidades operacionales con las que no cuenta la planta de tratamiento por lo cual se escogerá el mejor tipo y diseño respectivo acorde al agua tratada; actualmente al no contar con esta unidad, el agua de las rejillas pasa directamente al tanque de almacenamiento de agua cruda para iniciar el proceso de tratamiento, lo que conlleva a que las grasas y aceites sean con mayor dificultad removidas durante el proceso, obteniendo altas concentraciones de DBO, grasas y aceites a la salida del efluente.

La dosificación precisa del coagulante y el neutralizante es una de las grandes dificultades para realizar la coagulación eficiente; se realizara un test de jarras para evaluar cuál es la dosificación adecuada del neutralizante y del coagulante/floculante de manera que se pueda encontrar tanto el pH óptimo para la eficiencia del coagulante como las cantidades de coagulante para el caudal tratado, buscando así que la dispersión sea más efectiva cuanto mayor esté diluida esta, donde el coagulante entrará más fácilmente en contacto con una cantidad mayor de partículas coloidales.

Con referente a los problemas de sedimentación se debe diseñar un sistema de tolva dentro del tanque de sedimentación. El cambio de los filtros es importante, al no hacerlo impedirá que el sistema de filtración sea eficiente; se debe realizar un cambio constante de los filtros en un tiempo menor a seis meses para mejorar su efectividad.

⁴⁶Instructivo de instalación y de operación de los filtros de carbón activado de operación automática modelos CAF-CAG 9-12-14-16-20-24-30y 36. Industria mass S. A de C. V. Disponible en: <http://www.indmass.com.mx/data/fichas/ba22077c50b248e74d44d371381ecf97be77ce08.pdf>

3. PROPUESTA DE MEJORA

Después de haber identificado los principales problemas de la PTAR, se plantean las alternativas de mejoramiento, se lleva a cabo también la experimentación (Test de jarras) para analizar de forma porcentual la recuperación de agua por volumen de flóculos. Se evalúan la experimentación por medio de una caracterización que evidencia el cumplimiento o no de la normatividad. Para disminuir la carga de los contaminantes del afluente a tratar se proponen las siguientes mejoras para la remoción de grasas y aceites y adicional se propone el diseño de la tolva para el tanque de sedimentación.

3.1 SISTEMAS DE REMOCIÓN DE GRASAS Y ACEITES

Al no contar con una unidad para la remoción de grasas y aceites, se propone una serie de diseños utilizados para la separación de estas; la escogencia de estos se determina de acuerdo con las condiciones de operación, eficiencia de remoción, accesibilidad y costos.

- **Sistema 1. Flotación por aire disuelto:** esta alternativa se basa en un sistema de flotación por aire disuelto el cual actúa en condiciones de ausencia de agitación y se aprovecha la diferencia de densidad para separar el aceite del agua por flotación. A medida que se van formando las gotas de aceite en el seno de la fase acuosa, van ascendiendo hasta la superficie. Para acelerar el proceso de flotación del aceite, se burbujea aire por la parte inferior del tanque⁴⁷. De esta manera se reduce la densidad de los materiales en suspensión principalmente materiales grasos, por el contacto con gotas pequeñísimas de aire.⁴⁸La separación es eficiente, pero se requiere un gran espacio y equipos de dimensiones considerables cuando el caudal a tratar es elevado.⁴⁹

⁴⁷Condorchemenvitech. Disponible en: <http://blog.condorchem.com/tratamiento-de-emulsiones/>

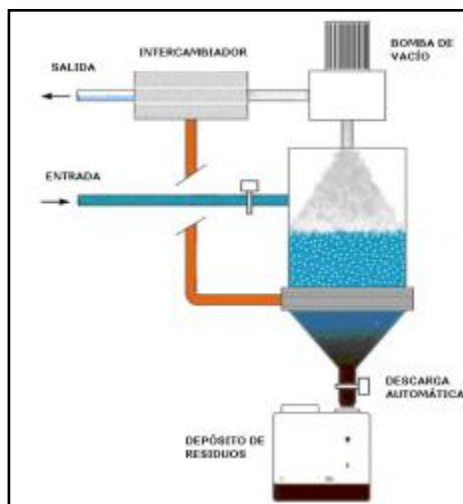
⁴⁸ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Editorial escuela colombiana de ingeniera. 3 ed. Bogotá D.C .1999. p.345-350.

⁴⁹ Condorchemenvitech. Disponible en: <http://blog.condorchem.com/tratamiento-de-emulsiones/>

Este rechazo es tan pequeño debido a la elevada concentración de residuos que se consigue en el proceso.

Entre las ventajas del proceso se encuentra: alta calidad del destilado es posible recuperar hasta un 97% de agua limpia, permite la reutilización de las aguas tratadas, puede tratar los efluentes más complejos, bajo consumo de electricidad, diseño flexible y compacto de las máquinas, es una tecnología de fácil uso y requiere poco mantenimiento, alta reducción y concentración de los residuos líquidos.⁵⁰ Los evaporadores al vacío son especialmente adecuados para la separación y el tratamiento de hidrocarburos disueltos en aguas contaminadas, emulsiones aceitosas, aguas de desengrase, aguas con alto contenido de sustancias oleosas.⁵¹

Figura 14. Evaporador al vacío de agua residual industria



Fuente: SOLOSTOCKS.

- **Sistema 3. Trampa de grasas y aceites:** se propone una unidad de trampa de grasas que corresponde a una cámara pequeña de flotación en la cual la grasa flota a la superficie libre de agua mientras que el agua más clara subyacente es descargada. En la trampa de grasas no hay equipos mecánicos y el diseño es similar a un tanque séptico. La entrada de agua residual se hace por debajo de la superficie del agua y la salida generalmente por el fondo del tanque.

Es el sistema más sencillo para la remoción de aceites y grasas, usado para establecimientos e industrias pequeñas; está diseñado para retener grasas y

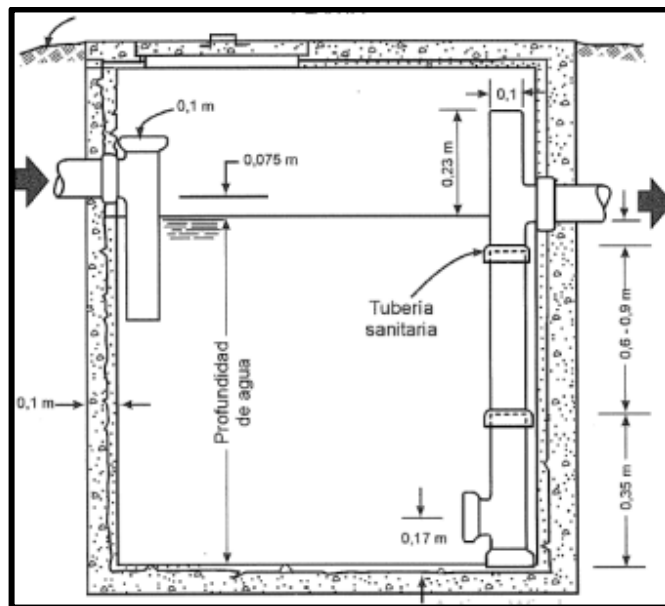
⁵⁰CONDORCHEMENVITECH. Disponible en: <http://blog.condorchem.com/tratamiento-de-emulsiones/>

⁵¹CONDORCHEMENVITECH. Disponible en: <http://blog.condorchem.com/tratamiento-de-emulsiones/>

aceites, como para facilitar su limpieza y mantenimiento apropiado. La trampa debe tener un diseño hidráulico y un tiempo de retención adecuado para que funcione adecuadamente.⁵²

Las trampas de grasa deben operarse y limpiarse regularmente para prevenir el escape de cantidades apreciables de grasa y la generación de malos olores. La frecuencia de limpieza debe determinarse con base en la observación. Generalmente, esta debe hacerse cada vez que se alcance el 75% de la capacidad de retención de grasa como mínimo.⁵³

Figura 15. Unidad de trampa de grasas simple



Fuente: ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Editorial escuela colombiana de ingeniera. 3 ed. Bogotá D.C .1999. 729p.

3.2 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Con el objetivo de seleccionar la alternativa más eficiente de tratamiento de las expuestas anteriormente, se tiene en cuenta criterios de evaluación dependientes

⁵²ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Editorial escuela colombiana de ingeniera. 3 ed. Bogotá D.C .1999. p.727-730.

⁵³ Mantenimiento de la trampa de grasas y aceite. disponible en: [ftp://ftp.ani.gov.co/Aeropuertos%20Armenia%20Neiva%20VJ-VE-APP-IPB-005-2015/2%20INF%20TECNICA/INVERSIONES/5. g\) %20MEDIO%20AMBIENTE/NEIVA/PMA/2008/ANEXOS%20NEIVA/ANEXO%205.%20MANUALES%20TRATAMIENTO%20DE%20SIST%20DE%20AGUA/MNUAL%20TRAMPA%20DE%20GRASA.S.pdf](ftp://ftp.ani.gov.co/Aeropuertos%20Armenia%20Neiva%20VJ-VE-APP-IPB-005-2015/2%20INF%20TECNICA/INVERSIONES/5.%20MEDIO%20AMBIENTE/NEIVA/PMA/2008/ANEXOS%20NEIVA/ANEXO%205.%20MANUALES%20TRATAMIENTO%20DE%20SIST%20DE%20AGUA/MNUAL%20TRAMPA%20DE%20GRASA.S.pdf)

del proceso de tratamiento y la disponibilidad de la empresa a nivel económico e infraestructura, buscando cumplir con la normatividad vigente.

3.2.1 Criterios de selección. Se presentan de forma específica los criterios con los que se determina la selección del sistema de tratamiento más conveniente.

- **Costos de inversión:** corresponde a la cantidad de dinero que la empresa debe proporcionar para la compra de los equipos o unidades para la operación de la alternativa de tratamiento.
- **Disponibilidad de área:** hace referencia al espacio libre y adecuado para la adición de una unidad operacional a la planta.
- **Porcentajes de remoción (eficiencia):** corresponde a la capacidad de reducir o eliminar los contaminantes presentes en el agua.
- **Costos de operación (manejo operativo):** hace referencia al manejo y uso de la operación de la alternativa como consumo de energía de los equipos, mano de obra, gastos de insumo, entre otros.
- **Costos de mantenimiento (gastos):** son aquellos gastos que se generan para mantener en óptimas condiciones los equipos y el sistema de tratamiento. Se encuentran los mantenimientos preventivos y mantenimiento de fallencias de equipos.
- **Tiempo de operación:** es la capacidad que tiene la unidad de tratamiento por unidad de tiempo, está ligada a los costos de operación en cuanto a consumo energético principalmente.
- **Residuos generados:** comprende la cantidad de subproductos generados en el sistema de tratamiento como lodos o residuos químicos efectuados por el equipo.

Asignación de puntuación: después de plantear los criterios a analizar se hace indispensable generar una escala de calificación para los mismos, en el cual se le otorga un porcentaje de acuerdo con el nivel de importancia de la empresa y del proceso.

Tabla 12. Criterios y porcentajes de selección

Criterio de selección	Porcentaje asignado (%)
costos de inversión	19
disponibilidad de área	19
porcentajes de remoción	20
costos de operación	11
costos de mantenimiento	11
tiempo de operación	10
residuos generados	10

3.2.2 Matriz de selección. Para seleccionar el sistema y las condiciones más convenientes para la mejora, se hace uso del método Kepner-Tregoe LÓPEZ OVANDO.⁵⁴ Es una herramienta empleada para la toma de decisiones basadas en el análisis y la evaluación de las alternativas. Se realiza con el objetivo de cumplir con los requerimientos planteados tanto en el proyecto como en la empresa y dar cumplimiento a la resolución 0631 del 2015. Con el objetivo de relacionar los aspectos cualitativos y cuantitativos se asigna una escala de calificación para el respectivo nivel de aceptación de los criterios escogidos anteriormente.

Tabla 13. Escala de clasificación para las alternativas de mejora.

Nivel de aceptación	Escala de Calificación
Muy conveniente	10
Conveniente	8
Medianamente conveniente	6
Poco conveniente	4
No conveniente	2

El valor máximo que puede obtener de una alternativa de tratamiento es 10 el más conveniente y el valor mínimo es 2, el menor calificando el sistema como el menos adecuado. Para valorar las alternativas se utiliza los rangos presentados en la **tabla 14** con el objetivo de tener una mayor amplitud en el momento de la toma de decisión dando los calificativos de acuerdo con la disposición de la empresa, del mercado y la propuesta de mejora.

La **tabla 14** asigna un valor cuantitativo a un rango de posibilidades para cada criterio de selección según la alternativa propuesta, entre los criterios escogidos se tiene el precio, disponibilidad de área, porcentajes de remoción, costos de operación, costos de mantenimiento, tiempos de operación y residuos generados los cuales son fundamentales para la selección.

⁵⁴ LÓPEZ OVANDO, José Esteban. Una técnica grafica para el análisis de decisiones. Tesis para optar por el grado de maestro en ingeniera de sistemas–planeación. Universidad autónoma de México .2006. 3p.

Tabla 14. Calificación respectiva de los criterios.

VALOR	COSTOS DE INVERSIÓN (\$)	DISPONIBILIDAD DE ÁREA ⁵⁵	PORCENTAJES DE REMOCIÓN ⁵⁶ (%)	COSTOS DE OPERACIÓN ⁵⁷ (\$)	COSTOS DE MANTENIMIENTO ⁵⁸ (\$)	TIEMPO DE OPERACIÓN ⁵⁹	RESIDUOS GENERADOS ⁶⁰
10	(0-2'000.000)	20 m ²	(100-81)	(800.000-1'000.000)	(< 300.000)	Media hora	Lodos y sobre nadantes
8	(2'100.000-4'000.000) ⁶¹	15 m ²	(80-61)	(1'100.000-1'200.000)	(340.000-600.000)	Una hora	Lodos
6	(4'100.000-6'000.000) ⁶²	10m ²	(60-41)	(1'210.000-1'300.000)	(610.000-900.000)	2 horas	Sobre nadantes
4	(6'100.000-8'000.000)	8 m ²	(40-21)	(1'310.000-1'400.000)	(910.000-1'200.000)	2 horas y media	Gases
2	(>10'000.000) ⁶³	6 m ²	(20-0)	(1'410.000-1'500.000)	(>1'210.000)	3 horas	N.A

⁵⁵ SOMOS K SISTEMAS OPERATIVOS MÓVILES S.A

⁵⁶ CRUZ, AURA y SIERRA, Claudia. Propuesta de una alternativa de tratamiento de aguas residuales en la salsamentaría el Bohemio. Proyecto integral de grado para optar por el título de Ingeniero Químico Universidad de América. 89p.

⁵⁷ SOMOS K SISTEMAS OPERATIVOS MÓVILES S.A

⁵⁸ SOMOS K SISTEMAS OPERATIVOS MÓVILES S.A

⁵⁹ AGUAS DE COLOMBIA

⁶⁰ ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Editorial escuela colombiana de ingeniera. 3 ed. Bogotá D.C .1999. p 758.

⁶¹INGENIRIA E INDUSTRIA DEL AGUA SAS

⁶² AGUAS DE COLOMBIA

⁶³ CONDORCHEM EVITECH [en línea]. [Citado 2017-09-17]. Disponible en: <https://blog.condorchem.com/fundamentos-evaporacion-al-vacio>

La evaluación del mejor sistema se lleva a cabo de una forma cuantitativa, se tiene en cuenta el grado de importancia en el proceso de tratamiento y el nivel de aceptación para llevarse a cabo. Para esto se hace uso de la siguiente ecuación.

Ecuación 1. Puntuación de la alternativa

$$Puntuación = \sum (gi * ev)$$

Dónde:

gi: Grado de importancia de proceso en tratamiento

ev: Escala de evaluación

Se analiza y se evalúa de manera individual cada unidad de tratamiento propuesta para la implementación o mejora, se identifican las ventajas y desventajas de cada una de ellas para asignar el valor correspondiente a cada criterio.

3.2.3 Ventajas y desventajas de cada sistema propuesto

Cuadro 6. Sistema 1 Flotación por aire disuelto

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Es una alternativa medianamente conveniente; en cuanto a los porcentajes de remoción, el rendimiento en la separación de la materia sólida en suspensión es mucho mayor cuando a la flotación por aire disuelto le precede un tratamiento de coagulación-floculación, pudiendo llegar sin ningún problema a una eliminación del 95 %⁶⁴ • Reducción de la DBO del orden de al menos el 40 % • Una efectiva remoción de Sólidos Suspendidos, Aceites & Grasas, y materia orgánica particulada (DBO5). Puede alcanzar hasta un 99% dependiendo del efluente a tratar⁶⁵ 	<ul style="list-style-type: none"> • Es una operación sensible a las variaciones de temperatura, sólidos en suspensión, recargas hidráulicas, variaciones químicas y fisicoquímicas, comparado con procesos de sedimentación⁶⁶ • Los costos de inversión son de aproximadamente \$22'000.000 COP un valor muy alto que la empresa no podría contemplar.

⁶⁴ECOPRENEUR [en línea]. [Citado 2017-09-27]. Disponible en: <http://www.ecopreneur.cl/productos/sistemas-de-flotacion-daf/>

⁶⁵ECOPRENEUR [en línea]. [Citado 2017-10-08]. Disponible en: <http://www.ecopreneur.cl/productos/sistemas-de-flotacion-daf/>

⁶⁶ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Editorial escuela colombiana de ingeniera. 3 ed. Bogotá D.C .1999. 732p.

3.2.3 Ventajas y desventajas de cada sistema propuesto

Cuadro 6. (Continuación)

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Referente a los tiempos de operación, requiere menos tiempo que la decantación y permite una mayor carga de sólidos en el agua. • Presenta una alta eficiencia en la remoción de sólidos, la disponibilidad de área requerida para instalación es menor en comparación a las otras alternativas, porque se dispone de tanque de almacenamiento primario que se puede emplear en este tratamiento. • Alta tasa de remoción 	<ul style="list-style-type: none"> • Los costos de operacionales son muy elevados cuando existe un control riguroso automático de parámetros⁶⁷

Cuadro 7. Sistema 2 Evaporación al vacío⁶⁸

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • La evaporación al vacío es uno de los procedimientos más eficientes para el tratamiento de efluentes industriales, ya que permite separar con gran eficacia los contaminantes que se encuentran en el agua. • Entre los costos de operación representa un ahorro energético muy importante debido a sus bajos consumos de electricidad. • Es una tecnología de fácil uso y requiere poco mantenimiento. • Alta tasa de remoción 	<ul style="list-style-type: none"> • Sus costos de inversión son elevados para la disponibilidad de la empresa. • Requiere una de una gran área para su operación en comparación de las otras alternativas. • Los costos de inversión tienen un valor mayor a \$30'000.000 COP por lo que no es viable para la empresa, donde actualmente no pueden realizar una inversión tan alta

⁶⁷Ibid., p.731.

⁶⁸CONDORCHEM [en línea]. [Citado 2017-06-29]. Disponible en: [https://blog.condorchem.com/fundamentos-Eva evaporación-vacío](https://blog.condorchem.com/fundamentos-Eva%20evaporación-vacío)

Cuadro 8. Sistema 3 Trampa de grasas y aceites

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Estas unidades de trampa de grasas se diseñan en función de la velocidad de flujo o el tiempo de retención hidráulica (TRH). • Los costos de inversión no son elevados en comparación a las otras alternativas. • Es un dispositivo que ofrece una superficie tranquila, con entradas y salidas sumergidas (a media altura) no necesita un espacio no muy grande. • Con relación a los porcentajes de remoción la separación de grasa y aceites del agua elimina niveles de grasas y aceites, DBO₅ y DQO considerablemente. • Los costos de operación en cuanto al funcionamiento son mínimos a razón de que sistema es muy sencillo. • El mantenimiento puede hacerse de forma manual recogiendo los lodos y disponerlos como residuos, el tiempo de operación es alrededor de 15 a 20 minutos. • El sistema presenta alta resistencia química ante los agentes corrosivos, garantiza su larga vida útil, baja conductividad, alta resistencia mecánica por el diseño y material que están construidas. • Los costos de inversión de esta propuesta son aproximadamente de \$4'000.00 COP 	<ul style="list-style-type: none"> • Los residuos generados por la trampa de grasas se deben disponer a entidades encargadas de los mismos. • Este método es utilizado para la remoción de pequeñas cantidades de grasas y aceites. • Baja porcentaje de remoción de grasas (20-50) % en comparación FAD y evaporación al vacío.

Después de identificar las ventajas y desventajas se procede a asignar un valor a cada criterio de selección que permita obtener la mejor alternativa. Los resultados se presentan en la siguiente matriz de selección.

Tabla 15. Matriz de selección para determinar la unidad de remoción de grasas y aceites.

Criterio de selección	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Costos de inversión	0,76	0,38	1,52
Disponibilidad de área	1,14	1,14	1,52
Porcentajes de remoción	1,6	1,6	0,8
Costos de operación	0,22	0,22	0,88
Costos de mantenimiento	0,44	0,22	0,44
Tiempo de operación	0,8	0,8	1
Residuos generados	0,6	0,8	0,6
Total	5,56	5,16	6.76

En cuanto al criterio de costo de inversión se evaluó cada alternativa de mejora basado en el análisis básico de los precios que pueden llegar a tener los equipos involucrados en esta. Con base a estos costos se le asigno un valor a cada una de las propuestas. La alternativa 1 se le asigna un valor de 4 aunque es una buena propuesta la empresa no cuenta con un monto de dinero tan alto para esta inversión; la segunda alternativa se le asigna un valor de 2 como la alternativa menos conveniente dentro de la valorización debido a que sus costos son demasiado elevados inalcanzables para su implementación; la alternativa 3 se le asigna un valor de 8 teniendo en cuenta que el precio de este equipo no supera los \$4'000.000, siendo una opción asequible de implementar en la PTAR.

En la disponibilidad de área se evaluó el espacio necesario dentro de la planta de tratamiento para llevar acabo cada una de las alternativas propuestas. Para la alternativa 1 se asigna un valor de 6 debido a que el área necesaria para esta alternativa es aproximadamente 10m² espacio propicio dentro de la planta, de igual manera la alternativa 2 se le da un valor de 6, puesto que el área necesaria es relativamente igual. En cuanto a la tercera alternativa se asigna un valor de 8, debido a que el área necesaria para llevar esta alternativa es de aproximadamente 8 m² reduciendo el área necesaria en la PTAR.

Para los porcentajes de remoción de cada una de las alternativas se les asigna un valor de 8 para la alternativa 1 y 2 debido a que el porcentaje de remoción está dentro del rango del 60 al 80% presentando un valor conveniente para el tratamiento, para la alternativa 1 se asigna un valor de 4, puesto que la remoción es aproximadamente de un 30%.

Dentro del tratamiento un ítem importante es el mantenimiento de los equipos, debido a relación directa que tiene con la vida útil del mismo. La alternativa 1 como la alternativa 3 se les otorga un valor de 4, debido a que el mantenimiento es económico y las piezas de la unidad no son costosas si llegaran a deteriorarse.

Respecto a la alternativa 2 se le asigna un valor de 2, no es una alternativa conveniente para implementar debido al costo elevado en su mantenimiento. Dentro de este criterio de evaluación se tiene en cuenta el valor del salario mínimo legal vigente de un operario que es de \$737.727 COP, el encargado de realizar esta labor.

Los tiempos de operación se evalúan teniendo en cuenta el tiempo empleado por la alternativa para la eliminación de grasas y aceites; se le otorgó una puntuación de 8 para las alternativas 1 y 2, siendo convenientes para el proceso de eliminación de grasas y aceites, debido a que son equipos que presentan porcentajes de remoción de grasas y aceites altos en un tiempo de operación bajo. Respecto a la alternativa 3 se asignó un valor de 10 puesto que el tiempo residencia es aproximadamente 30 minutos o menos obteniendo remociones altas de grasas y aceites.

Los residuos generados durante el proceso son de gran interés, por lo que se le otorga una calificación de 6 para la alternativa 1, donde el proceso hace que la grasa se acumule en la superficie generando residuos fáciles de remover; para la alternativa 2 se otorga un valor de 8 debido a que es un proceso más completo donde los residuos generados en este son mayores. De la misma manera a la alternativa 1 se le asigna un valor de 6.

De acuerdo a la matriz de selección de Kepner – Tregoe⁶⁹ donde la puntuación se obtiene como el producto del grado de importancia del proceso en tratamiento y la escala de evaluación, la calificación obtenida por medio de la evaluación de cada uno de los parámetros de selección y teniendo en cuenta la asesoría de un experto en el tema de tratamiento de aguas residuales el Ingeniero Jorge Ardila , se pudo determinar la alternativa 3 como la alternativa más favorables en cuanto a costos de inversión, de operación y de mantenimiento.

3.3 MEJORA EN EL SISTEMA DE SEDIMENTACIÓN

El tanque de sedimentación rectangular que está diseñado en la planta de tratamiento de aguas residuales no favorece la recolección y sedimentación de lodos por lo que se propone un sistema de recolección de lodos denominado “tolva”.

Este tipo de sedimentador tienen la ventaja de que permiten una implantación más compacta de los lodos, el fondo es inclinado hacia el centro de la unidad, donde se

⁶⁹ LÓPEZ OVANDO, José Esteban. Una técnica grafica para el análisis de decisiones. Tesis para optar por el grado de maestro en ingeniera de sistemas –planeación. Universidad autónoma de México .2006. 3p.

ubica un sumidero para la recolección de lodos, ⁷⁰Para el buen funcionamiento se debe buscar que el asentamiento se realice de forma efectiva, la concentración de las partículas a la entrada de la zona de sedimentación sea homogénea; es decir, la concentración de partículas en suspensión de cada tamaño sea uniforme en toda la sección transversal perpendicular al flujo. Debido a la velocidad horizontal del fluido en el sedimentador está por debajo de la velocidad de arrastre de los lodos, por lo tanto, una vez que una partícula llegue al fondo, permanece allí. La velocidad horizontal constante lo mismo que la velocidad de sedimentación de cada partícula por lo que la trayectoria de las partículas en el sedimentador es una línea recta. ⁷¹

Esta unidad de recolección de lodos tiene ventajas como:

- Alta tasa de remoción de sólidos sedimentables.
- No Necesita de una mayor área.
- No es necesario de una gran inversión para su instalación y compra.
- No se tiene que implementar un nuevo tipo de sedimentador.
- Son los que se usan más comúnmente en las plantas de tratamiento de agua residual.
- La recolección de los lodos se puede realizar de forma tanto manual como mecánica.
- Una alta tasa alta de remoción de sólidos, gracias a su geometría
- La disponibilidad de área es mínima debido a que la tolva se adapta al tanque actual.

3.4 EVALUACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN

Para la alternativa de tratamiento se requiere establecer las condiciones de operaciones más convenientes por medio de la etapa experimental que tiene como objetivo seleccionar el rango de dosificación adecuada y efectiva, pH óptimo, tiempos de retención, tiempo de agitación y determinación de volumen de sólidos sedimentados.

Esta etapa experimental tiene como propósito determinar las condiciones óptimas de cada una de las operaciones unitarias y procesos que conlleva el tratamiento de aguas residuales. La evaluación experimental se realizó en los laboratorios de la Universidad de América.

⁷⁰VARGAS, Lidia. Plantas de filtración rápida. Tratamiento de agua para consumo humano. 2004.p.335-359 [en línea]. [Citado 2017-06-18]. Disponible en: <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/id/5657/BIV00012.pdf>

⁷¹PÉREZ, Arturo. Sedimentación. Tratamiento de aguas. Universidad nacional –facultad de minas [en línea]. [Citado 2017-10-25]. Disponible en : http://www.bdigital.unal.edu.co/70/5/45_-_4_Capi_3.pdf

3.4.1 Determinación de la dosificación. Esta etapa experimental se compone de los procesos de neutralización, coagulación, floculación y sedimentación, esta prueba de laboratorio se realiza por medio de un test de jarras.

Se realizaron ensayos experimentales los días comprendidos entre el 23 de octubre hasta el 30 de octubre de 2017. Los ensayos se realizaron al efluente de agua cruda que ingresa al proceso con tres tipos de alternativas a evaluar:

Tabla 16. Dosificación de las alternativas propuestas.

ALTERNATIVA	NEUTRALIZANTE	COAGULANTE	FLOCULANTE	DESINFECTANTE
1	Hidróxido de sodio (soda caustica)	Hidroxiclорuro de aluminio (Pac's)	Polímero catiónico (Lipesa 1569-A)	Hipoclorito de sodio (5%)
2	Hidróxido de sodio (soda caustica)	Sulfato de aluminio	Polímero catiónico Lipesa 1569-A	Hipoclorito de sodio (5%)
3	Hidróxido de calcio (cal)	Sulfato de aluminio	Polímero catiónico Lipesa 1569-A	Hipoclorito de sodio (1%)

Debido que el agua proveniente del lavado de los articulados no tiene una carga alta de contaminantes, se decide hacer el tratamiento de floculación, con polímero catiónico el cual es utilizado en industrias con esta característica.

3.4.2 Ensayo de jarras. La prueba de jarras es un método común que se utiliza con el fin de determinar las condiciones óptimas para el tratamiento de aguas residuales industriales; este ensayo simula los procesos de coagulación y floculación de manera que ayude a la eliminación de los coloides en suspensión y materia orgánica que pueda estar presente, los cuales son responsables de los problemas de turbidez, olor y sabor.⁷²

El propósito de este proceso es determinar las variables físicas y químicas de los procesos como:




⁷²ARIZA, Brendy. Propuesta de un sistema para el tratamiento de agua residual industrial en la fábrica R.F.G. BONNY LTAD. Proyecto integral de grado para optar al título de ingeniero químico. Bogotá. Universidad de América. 2017. p.1-150.

- pH óptimo de operación de coagulante
- Concentración de coagulante
- Tiempos de mezcla coagulante- floculante
- Correlación de las velocidades de sedimentación de los flocs formados
- Eficiencia de remoción de turbidez

Dentro del ensayo de jarras se cuenta con parámetros de interés que son de tipo físico, químico y organoléptico; los resultados que se obtienen al realizar este ensayo tienen como fin ayudar a mejorar el tratamiento actual y establecer las condiciones de operación con las que se manejarán las aguas residuales de la empresa SOMOS K S.A.

3.4.2.1 Reactivos utilizados

Cuadro 9. Reactivos test de jarras

Reactivo	Descripción	Imagen
Hidróxido de sodio-soda caustica (Neutralizante)	El Hidróxido de Sodio es una base fuerte, se disuelve con facilidad en agua generando gran cantidad de calor y disociándose por completo en sus iones, es también muy soluble en Etanol y Metanol. ⁷³	
Hidróxido de calcio (neutralizante)	Gracias al uso de la cal, en las plantas de tratamiento de aguas, se consigue, entre otras cosas, reducir el sabor, olor y color del agua al eliminar la materia en suspensión y, por tanto, la turbiedad de esta. ⁷⁴	
Hidroxocloruro de aluminio/ Pac's (coagulante / floculante)	Los PAC's contienen una gama de especies hidrolíticas de Al(III) preformadas de calidad superior y poseen una estructura que es bastante estable ante hidrólisis posteriores, que contribuye a su mayor eficiencia de coagulación. ⁷⁵	

⁷³INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Hidróxido de sodio [en línea]. [Citado 2017-11-16]. Disponible en [://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia17.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia17.pdf)

⁷⁴Calcinor. [en línea]. [Citado 2017-11-25] Disponible en: <http://www.calcinor.com/es/actualidad/2017-03-16/cal-tratamiento-de-aguas/>

⁷⁵ Disponible en: <http://sulfatodealuminio.com/>

3.4.2.1 Reactivos utilizados

Cuadro10. (Continuación)

Reactivo	Descripción	Imagen
Sulfato de aluminio (Coagulante)	Es la sal de Aluminio, de fórmula $Al_2(SO_4)_3$. Se presenta en forma granular blanco. El sulfato de aluminio es el compuesto de aluminio con el segundo mayor uso industrial. Se utiliza para el tratamiento de aguas residuales y en la purificación de agua como agente coagulante. ⁷⁶	
Polímero catiónico Lipesa 1569-A (Floculante)	Son productos cuya acción afecta a la velocidad de reacción (floculación más rápida) o a la calidad del flóculo (es más pesado, más voluminoso y más coherente).	
Hipoclorito de sodio (desinfectante)	El cloro es el desinfectante más usado para el tratamiento del agua residual doméstica porque destruye los organismos a ser inactivados mediante la oxidación del material celular. ⁷⁷	
Carbón activado (Filtración)	Se usa en los procesos de filtración por medio de una columna como medio de contacto entre el agua a tratar y el carbón activado, en la que el agua entra por la parte inferior y asciende hacia la superior. Se suele utilizar para eliminar elementos traza, especialmente orgánicos, que pueden estar presentes en el agua, y que habitualmente han resistido un tratamiento biológico. ⁷⁸	







⁷⁶SULFATO DE ALUMINIO [en línea]. [Citado 2017-07-22] Disponible en: <http://sulfatodealuminio.com/>

⁷⁷PASEORES S.A [en línea].[Citado 2017-10-13] Disponible en : <http://www.vypasesores.com/images/sce/docs/Desinfeccion-con-cloro-de-aguas-residuales.pdf>

⁷⁸CONDORCHEM EVITECH [en línea]. [Citado 2017-08-26]. Disponible en : <http://blog.condorchem.com/adsorcion-en-carbon-activado-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales/>

3.4.2.2 Equipos utilizados. Para llevar a cabo este ensayo se emplean un equipo de Prueba de Jarras y otros equipos necesarios de medición

Cuadro 10. Equipos test de jarras

Equipo	Descripción	Imagen
Equipo para el ensayo de jarras	Es un equipo que cuenta con 4 puestos, cada uno con un vaso precipitado de 800 ml y un agitador mecánico, que optimiza la adición de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas residuales, con diferentes dosis químicas, gradientes de velocidad y tiempo de decantación.	
Turbidímetro	Usado para medir la dispersión de la luz provocada por las partículas del agua residual industrial antes y después del tratamiento.	
Balanza	Utilizada para pesar los reactivos que se encuentran en estado sólido utilizados durante el test de jarras.	
pHmetro	Instrumento que posee un sensor (electrodo) que utiliza el método electroquímico para medir el pH de una disolución.	
Conductímetro	Mide la conductividad eléctrica de los iones en una disolución. Para ello aplica un campo eléctrico entre dos electrodos y mide la resistencia eléctrica de la disolución. ⁷⁹	
Unidad de filtración	Los filtros de carbón activado granulares pueden también remover sustancias específicas orgánicas e inorgánicas del agua, incluyendo cloruros, algunos metales pesados, taninos, subproductos no deseados provenientes de la desinfección, toxinas creadas por las algas y trihalometanos. ⁸⁰	

⁷⁹CRISON [en línea]. [Citado 2017-10-12]. Disponible en: http://www.crison.it/pdfs/06/crison_6_1.pdf

⁸⁰FLUENCE [en línea]. [Citado 2017-08-26]. Disponible en: <https://www.fluencecorp.com/es/que-es-la-filtracion-con-carbon-activado/>

3.4.2.3 Parámetros de operación

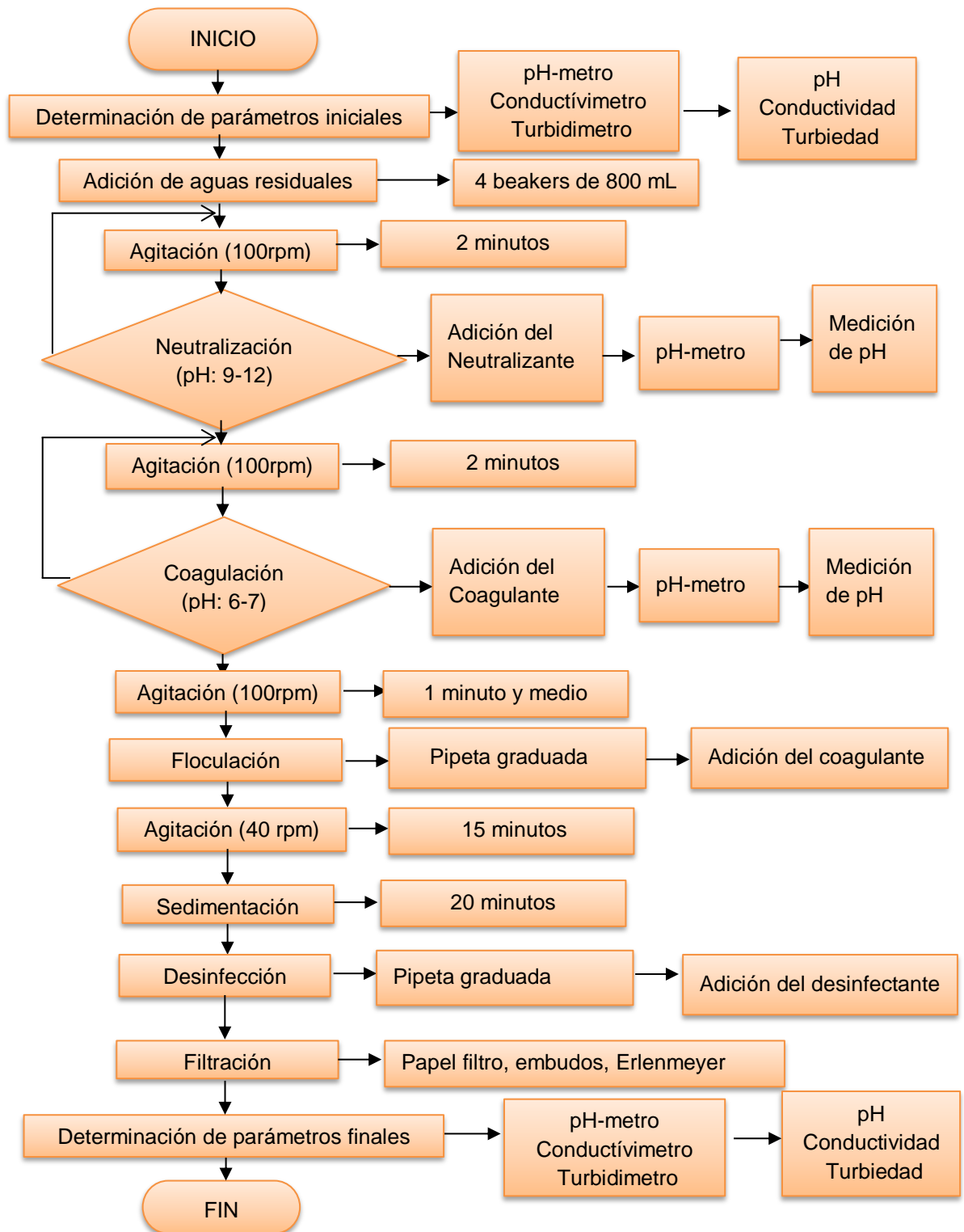
Cuadro 11. Parámetros de operación

Condiciones operacionales	Importancia
Tiempos de retención	<p>La velocidad de aglomeración de las partículas es proporcional al tiempo de retención. Debe estar lo más cerca posible al óptimo determinado por medio de ensayos de jarras. Se puede decir que una eficiencia dada, se obtiene en tiempos cada vez menores.</p>
Velocidad de agitación	<p>El tiempo de mezclado del coagulante en el agua a tratar será el necesario para que el producto utilizado se difunda con la mayor rapidez posible.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mezcla rápida <p>El objetivo de la mezcla rápida es crear la turbulencia o movimiento necesario en el líquido contenido en la jarra para poner en contacto los reactivos químicos con las partículas coloidales del agua, modo de neutralizar sus cargas, desestabilizarlas y hacer que se aglomeren en un corto período de tiempo. El tiempo de aplicación de la mezcla rápida depende de la clase del coagulante.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mezcla lenta <p>Generalmente, el tiempo de mezcla no excede de 15 min. Un tiempo excesivo puede crear calentamiento de la muestra originando una floculación más eficiente, pero a su vez una pobre sedimentación, ya que ocurre la liberación de los gases disueltos en el agua, formando burbujas que se adhieren a los flóculos y los hacen flotar.</p>
Tiempo de sedimentación	<p>Durante este tiempo los coloides sedimentan por gravedad y se obtiene el agua clarificada.</p>

Fuente: GIRALDO, María De los ángeles y CASTRILLÓN, Daniela. Determinación de las dosis óptimas del coagulante sulfato de aluminio granulado tipo b en función de la turbiedad y el color para la potabilización del agua en la planta de tratamiento de villa santana. Proyecto integral de grado para optar al título de tecnólogo Químico [en línea]. Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira. 2012. p.27-28. [Citado 2017-08-06]. Disponible en:<http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/6281622H565.pdf>

3.4.2.4 Procedimiento test de jarras

Diagrama 2. Procedimiento test de jarras



3.4.2.5 Variables fijas del proceso: para el test de jarras se establecen los parámetros para los procesos y pruebas evaluadas:

Cuadro 12. Variables del proceso

CONDICIONES OPERACIONALES	VALOR ESTABLECIDO
velocidad de agitación (mezcla rápida)	100rpm
velocidad de agitación (mezcla lenta)	40rpm
tiempo de mezcla rápida	1 minuto y medio ⁸¹
tiempo de mezcla lenta	15 minutos ⁸²
tiempo de sedimentación	20 minutos
concentración de neutralizante (hidróxido de sodio)	5 %
concentración de neutralizante (hidróxido de calcio)	5%
concentración de coagulante (sulfato de aluminio)	5%
concentración de coagulante (hidroxicloruro de aluminio)	5%
concentración de floculante (polímero catiónico)	0,1%

3.4.2.6 Condiciones iniciales de operación: el agua por analizar es tomada del tanque de agua cruda donde se inicia el proceso de tratamiento, se realiza para diagnosticar el estado actual del agua sin tratar, para este proceso se toman 20L necesarios para las diferentes pruebas que se realizan en el laboratorio.

⁸¹ CRUZ, Aura y SIERRA, Claudia. Propuesta de una alternativa de tratamiento de aguas residuales en la salsamentaría el bohemio. Proyecto integral de grado para optar al título de ingeniero químico. Bogotá. Fundación universidad América. 2016.p. 120. Disponible en: <http://repository.uamerica.edu.co//handle/20.500.11839/833>

⁸² Ibid., p.120

Tabla 17. Parámetros iniciales

Parámetro	Valor
pH	9,15
Turbiedad (NTU)	233
conductividad (μ S/cm)	774

Se realiza la recolección del agua cruda un día antes de realizar las pruebas de laboratorio, por lo que los valores de pH, turbiedad y conductividad inicial varían un poco en el momento de la parte experimental.

3.4.2.7 Selección del neutralizante y coagulante: para la selección del neutralizante y del coagulante se proponen varias dosis para cada uno de ellos, con el fin de llevar a cabo el procedimiento del test de jarras. Teniendo en cuenta que se utilizan dos tipos de neutralizantes y dos tipos de coagulante y que las dosis van aumentando.

- **Alternativa 1:** se realiza el primer ensayo utilizando hidróxido de sodio como neutralizante e hidroxiclورو de aluminio como coagulante, dosificados a 500ml de la muestra de agua cruda, variando la concentración de neutralizante.

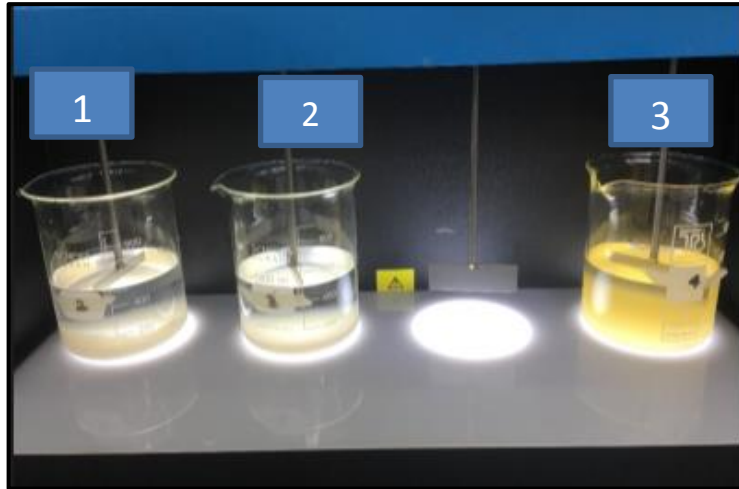
Preparación del neutralizante: en un vaso de 250 ml se diluyeron 7.5 g de hidróxido de sodio en 150 ml de agua, obteniendo una dilución al 5%, se realizó la homogenización en una plancha de calentamiento con agitación magnética durante 10 minutos a una velocidad de 60rpm hasta lograr que las partículas se diluyan de forma homogénea.

Preparación del coagulante: en un vaso de 150 ml se diluye 2 ml de hidroxiclورو de aluminio llevados a 40 ml de solución con agua, obteniendo una dilución al 5%, se realizó la homogenización de manera manual con ayuda de un agitador de vidrio durante 3 minutos hasta lograr que se forme una sola fase.

Preparación del floculante: se diluyeron 0,1 g del polímero catiónico en 100ml de agua, obteniendo una dilución al 0,1%, se realizó la homogenización en una plancha de calentamiento con agitación magnética iniciando con una velocidad de 100rpm y terminando en 40 rpm para evitar que se rompan las cadenas poliméricas con ayuda de un agitador de vidrio durante 30 minutos hasta lograr que se forme una mezcla homogénea. La agitación finaliza cuando las partículas del polímero se disuelven completamente en el agua.

Luego de haber preparado los reactivos se lleva al proceso de test de jarras como se observa a continuación:

Figura 16. Test de jarras con hidróxido de sodio como neutralizante e Hidroxicloruro de aluminio como coagulante.



Pasado este tiempo se lleva a cabo el proceso de filtración para remover los sólidos suspendidos en el agua. Para llevar a cabo una buena filtración se utiliza carbón activado debido a que realiza una buena absorción de tensoactivos presentes en el agua, el carbón activo a utilizar es en polvo “aunque es efectivo” el tiempo de clarificación es muy largo. El proceso se lleva a cabo introduciendo el agua residual a un cono Imhoff el cual actúa como sedimentador cónico haciendo que las partículas suspendidas se depositen en el fondo de este, luego se aplica el carbón activado en polvo para la eliminación de tensoactivos presentes.

Para la eliminar las trazas de carbón activado presentes en el agua después de haber realizado el procedimiento anterior, se lleva a cabo una filtración rápida por medio de papel filtro. Luego de esto se aplica una dosis de hipoclorito de sodio para la desinfección.

Figura 17. Proceso de filtración



La **tabla 18** muestra los resultados obtenidos al realizar el test de jarras 1 para la muestra tomada de agua residual, este test se hace teniendo en cuenta una previa pre experimentación realizada en el laboratorio con el objetivo de saber el rango en cual se debe variar las dosificaciones de coagulante, adicionalmente se realiza una curva de neutralización mediante titulación para determinar el efecto del neutralizante en el agua.

El pH se lleva a 12, para generar el rompimiento de cadenas tensoactivas o surfactantes y para acondicionar el agua residual al pH de trabajo del coagulante, dentro de esta primera experimentación se decidió dejar como variable fija la dosificación del neutralizante debido a su efecto al agua.

Luego el pH se disminuye a un pH neutro para que el proceso de floculación sea efectivo. Partiendo de los volúmenes aplicados de las soluciones a cada de la muestra de agua, se calcula la concentración de cada una de las dosificaciones como se puede ver en el **anexo D**.

Gráfica 3. Curva de neutralización-Soda caustica.

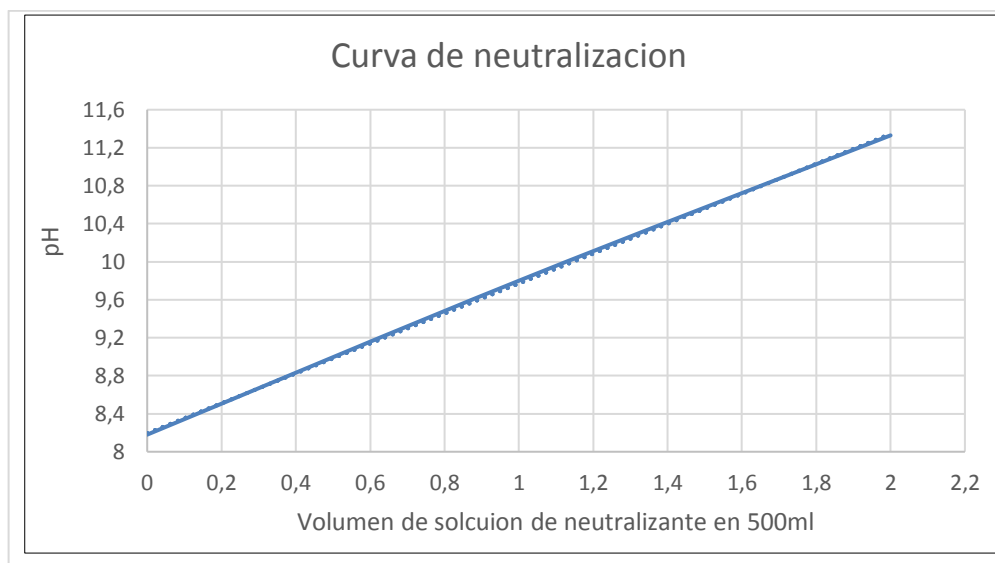


Tabla 18. Prueba de jarras alternativa 1.

Aspecto	Alternativa1		
	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
Dosis coagulante (mg/l)	418	462	660
Dosis neutralizante (mg/l)	200	200	200
Dosis de floculante (ppm)	2	2	2
Dosis Hipoclorito de sodio (ppm)	100	100	100
Conductividad inicial ($\mu\text{s/cm}$)	676	676	676
Conductividad Final ($\mu\text{s/cm}$)	1329	1479	1615
Turbiedad inicial (NTU)	185	185	185
Turbiedad final (NTU)	16.9	14.5	18.9
% remoción turbiedad	91	92	90
pH inicial (unidades)	9.15	9.15	9.15
pH final (unidades)	6.8	6.89	7.03

Porcentaje de disminución turbidez: los ensayos se realizaron a 3 jarras, variando la concentración de neutralizante y coagulante. Se calcula el porcentaje de remoción teniendo en cuenta la turbidez inicial y la turbidez final de cada jarra, y a partir de esto se selección el mejor comportamiento de clarificación.

Ecuación 2. Remoción Turbidez

$$\% \text{ Remoción Turbidez} = \left(\frac{\text{Turbidez inicial} - \text{turbidez final}}{\text{Turbidez inicial}} \right) * 100$$

Análisis fisicoquímico: se mide el tamaño de flóculos mediante el índice de floculación de Willcomb como se observa en la siguiente tabla.

Cuadro 13. Índice de floculación de Willcomb

Índice	Descripción
0	Floc coloidal. Ningún signo de aglutinación
2	Visible. Floc muy pequeño, casi imperceptible para un observador no entrenado.
4	Disperso. Floc bien formado, pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta).
6	Claro. Floc de tamaño relativamente claro. Precipita con lentitud.
8	Bueno. Floc que se deposita fácil pero no completamente.
10	Excelente. Floc que se deposita todo dejando el agua cristalina.

Fuente. Jorge Arboleda Valencia

Cuadro 14. Resultados alternativa 1

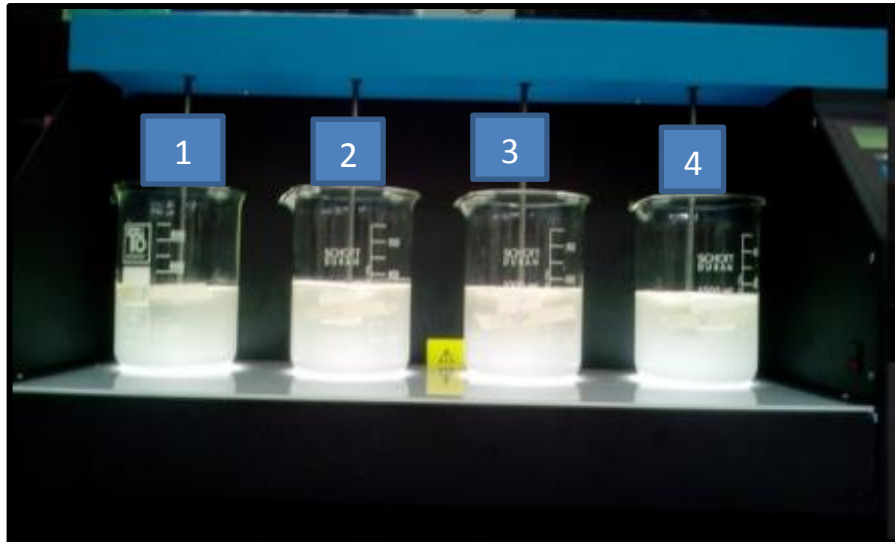
Numero de jarra	Descripción
1	<ul style="list-style-type: none"> • Valor más bajo de conductividad (1329 $\mu\text{s/cm}$) comparado con las demás jarras, por lo tanto, presenta menor cantidad de sólidos disueltos. • Porcentaje de remoción de 91% • Nivel de floc (Según el índice de Willcomb se clasifica como un floc Bueno. Floc que se deposita fácil pero no completamente. (valor: 8). • pH final neutro • Buen tiempo de sedimentación (15-20 min)
2	<ul style="list-style-type: none"> • Valor más alto de remoción (92%) comparado con las demás jarras • Valor de conductividad (1479 $\mu\text{s/cm}$). • Nivel de floc (Según el índice de Willcomb se clasifica como un floc claro de tamaño relativamente pequeño y precipita con lentitud (valor: 6). • pH final neutro • Tarda más tiempo en sedimentar (más de 20 minutos)
3	<ul style="list-style-type: none"> • Presenta un color diferente debido que la cantidad aplicada de hidroxiclورو de aluminio es mayor a la necesaria para la desestabilización, por lo cual al momento de agregar el desinfectante este cambia notoriamente su color

La alternativa que mejor resultado presenta es la Jarra #1 comparado con las demás jarras evaluadas.

- **Alternativa 2:** se procede a realizar el segundo ensayo cambiando el tipo de coagulante por sulfato de aluminio y se lleva a cabo el mismo procedimiento para observar una eficiencia distinta en el proceso.

Preparación del coagulante: en un beaker de 150 ml se diluyeron 5 g de sulfato de aluminio en 100 ml de agua, obteniendo una dilución al 5%, se realizó la homogenización en una plancha con agitación magnética durante 10 minutos a una velocidad de 60rpm hasta lograr que las partículas se diluyan de forma homogénea. Luego de haber preparado los reactivos se lleva al proceso de test de jarras como se observa a continuación:

Figura 18. Test de jarras con hidróxido de sodio como neutralizante y Sulfato de aluminio como coagulante.



Para el proceso de filtración se cambia el carbón activado en polvo por el carbón activado granular de manera que este tipo de carbón realiza una filtración por gravedad y requiere menor tiempo para la filtración. Se procede luego a realizar la filtración con papel filtro para eliminar las partículas de carbón adheridas a esta agua.

Figura 19. Proceso de filtración alternativa 2



La **tabla 19** muestra los resultados obtenidos al realizar la segunda alternativa para la muestra de agua residual, a diferencia de la primera alternativa presenta una variación en la dosificación del neutralizante para evaluar de esta manera su efecto del tratamiento en especial la funcionalidad de coagulante, se llevan las muestras a distintos valores de pH así: jarra #1 pH 11, jarra #2 pH 12, jarra #3 pH 12, jarra # 4 pH 9,5. De manera que las pérdidas de eficiencia de los compuestos sean menores y la desestabilización se de en forma efectiva.

De igual manera presenta una variación de la dosificación del coagulante que depende al pH a que se quiera llevar para realizar la floculación, dentro del tratamiento de esta alternativa se toma como variables fijas las dosificaciones de floculante e hipoclorito de sodio previamente determinadas en la pre experimentación las cuales actúan de la mejor forma para mejorar el proceso de tratamiento. Igualmente, que en la alternativa anterior se calcula las dosificaciones a partir los volúmenes aplicados de las soluciones como se puede observar en el **Anexo D**

Tabla 19. Prueba de jarras alternativa 2

Aspecto	Alternativa 2			
	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4
Dosis coagulante (mg/L)	500	750	800	950
Dosis Neutralizante (mg/L)	200	200	200	20
Dosis de Floculante (ppm)	2	2	2	2
Dosis Hipoclorito de sodio(ppm)	100	100	100	100
Conductividad inicial ($\mu\text{S/cm}$)	676	676	849	849
Conductividad Final ($\mu\text{S/cm}$)	1517	1479	1520	1572
Turbiedad inicial (NTU)	185	185	185	185
Turbiedad final (NTU)	0.85	1.11	1.6	1.4
% remoción turbiedad	99.54	99.40	99.14	99.24
pH inicial (unidades)	8.18	8.18	8.55	8.5
pH final (unidades)	7.75	7.76	6.85	6.8

A continuación, se muestra el análisis obtenido de cada una de las jarras evaluadas dando como el mejor resultado la jarra #1

Cuadro 15. Resultados alternativa 2

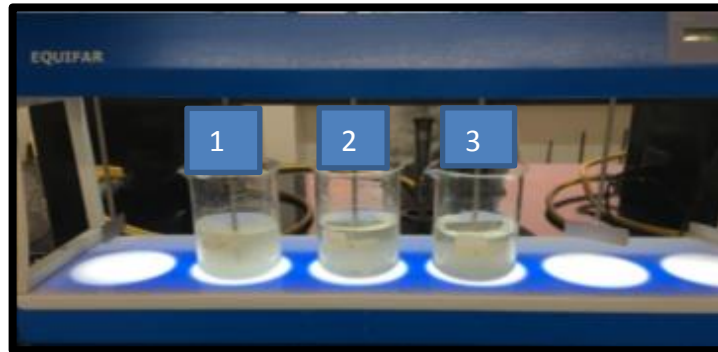
Numero de Jarras	Descripción
1	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento considerable en el tamaño de floc • Velocidad de sedimentación mayor (15-20 minutos) • Nivel de turbiedad es 0,85 NTU • Excelente comportamiento en la remoción de turbiedad • Floc de mayor tamaño y uniforme • Según el índice de Willcomb el tamaño del floculo se clasifica con un valor de 8 considerándolo un floc bueno donde se deposita fácilmente, aunque no completamente
2	<ul style="list-style-type: none"> • Buen comportamiento en remoción de turbiedad • Velocidad de sedimentación (20 minutos) • Según el índice de Willcomb se clasifica como un floc claro de tamaño relativamente pequeño y precipita con lentitud (valor: 6). • Presencia de espuma en la superficie • Nivel de turbiedad (1.11 NTU)
3	<ul style="list-style-type: none"> • Se clasifica como un floc claro de tamaño relativamente pequeño y precipita con lentitud (valor: 6). • Buen nivel de floc • Conductividad final (1520 $\mu\text{s}/\text{cm}$) • Nivel de turbiedad (1.6 NTU)
4	<ul style="list-style-type: none"> • Conductividad final media • Nivel de turbiedad (1.4) • Se clasifica como un floc claro de tamaño relativamente pequeño y precipita con lentitud (valor: 6).

- **Alternativa 3:** se realizó el tercer ensayo con hidróxido de calcio (cal) como neutralizante y nuevamente sulfato de aluminio como coagulante, utilizando el mismo floculante y desinfectante de las alternativas anteriores.

Preparación del neutralizante: en un beaker de 1000 ml se diluyeron 5 g de hidroxido de calcio en 100 ml de agua, obteniendo una dilución sobre saturada al 5%, se realizó la homogenización en una plancha de calentamiento con agitación magnética durante 10 minutos a una velocidad de 60rpm. De esta manera llevar a cabo un proceso de coagulación por barrido aprovechando que la solución esta sobre saturada para arrastrar las partículas coloidales que están en suspensión.

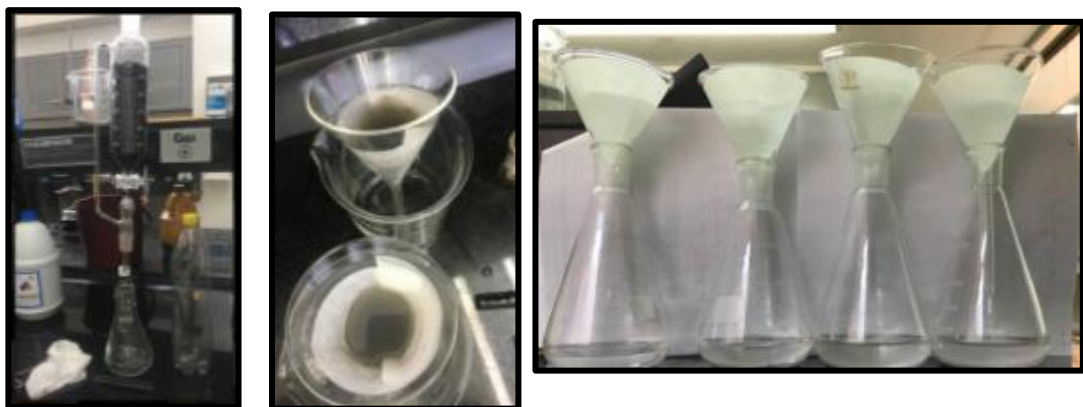
Luego de haber preparado los reactivos se lleva al proceso de test de jarras como se observa a continuación:

Figura 20. Test de jarras con hidróxido de calcio como neutralizante y Sulfato de aluminio como coagulante.



Se procede al proceso de filtración con carbón activado granular debido a que muestra mejores resultados, con esto se da la eliminación de olores posiblemente por la descomposición de la materia orgánica contenida en la muestra, también ayuda a la eliminación de tensoactivos adsorbiendo los compuestos de este tipo por su pequeño tamaño de poro (con radio inferior a 1nm). Se filtra nuevamente con papel filtro y se agrega la dosis respectiva de desinfectante.

Figura 21. Proceso de filtración alternativa 3



La **tabla 20** muestra los resultados obtenidos al realizar el test de jarras 3 para la muestra de agua residual, este test se hace teniendo en cuenta una previa pre experimentación realizada en el laboratorio con el objetivo de saber el rango en cual se debe variar las dosificaciones de coagulante, adicionalmente se realiza una nueva curva de neutralización mediante titulación para determinar el efecto del hidróxido de calcio en el agua como nuevo

neutralizante. De igual manera que la alternativa anterior se da una variación de la dosificación del neutralizante para evaluar su efecto en el tratamiento, se lleven las muestras a distintos valores de pH así: jarra #1 pH 11, jarra #2 pH 11, jarra #3 pH 12. De manera que las pérdidas de eficiencia de los compuestos sean menores y la desestabilización se de en forma efectiva

Luego el pH se lleva a un pH neutro de 7 con ayuda del coagulante para evaluar el proceso de floculación. Partiendo de los volúmenes aplicados de las soluciones a cada de la muestra de agua, se calcula la concentración de cada una de las dosificaciones como se puede ver en el **anexo D**.

Gráfica 4. Curva de neutralización-Hidróxido de calcio

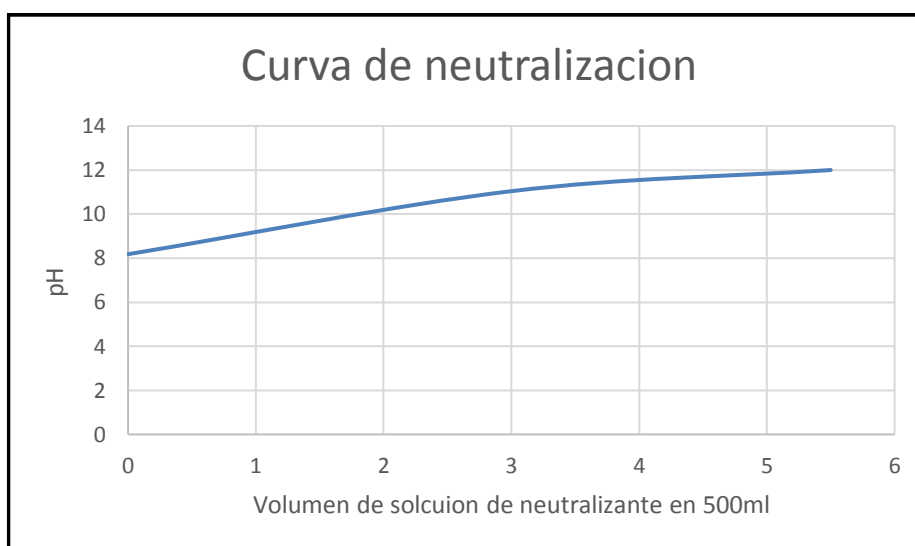


Tabla 20. Prueba de jarras 3

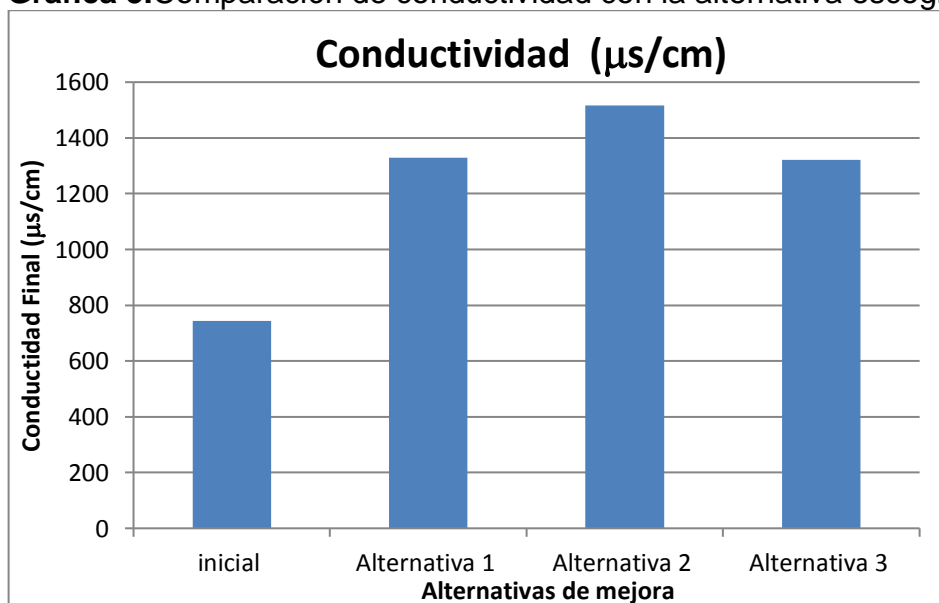
ALTERNATIVA3			
ASPECTO	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
Dosis coagulante (mg/L)	550	600	620
Dosis Neutralizante (mg/L)	300	300	550
Dosis de Floculante	2	2	2
Dosis Hipoclorito de sodio	100	100	100
Conductividad inicial ($\mu\text{s/cm}$)	849	849	849
Conductividad Final ($\mu\text{s/cm}$)	1122	1321	1812
Turbiedad inicial (NTU)	186	190	185
Turbiedad final (NTU)	0.35	0.02	4.42
% remoción turbiedad	99.81	99.99	97.61
pH inicial (unidades)	8.55	9.1	9.72
pH final (unidades)	7.5	7.89	7.3

Cuadro 16. Resultados alternativa 3

Numero de jarra	Descripción
1	<ul style="list-style-type: none"> Nivel de conductividad (1122 $\mu\text{s}/\text{cm}$) Nivel de turbiedad (186 NTU) % remoción de turbiedad aproximadamente de (100%) pH mayor de 7 Nivel de floc bajo Nivel de floc (Según el índice de Willcomb se clasifica como un floc Bueno. Floc que se deposita fácil pero no completamente. (valor: 8).
2	<ul style="list-style-type: none"> Niveles de turbiedad final (186 NTU) los porcentajes de remoción alcanzan valores cercanos al 100% Conductividad Final (1321 $\mu\text{s}/\text{cm}$) Nivel de floc alto Según el índice de Willcomb un floc excelente donde este se deposita todo debajo del agua cristalina con un valor de 10.
3	<ul style="list-style-type: none"> Nivel baja de conductividad (1812 $\mu\text{s}/\text{cm}$) Nivel de turbiedad (4.42 NTU) % remoción de turbiedad aproximadamente de (100%) pH mayor de 7 Nivel de floc (Según el índice de Willcomb se clasifica como un floc Bueno. Floc que se deposita fácil pero no completamente. (valor: 8).

Se muestra el análisis obtenido de cada una de las jarras evaluadas dando como el mejor resultado la jarra #2. A continuación, se presenta una comparación de la conductividad y de la turbiedad como factores importantes en los ensayos escogidos para cada alternativa.

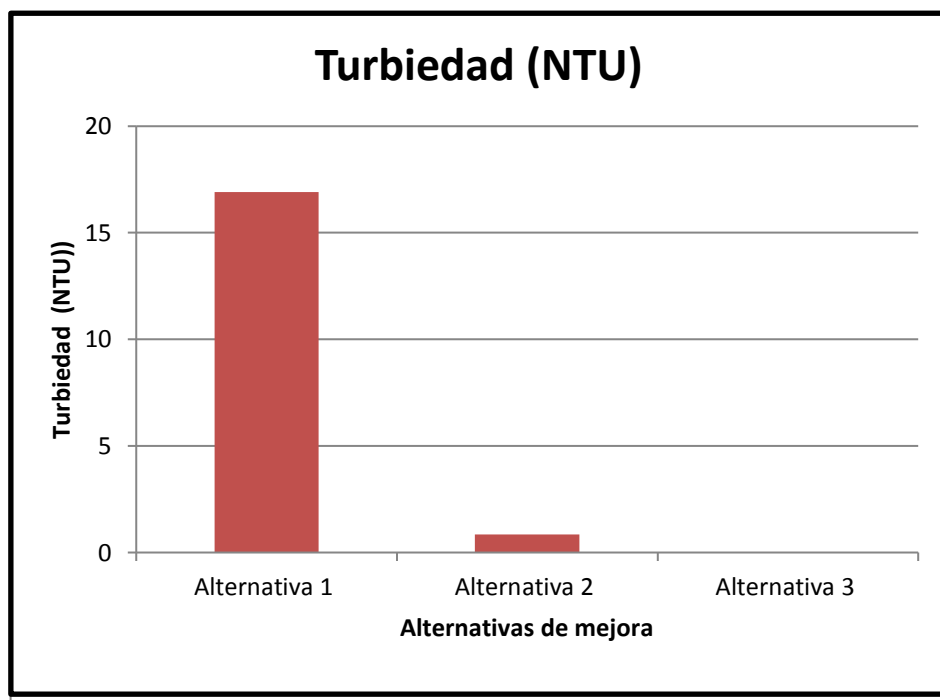
Gráfica 5. Comparación de conductividad con la alternativa escogida.



Esta medida de conductividad indica la facilidad con la que la corriente eléctrica pasa a través del agua residual. Puesto que el agua pura es muy mala conductora de la corriente eléctrica, las conductividades elevadas indican la presencia de impurezas, y más concretamente de sales disueltas⁸³.

Se observa en los ensayos realizados que en presencia de hidróxido de sodio y sulfato de aluminio la cantidad de sales disueltas genera un rango considerable en la conductividad. Al realizar un cambio del neutralizante por hidróxido de calcio los niveles de conductividad disminuyen asegurando una cantidad baja de sales y otras impurezas.

Gráfica 6. Comparación de turbiedad con la alternativa escogida.



Se determina que el hidróxido de calcio como neutralizante y sulfato de aluminio como coagulante presente niveles de turbiedad muy bajos es decir que el agua tratada presenta mínima presencia de partículas suspendidas como arcilla, barro o materia orgánica e inorgánica, así como compuestos solubles o diversos microorganismos. A diferencia el hidróxido de sodio como neutralizante y el PAC's como coagulante, este presenta niveles de turbiedad alta comparada con los otros aunque no son niveles totalmente representativos que afecten la transparencia del agua y por ende el tratamiento.

⁸³AGUAS RESIDUALES [en línea]. [Citado 2017-09-08] Disponible en: <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/residuales.pdf>

Para llevar las muestras al proceso de caracterización donde se evalúan los parámetros de DQO, sólidos suspendidos y grasas y aceites por parte del LABORATORIO QUIMICONTROL LTDA. Se requiere una cantidad de 2500 ml por cada muestra de agua a evaluar, se evalúan los ensayos con mejor resultados durante la evaluación experimental y se realizan para el volumen requerido de caracterización. Los resultados por el laboratorio se analizan en un tiempo de 8 días hábiles.

Tabla 21. Volumen requerido para caracterización

alternativa	volumen neutralizante (ml)	volumen coagulante (ml)
1	10	95
2	10	25
3	15	30

3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para la selección de la mejor alternativa con base en los resultados obtenidos de la caracterización, se debe considerar los resultados de los parámetros de incumplimiento para poder realizar una comparación de los valores obtenidos.

Tabla 22. Resultados caracterización de alternativas propuesta.

Parámetro	unidades	valor límite máximo permisible resolución 0631 de 2015	valor obtenido caracterización julio-2017	Valor obtenido alternativas propuestas		
				Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
DQO (mg/L O ₂)	(mg/L O ₂)	225	347	220	271	319
Grasas y aceites	(mg/L)	15	19.4	NA	NA	NA
sólidos suspendidos totales	(mg/L)	75	87	42	0	3,83
				Si cumple	No cumple	No cumple

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la caracterización el mejor resultado obtenido es la alternativa 1; aunque presenta niveles de turbiedad altas en comparación con las demás alternativas, la reducción es 36.59 %y 51.72% para DQO y SST respectivamente, se observa con claridad el cumplimiento de la norma.

La alternativa 1 tiene como neutralizante hidróxido de sodio y como floculante hidroxiclورو de aluminio este último es capaz de formar con mayor rapidez y perfección los flóculos, en el test de jarras se evidencia que la velocidad de sedimentación no es tan rápida debido a que la carga contaminante de esta agua no es considerable.

La dosificación aplicada de hidroxiclورو de aluminio es mucho menos comparada con la de sulfato por lo tanto la cantidad de lodo producido es mucho menor, y genera menos dependencia de la temperatura y el pH. Una buena coagulación requiere menores cantidades de coagulante como ocurre con esta alternativa.

Un aumento en la aplicación de ciertos compuestos inorgánicos como sulfuro, sulfitos, tiosulfatos, nitritos, hierro ferroso entre otros introducen DQO en los resultados de ensayos, esto puede justificar el hecho de que los valores de DQO en los demás ensayos sobrepasen la norma⁸⁴.

El PAC's (hidroxiclورو de aluminio) es un coagulante alternativo que es utilizado para alcanzar altos niveles de calidad de agua tratada y desempeño en los procesos y comportándose diferente a los coagulantes convencionales, debido a que presentan diferentes fases sólidas en las reacciones hidrolíticas, los flóculos de PAC's tienden a ser grupos de pequeñas esferas y/o estructuras tipo cadena con tamaño menor a 25 mm, mientras que los flóculos de sulfato de aluminio son usualmente estructuras esponjosas y porosas con tamaño de 25 a 100 mm⁸⁵, lo que hace que se produzca una menor turbiedad en suspensión con respecto al sulfato de aluminio.

El PAC's poseen una estructura que es bastante estable ante hidrólisis posteriores, que contribuye a su mayor eficiencia de coagulación; también es importante aclarar que además de actuar como un coagulante puede actuar como floculante en el proceso; se consideran más eficientes que el sulfato de aluminio dadas las ventajas de menor producción de lodos y la menor dependencia de la

⁸⁴VÁSQUEZ, Geinny del Carmen. Panorama del tratamiento de aguas residuales con tecnología anaerobia en costa atlántica de Colombia. Magister en ingeniería Ambiental. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia .2013.20p

⁸⁵COGOLLO, Juan. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: Caso de hidroxiclورو de aluminio.5 de octubre del 2010vol 78.no 165, p .18-27. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25636/39133>

temperatura y el pH. Por lo tanto, el hidroxiclورو de aluminio presenta mejores resultados que el sulfato según los resultados obtenidos; además de presentar mejores características en cuanto a parámetros de operación como se muestran en el **cuadro 19**

Se determina que el hidroxiclورو es la mejor alternativa para el tratamiento de este tipo de agua, utilizada para el lavado de buses. Por lo que se debe implementar un sistema de dosificación en la planta para obtener los resultados más recomendables relacionados con la reducción de contaminantes y cumplimiento de la normatividad.

Cuadro 17. Comparación de sulfato de aluminio e hidroxiclورو de aluminio

Criterio	Sulfato de Aluminio	PAC's
Temperatura	La temperatura afecta la hidrolisis y la producción de complejos hidroxilos para la coagulación	Poco efecto de la temperatura debido a formas de aluminio prepolimerizados
pH	El pH controla la especie de hidroxilo de aluminio que se genera	Menor impacto de pH debido a las formas de aluminio prepolimerizados
Especie de aluminio	Las especies de aluminio son complejas con carga catiónica de +1 a +3	Presenta formas de aluminio monoméricas y poliméricas
Cinética	Más lenta	Más rápida

Fuente: COGOLLO, Juan. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: Caso de hidroxiclورو de aluminio.5 de octubre del 2010 vol 78.no 165,. p 18-27. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25636/39133>.

4. ESPECIFICAR LAS ETAPAS DE LA PTAR CON BASE EN LA SOLUCIÓN PLANTEADA

Para el planteamiento de la propuesta de mejora de la planta de tratamiento se determina los equipos necesarios y sus respectivas especificaciones técnicas, en este caso la unidad de trampa de grasas y el diseño del tanque de sedimentación; también se especifican las dosificaciones del neutralizante y coagulante requerido. Por último, se especifican los parámetros técnicos que la empresa debe tener y seguir para poder llevar a cabo un proceso eficiente. Estas medidas para el funcionamiento de la PTAR se realizan para garantizar la efectividad de los procesos, identificando las condiciones económicas de la empresa y los requerimientos justos que se necesitan.

4.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

4.1.1 Especificaciones técnicas de equipo. Para el sistema de mejora de la PTAR se proponen (2) unidades operacionales; la primera es la unidad de trampa de grasas y la segunda es una mejora en el diseño del tanque de sedimentación.

4.1.1.1 Trampa de grasas y aceites. A esta unidad llegan las aguas provenientes de las rejillas perimetrales para ser removidas las grasas y aceites antes de entrar a los procesos primarios de la planta de tratamiento.

- **Función:** la función de esta unidad es la mayor retención de grasas y aceites mientras el agua libre de grasas y aceites sale por una descarga inferior, no lleva partes mecánicas y el diseño es similar a un tanque séptico, de manera que no interfiera en los procesos de coagulación/floculación y/o sedimentación.
- **Localización:** debe ubicarse lo más cerca posible de la fuente de agua residual para prevenir procesos de obstrucción, adherencia o acumulación en las unidades de tratamiento, por consiguiente, esta unidad estará ubicada después de las rejillas perimetrales y antes del tanque de almacenamiento de agua cruda.
- **Parámetros del diseño:** se debe realizar teniendo en cuenta las características propias y el caudal de agua que se trata.

Según el REGLAMENTO TECNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS-2000, titulo Y tratamiento de aguas residuales, se indica que el tanque para la unidad de trampa de grasas según el diseño de la PTAR y las condiciones de operación debe tener:

Tabla 23. Diseño unidad de trampa de grasas y aceites

Parámetros de diseño de trampa de grasas	
Área (m ²)	0.25 m ² por cada litro por segundo de caudal.
Relación Ancho – Longitud	1:4 hasta 1:18
Caudal de entrada (L/s)	2 – 9

Fuente: REPUBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de desarrollo Económico. Noviembre .2000. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Bogotá.p.1-150. Disponible en: http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_.pdf

- **Volumen de la trampa de grasas**

Ecuación 3. Volumen Trampa de grasa

$$V = Q * Tr$$

Fuente: SIERRA, Deily y ALBARRACIN, Carolina. Diseño e implementación de una unidad piloto de tratamiento biológico no convencional para los vertimientos generados en el matadero de Macanal (Corpochivor). Bogotá D.C 2005.

Dónde:

V = Volumen de la trampa de grasas (m³)

Q = Caudal de diseño (m³/min)

Tr = Tiempo de retención (min)

Tr= valor asumido teniendo en cuenta los parámetros de diseño establecidos por Romero Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. (Valor de 15 a 30 min)

$$V = 0,048 \frac{m^3}{min} * 20 m$$

$$V = 0,96m^3$$

- **Área superficial trampa de grasas**

Ecuación 4. Área superficial Trampa de grasa

$$A_s = \frac{V}{H_e}$$

$$A_s = \frac{0,96}{0,85} = 1,12 \text{ m}^2$$

A_s = Area superficial (m^2)

H_e = Altura efectiva (m)

- **Altura efectiva:** la altura efectiva se asume de manera que el área superficial tenga una relación ancho/longitud de 1:2, de esta forma las dimensiones son congruentes.
- **Ancho trampa de grasas**

$$l = \sqrt{A_s * 2}$$

$$l = 1,50 \text{ m}$$

Dónde:

l = largo de la trampa de grasas (m)

$$A_s = \frac{l}{2} * l$$

$$\text{Ancho} = 0,75\text{m}$$

$$A_s = 0.75\text{m} * 1.50\text{m}$$

$$A_s = 1,12\text{m}^2$$

A continuación, se presenta las especificaciones de la unidad de trampa de grasas propuestas.

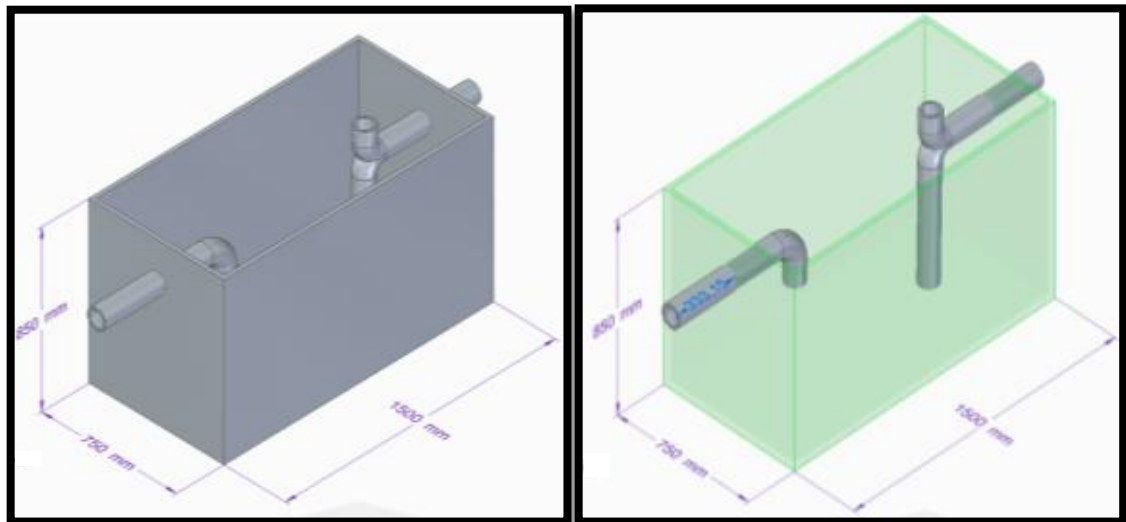
Cuadro 18. Dimensionamiento de la trampa de grasas

Volumen del sistema (V)	0,96 m ³
Longitud (L)	1.50m
Ancho (b)	0.75m
Área (A)	1,12m ²
Altura (h)	0,85 m
Borde libre (Bl)	0,25 m
Distancia baffles-tanque	0,05 m
Profundidad del baffle a la entrada	0,50 m
Profundidad del baffle a la salida	0,60 m
Diámetro de entrada	0,5 m
Diámetro de salida	0,1 m

Fuente: REPUBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de desarrollo Económico. Noviembre .2000. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Bogotá. p..1-150. Disponible en: http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_.pdf

- **Diseño Unidad de trampa de grasas y aceites propuesto**

Figura 22. Unidad de trampa de grasas y aceite propuesto



4.1.1.2 Tanque sedimentador. Teniendo en cuenta que el sedimentador ya se encuentra construido en la PTAR se requiere hacer una mejora de este dónde se añade una tolva de lodos en la parte inferior del tanque sedimentador; debido a que los lodos se depositan en el sedimentador de forma que el 60% y el 90% lo hacen en el primer tercio de su longitud.⁸⁶

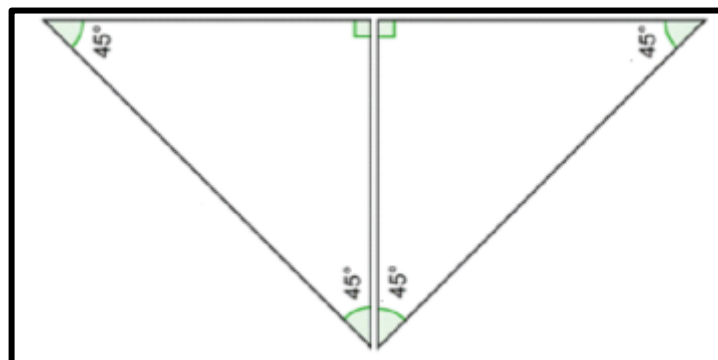
Las dimensiones del tanque de sedimentación son las siguientes:

Cuadro 19. Medidas tanque sedimentador

Dimensiones	Valor
altura (m)	3,10
Largo (m)	3,13
Ancho(m)	1,60

La tolva de lodos es una sección piramidal del tanque de sedimentación, donde se llevará la deposición de los sólidos, para garantizar un mayor tiempo de retención de estos, se define un ángulo de 45 grados respecto a la horizontal.

Figura 23. Angulo tolva de lodos



FUENTE: ARIZA, Brendy. Propuesta de un sistema para el tratamiento de agua residual industrial en la fábrica R.F.G. BONNY LTDA. Proyecto integral de grado para optar al título de ingeniero químico. Bogotá. Fundación universidad América. 2017. p.1-150. Disponible en: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6258/1/6091173-2017-1-IQ.pdf>

Según las pruebas de jarras realizadas a un volumen de agua de 500 ml se forman 50 ml de sólidos sedimentados durante un tiempo de sedimentación de 20 minutos, esto indica que la cantidad de sólidos representan un 10% del volumen de total de agua residual.

⁸⁶Pérez, Jorge. Sedimentación. Tratamiento de aguas. Universidad nacional-facultad minas (1-40). Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/70/5/45_-_4_Capi_3.pdf.

Para que el almacenamiento sea efectivo, la tolva debe tener las siguientes dimensiones:

- **Dimensión de la sección piramidal**

Ecuación 5. Tangente β

$$\text{tangente } \beta = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}}$$

$$\text{cateto opuesto} = H_{\text{piramide}} = \text{tangente } \beta * \frac{L}{2}$$

Dónde:

$L = \text{longitud del tanque sedimentador}$

$\beta = 45^\circ = 0,79 \text{ radianes}$

$$H_{\text{piramide}} = \text{tangente } 0,79 * \frac{3,13 \text{ m}}{2}$$
$$H_{\text{piramide}} = 1,58 \text{ m}$$

- **Volumen de la sección piramidal**

Ecuación 6. Volumen piramidal

$$\text{volumen piramide} = \frac{1 * B * H}{3}$$

Dónde:

$B = \text{base de la piramide } (L * A) \text{ m}^2$

$H = \text{altura piramide (m)}$

$$\text{volumen piramide} = \frac{1 * (1,60 * 3,13) * 1,58}{3}$$
$$\text{volumen piramide} = 2,62 \text{ m}^3$$

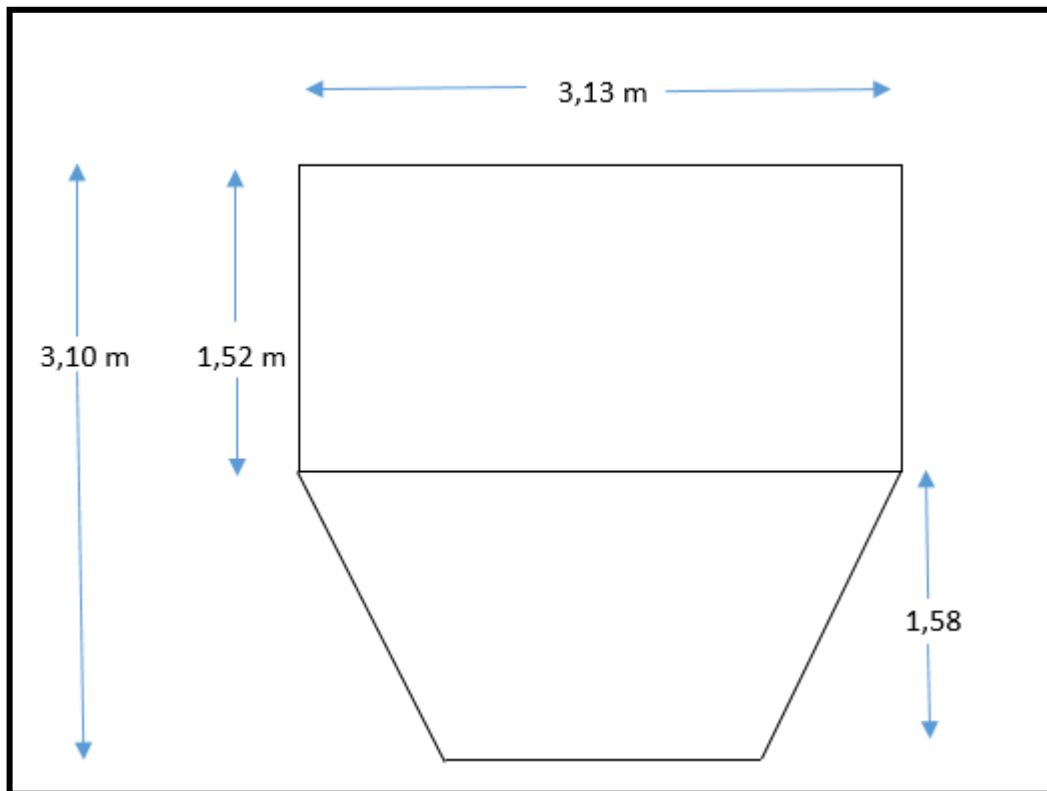
Luego de tener el volumen del tanque sedimentador actual (15,52 m³) y el volumen de la tolva (2,62 m³) se procede hallar el volumen total del tanque sedimentador a proponer, donde se reduce su volumen debido a la implementación de la tolva.

$$\text{Volumen tanque propuesto} = \text{Vol tanque sedimentador} - \text{Vol tolva}$$

$$\text{volumen tanque propuesto} = 12,90\text{m}^3$$

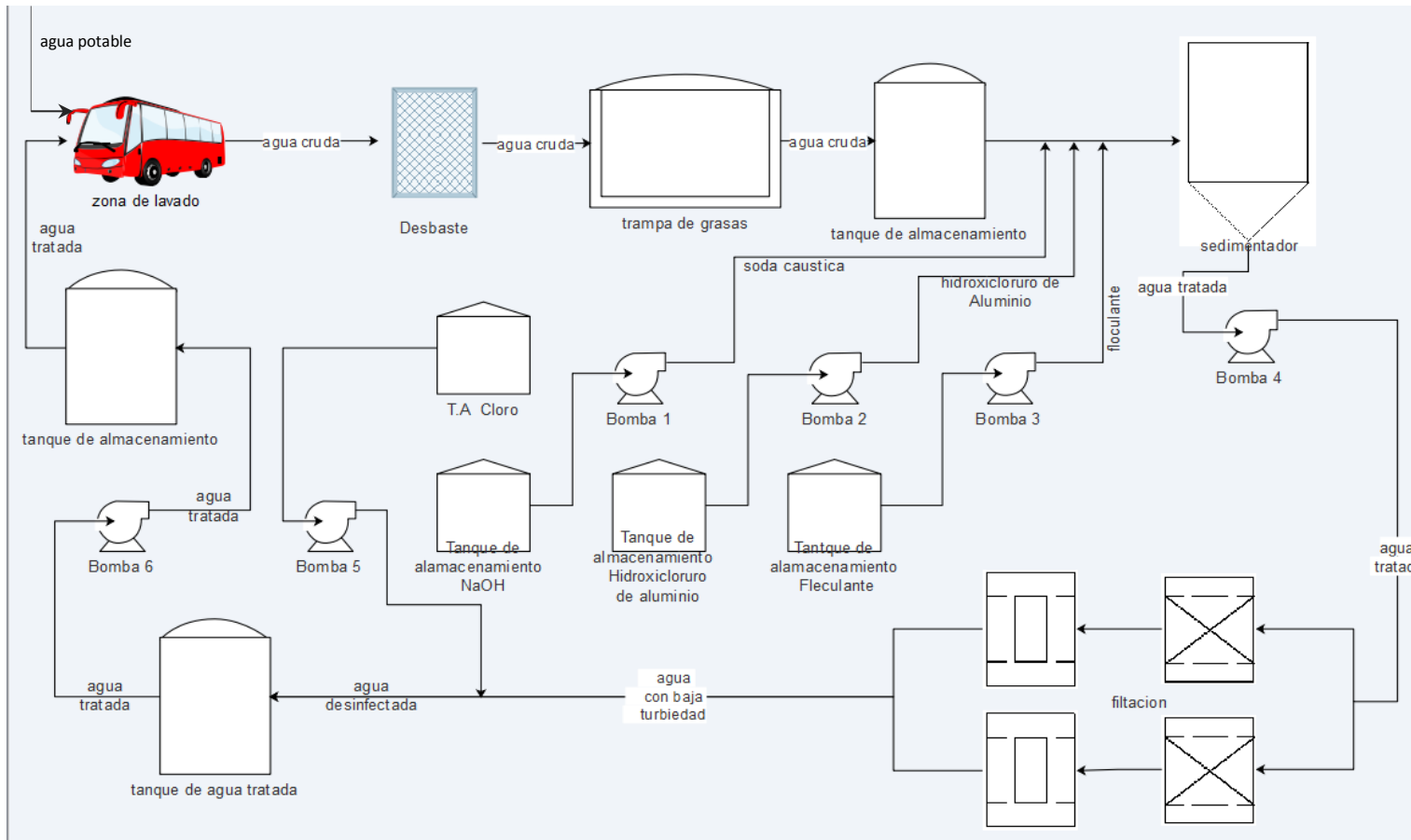
- **Diseño tanque sedimentador con tolva para recolección de lodos**

Figura 24. Tanque de sedimentación propuesto con tolva de lodos



4.1.1.3 Diagrama propuesta planteada. La nueva propuesta trae consigo el diseño de la tolva para la unidad de sedimentación y la unidad de trampa de grasas la cual se ubica seguido de las rejillas perimetrales, A continuación, en la Figura 25 se encuentra el sistema de tratamiento de la propuesta planteada.

Figura 25. Sistema de tratamiento del agua residual con la propuesta planteada.



4.1.2 Especificaciones técnicas de dosificación. Con base en la solución planteada donde se determina que la alternativa 1 es el ensayo que mejores resultados presenta, se calcula el volumen necesario del agente neutralizante, coagulante, floculante y desinfectante para aplicar a los 43m³ de agua residual que se trata diariamente proveniente del lavado de las flotas.

Teniendo en cuenta la dosificación de la jarra 1 se determina para 500 ml de muestra:

Tabla 24. Volumen utilizado de insumos

Compuesto Químico	Cantidad de Solución (ml)	Dosis (ppm)
Hidróxido de sodio (5%)	2	200
Hidroxocloruro de aluminio (5%)	19	418
Polímero catiónico (0,1%)	1	2
Hipoclorito de sodio (5%)	1	100

Se hace uso de la relación que hay entre el volumen utilizado en la jarra y la dosificación de los insumos; para determinar la cantidad necesaria aplicar, necesarias para el tratamiento de aguas residuales.

- **Neutralizante:** para una muestra 500 ml de agua cruda es necesario 2 ml de solución del neutralizante, se calcula los kilogramos necesarios de hidróxido de sodio para el tratamiento de 43 m³ de agua cruda de la siguiente manera:

$$\frac{5 \text{ g hidróxido de sodio}}{100 \text{ ml de sln}} * \frac{4 \text{ ml sln}}{1 \text{ L agua cruda}} * 43000 \text{ L agua cruda}$$

y como resultado de este cálculo se obtiene que es necesario 8,6 kg de NaOH para realizar el proceso de neutralización diario.

- **Coagulante:** la cantidad de coagulante necesario se calcula de manera similar que el neutralizante, teniendo en cuenta el volumen utilizado de la solución comercial que fue 2 ml para la preparación de solución, también se toma en cuenta el volumen utilizado durante de la experimentación.

$$\frac{38 \text{ ml de solcuion preparada}}{1 \text{ L de agua cruda}} * \frac{2 \text{ ml solucion comercial al 23 \% de Al}_2\text{O}_3}{40 \text{ ml de solucion preparada}} * 43000 \text{ L agua cruda}$$

y como resultado de este cálculo se obtiene que es necesario 81.7 L de hidrocioruro de aluminio para realizar el proceso de coagulación y floculación diario.

- **Floculante (Polímero catiónico de alto peso molecular):** el floculante se lleva a una solución de 0.1%, tomando 0.1 g de polímero en polvo en 100 ml de agua destilada. De manera que para los gramos necesarios para el tratamiento de las aguas residuales es:

$$\frac{0.1 \text{ g polimero}}{100 \text{ ml de sln}} * \frac{2 \text{ ml sln}}{1 \text{ L agua cruda}} * 43000 \text{ L agua cruda}$$

se define que es necesario 86 g de polímero lipesa1569A para llevar acabo la sedimentación a una mayor velocidad.

- **Desinfectante (Hipoclorito de sodio):** durante la experimentación se determina que es necesario 1 ml de solución de hipoclorito de sodio al 5% para 500mL de agua cruda en el proceso de desinfección; se procede a determinar la cantidad necesaria para ejecutar este proceso con el volumen correspondiente de la PTAR como:

$$\frac{2 \text{ ml de solcuion preparada}}{1 \text{ L de agua cruda}} * \frac{5 \text{ ml solucion comercial al 13 \%}}{18 \text{ ml de solucion preparada}} * 43000 \text{ L agua cruda}$$

y como resultado de este cálculo se obtiene que es necesario 23.88 L de Hipoclorito de sodio para realizar el proceso de desinfección diario.

Como resultado de estos cálculos son las cantidades necesarias para llevar acabo el tratamiento de agua de la empresa SOMOS K S.A a las concentraciones propuestas en el laboratorio, en futuros proyectos se podrá cambiar estas concentraciones para mirar el comportamiento del agua con estas.

4.2 MEDIDAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA PTAR

Para que la planta de tratamiento opere correctamente cumpliendo la normatividad y los requerimientos de la empresa se debe adecuar e implementar una serie de parámetros relacionados con las unidades operativas de la PTAR.

4.2.1 Parámetros de operación y mantenimiento

- **Rejillas perimetrales:** teniendo en cuenta que las rejillas perimetrales son uno de los problemas identificados dentro de la PTAR debido a que presenta aberturas causadas por su deterioro, esta dificulta el proceso debido al paso de sólidos que obstruyen los procesos siguientes del tratamiento. Debido al continuo uso que tienen estos sistemas, se presenta una constante acumulación de basuras en su proceso de desbaste. Su correcta operación consiste en verificar el buen estado de la malla estática y su correcto mantenimiento en retirar la basura acumulada por lo menos una vez al día en cada turno de operación, no obstante, debe limpiarse semanalmente con cepillo para evitar taponamientos de las rendijas⁸⁷. Se recomienda evaluar constantemente el estado de las rejillas y de la malla perimetral realizando el respectivo cambio en el momento de afectación.

Mantenimiento de rejillas perimetrales: cada que el agua supere el vertedero de excesos, se debe proceder a su limpieza así:

1. Cerrar el canal que conduce el agua a las rejillas.
2. Levantar la reja y retirar manualmente el material acumulado en ella.
3. Limpiar las rejillas con cepillo para eliminación de obstrucciones.

- **Trampa de grasas y aceites:** la implementación de esta nueva unidad dentro de la PTAR requiere unos parámetros operacionales específicos para su correcto funcionamiento y eficiencia. Además de las especificaciones de diseño anteriormente realizadas se debe tener en cuenta otro aspecto importante y es el tiempo de retención, según el RAS 2000 para el caudal tratado debe ser aproximado de 3 minutos.

Mantenimiento trampa de grasas: la limpieza de la trampa debe hacerse cada vez que se alcance el 75% de la capacidad de retención de grasa como mínimo. La limpieza de los tanques debe determinarse con base en la observación⁸⁸. La trampa de grasas debe cumplir los siguientes requerimientos que se presentan a continuación:

⁸⁷ BOULEVARD, Adolfo Rui. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: pretratamiento y tratamiento primario. Manual de agua potable, Alcantarillado y saneamiento. Comisión. México Nacional de agua –secretaría de medio ambiente y recursos naturales. México. p.1-94. Disponible en: <http://mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro46.pdf>

⁸⁸REPUBLICA E COLOMBIA. Ministerio de desarrollo Económico. Noviembre .2000. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico .Bogotá.1-150.Disponible en : http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_.pdf

Cuadro 20. Características específicas unidad de trampa de grasas y aceites

CARACTERISTICAS ESPECIFICAS
1. Capacidad suficiente de acumulación de grasa entre cada proceso de mantenimiento.
2. Condiciones de turbulencia mínima suficiente para permitir la flotación del material.
3. Dispositivos de entrada y salida respectivos para permitir una circulación normal del afluente y el efluente.
4. Distancia entre los dispositivos de entrada y salida, suficiente para retener la grasa y evitar que este material sea arrastrado con el efluente.
5. Debe evitarse el contacto con insectos, roedores, etc.

Fuente: REPUBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de desarrollo Económico. Noviembre .2000. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Bogotá. 1-150p. Disponible en: http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_.pdf

- **Tanque de sedimentación:** teniendo en cuenta un diseño de tolva en el tanque de sedimentación, el agua debe tener un tiempo de retención específico para que se dé una sedimentación efectiva basada en la diferencia de densidades, donde las partículas aglomeradas se acumulan en la profundidad del tanque, para ello se hace la relación volumen/caudal.

Ecuación 7. Tiempo de retención

$$TR = \frac{V}{Q}$$

$$TR = \frac{19,188}{0,83}$$
$$TR = 23,12min$$

Por lo tanto, se debe tener un tiempo de permanencia dentro del tanque de aproximadamente 24 minutos.

Mantenimiento unidad de sedimentación: el mantenimiento del tanque de sedimentación debe incluir actividades periódicas que consisten principalmente en el drenaje y evacuación de sedimentos acumulados en el fondo de la unidad. La evacuación de los sedimentos que se depositan en el fondo de la

unidad debe hacerse de 6 a 8 semanas.⁸⁹Entre las operaciones de mantenimiento se encuentran:

1. Se inicia deteniendo el funcionamiento total de la PTAR para vaciar por completo el tanque de sedimentación.
2. Retiro de sedimentos de la zona de lodos (por manejo externo, Carro Vactor)
3. Limpieza de la estructura (interna y externa)
4. Revisión del estado físico y del funcionamiento (caudal, volumen de agua, rebose, fugas, etc.).

Otro de los inconvenientes encontrados en el tanque de sedimentación es la corriente externa que ingresa al tanque correspondiente de la zona de mantenimiento de los buses y de la estación de gasolina, los cuales cambian considerablemente las condiciones del agua en este punto. Es conveniente generar una conexión por medio de tuberías donde esta corriente contaminante que lo dirija directamente a la trampa de grasas y aceites, debido a que la misma se caracteriza por tener bastantes contaminantes y considerablemente grasas y aceites que pueden ser perfectamente removidos en esta unidad. Beneficiaria los procesos de clarificación del agua, donde las grasas y aceites juegan un papel importante en el proceso. Otra opción es hacer una cuneta que se una o comunique con la trampa de grasas inicial y no con el sedimentador.

- **Unidad de filtración:** teniendo en cuenta los posibles problemas de operación de esta unidad en el proceso de retro-lavado el cual es excesivo se debe evitar provocando pérdida y desgaste del medio filtrante porque genera degradación y causa una reducción de tiempo de carrera además de permitir el paso de patógenos.⁹⁰Además de esto, los índices de flujo de retrolavado excesivos expandirán la arena hasta el punto en que saldrá del tanque.⁹¹Se determina que se debe realizar un retrolavado semanalmente para que no se reduzca la eficiencia del proceso y se debe hacer cambio del medio filtrante de 2 a 3 meses para que no se desgaste totalmente.

⁸⁹Área de desarrollo sostenible y salud ambiental. Guía de procedimientos para la operación y mantenimiento desarenadores y sedimentadores. Organización Panamericana de la salud.Lima.2005. 5.

⁹⁰ TARRAZA, Héctor. Optimización de lavado de filtros Acodal. HACH COMPANY.2015. Disponible en:<http://www.acodal.org.co/holland/memorias/1.%20Miercoles/Sala%20Tayrona%20Miercoles/14.00%20Hector%20Tarraza%20-%20HACH.pdf>

⁹¹YARDNEY WÁTER FILTRATIONS Y STEMS. Disponible en: <https://www.yardneyfilters.com/files/manuals/Sand%20Media%20and%20Deep%20Bed%20Sand%20Media/Irrigation%20Sand%20Media%20Instruction%20Manual%202017-Spanish.pdf>

5. ANÁLISIS FINANCIERO

Este capítulo calcula los costos que actualmente el proceso de tratamiento de aguas residuales tiene y los necesarios que se deben asumir para la implementación de la alternativa de mejora seleccionada, teniendo en cuenta los costos de los reactivos que arrojaron la mejor alternativa durante la experimentación y la caracterización.

Se identifican las sanciones en las que tendría que incurrir la empresa siempre y cuando no cumpla con los parámetros establecidos en la normatividad.

5.1 COSTOS ACTUALES

5.1.1 Costos operacionales. Se identifican los costos actuales en los que incurre la empresa, como reactivos, operación y mantenimiento durante el proceso de operación de la PTAR.

- **Reactivos:** a continuación, se presentan los costos de reactivos en el tratamiento utilizado actualmente.

Tabla 25. Costo de reactivos utilizados en la PTAR SOMOS K.S.A.

Costos de los insumos actuales	Costo semanal	Costo mensual
Hidroxiclورو de aluminio	\$ 159.936	\$639.744
Soda caustica (NaOH)	\$ 30.221	\$ 107.933
Hipoclorito de sodio	\$ 40.000	\$ 160.000
Agua potable	\$ 4.797	\$ 19.188
Total	\$ 234.954	\$ 939.816

Como en la empresa el lavado es constante, se realiza el cálculo mensual y anual de los reactivos que se utilizan actualmente en la PTAR.

$$\text{Costo reactivos} = \frac{\$ 939.816}{\text{mes}} = \frac{\$11'277.792}{\text{año}}$$

- **Mano de obra:** esta función está a cargo por dos operarios de la empresa que cumplen funciones varias dentro de la empresa entre las cuales está el funcionamiento operativo de la PTAR, se tiene en cuenta el salario de cada operario para hallar el costo de la hora laboral del empleador y las horas invertidas.

El salario mensual de cada empleado es de \$2'000.000 con un horario laboral de 8 horas diarias es decir que la hora tiene un valor de:

$$\frac{2'000.000}{26 \text{ dias}} * \frac{1 \text{ dia}}{8 \text{ horas}} = \frac{\$9615,3846}{h \text{ laboral}}$$

El mantenimiento y operación de la planta toma un tiempo aproximado de 3 horas al día, se obtiene el salario de cada empleado por concepto del manejo de la planta de tratamiento.

$$\frac{\$ 9.615,3846}{h \text{ laboral}} * \frac{3 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} * \frac{26 \text{ dias}}{1 \text{ mes}} = \frac{\$750.000}{\text{mes}} = \frac{\$9'000.000}{\text{año}}$$

- **Gasto energético producido por las bombas:** la planta cuenta con 6 bombas, la primera es una bomba sumergible que bombea el agua desde el mezclador al tanque de sedimentación, la segunda y tercera son bombas dosificadoras que adicionan al agua la soda caustica y el hidroxicloruro de aluminio en el serpentín, la cuarta es una bomba sumergible que conduce el agua del tanque de equilibrio a los filtros, la quinta bomba es dosificadora donde se adiciona el cloro después de haber pasado por los filtros, y la última es una bomba sumergible que conduce el agua del tanque de almacenamiento a los tanques de la zona de lavado. En la siguiente tabla se muestra la cantidad actual de energía consumida por las bombas utilizadas en el proceso y el precio que tiene un kWh según la empresa Codensa.

Tabla 26. Costo por kWh de las bombas en la empresa Somos K. S.A.

Bombas	cantidad	Consumo (kW /día)	costo (\$/kWh)
Bomba sumergible	3	20,1	459,85
Bomba dosificadora	3		

Teniendo en cuenta la tabla anterior donde el consumo total de energía es de 20,1 kW / día de todas las bombas y determinando que la planta trabaja todas las 24 horas del día, el costo total de energía gastada es de:

$$\frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia laboral}} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} * \frac{0,8375 \text{ kW}}{h} * \frac{459,85 \$}{kW}$$

$$= \frac{\$277.289,55}{Mes} = \frac{\$3'327.475}{Año}$$

- **Mantenimiento de equipos de la PTAR:** los costos asociados al mantenimiento incluyen los costos del Vactor que es la unidad para la remoción de lodos y lavado de los tanques de sedimentación y de equilibrio, (se adiciona también los costos de los medios filtrantes y otros costos de mantenimiento como lavado de equipos).

Tabla 27. Mantenimientos de la PTAR

Mantenimiento	costo mensual \$	Costo anual \$
Costo promedio de Vactor	1' 583. 333	18' 999. 996
Costo promedio medios filtrantes	375.000	4' 500. 000
Costo promedio de otros mantenimientos	4' 000.000	48' 000. 000
TOTAL	5' 958.333	71' 499. 996

5.1.2 Sanciones. Teniendo en cuenta que, si no se cumple con los parámetros especificados, se puede generar sanciones por parte de los entes reguladores por el incumplimiento de la Resolución 0631 del 2015 relacionada con los vertimientos generados, de esta manera se calcula el monto al que pueden llegar estas sanciones. El cálculo se realiza por medio de las ecuaciones dadas en la Resolución 2086 del 2010 relacionada con la metodología de las multas. Se calcula así:

Ecuación 8. Multa generada según Resolución 2086 del 2010

$$Multa = B + [(\alpha * i) * (1 + A) + Ca] * Cs$$

Dónde:

B = Beneficio ilícito

α = Factor de temporalidad

i = Grado de afectación ambiental

A = Circunstancias agravantes y atenuantes

Ca = Costos asociados

Cs = Capacidad socioeconómica del infractor

- **Beneficio ilícito (B):** está relacionado con la ganancia que obtiene el infractor, se calcula relacionando la ganancia producto de la infracción respecto a la

capacidad de detección de esta. A continuación, se muestra la ecuación para el cálculo:

Ecuación 9. Beneficio ilícito

$$B = \frac{Y * (1 - p)}{p}$$

Dónde:

Y =Ingresos generados por producción al día

P =Capacidad de detección de la conducta, dada en función de las condiciones de la autoridad ambiental y puede tomar los siguientes valores:

Se presenta la capacidad de detección según la empresa:

- Capacidad de detección baja: $p=0,4$
- Capacidad de detección media: $p=0,45$
- Capacidad de detección alta: $p=0,5$

La empresa genera ingresos de aproximadamente 150 000 000 al día, la capacidad de detención se toma como alta debido a que anualmente deben pedirse los permisos de vertimientos, para lo cual se obtendría un valor de beneficio ilícito de:

$$B = \frac{\$150'000.000 * (1-0,5)}{0,5} = \$150' 000. 000$$

- **Grado de afectación ambiental (i):** para este criterio se establecen unas calificaciones específicas en este ítem, según los atributos presentados por la resolución de esta manera tener una estimación de la afectación ambiental, en el siguiente cuadro muestra la calificación otorgada a cada uno de los ítems a evaluar:

Cuadro 21. Valor otorgado a los atributos para la determinación del grado de afectación ambiental

Atributo	Definición	Calificación
Intensidad (IN)	Grado de incidencia de la acción sobre el bien en protección	4
Extensión (EX)	Área de influencia del impacto	1
Persistencia (PE)	Tiempo de permanencia del efecto	1
Reversibilidad (RV)	Capacidad del bien de protección de volver a condiciones iniciales	1
Recuperabilidad (MC)	Capacidad de recuperación del bien por gestión ambiental	1

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Por El Cual Se Adopta La Metodología Para La Tasación De Multas Consagradas En El Numeral 1º Del Artículo 40 De La Ley 1333 Del 21 De Julio De 2009 Y Se Toman Otras Determinaciones. (25 de octubre de 2010). Resolución 2086. 2010.

Una vez realizada la calificación se procede a determinar el grado de afectación ambiental por parte de la PTAR con la siguiente ecuación:

Ecuación 10. Grado de afectación ambiental

$$I = (3 * IN) + (2 * EX) + PE + RV + MC$$

$$I = (3 * 4) + (2 * 1) + 1 + 1 + 1$$

$$I = 17$$

La importancia de la afectación se determina como un impacto leve es decir que teniendo el grado de incidencia no presenta una alteración mayor la cual genere efectos determinantes.

Se procede a determinar el grado de afectación ambiental en unidades monetarias de acuerdo con la siguiente relación:

Ecuación 11. Grado de afectación en unidades monetarias

$$i = (22.06 * SMMLV) * I$$

Dónde:

i = Valor monetario de la importancia de la afectacion

I = Importancia de la afectacion

$SMMLV = 737.717$

$$i = (22.06 * 737.717) * 17$$
$$i = \$276' 658.629$$

- **Factor de temporalidad(α):** se calcula a partir de la siguiente ecuación

Ecuación 12.Factor de temporalidad

$$\alpha = \frac{3}{364}d + \left(1 - \frac{3}{364}\right)$$

Dónde:

d = Número de días continuos o discontinuos donde sucede el ilícito (365 días), en el caso específico de la empresa, este vertimiento se realizar todos los días debido a que el lavado de los articulados se realiza a diario

$$\alpha = 4$$

- **Circunstancias agravantes o atenuantes (A):** no se considera esta variable, debido a que la empresa no presenta este tipo de circunstancias agravantes o atenuantes.
- **Costos asociados (Ca):** estos costos están relacionados directamente con los gastos en los que incurre la autoridad ambiental durante el proceso sancionatorio, No se encuentra en el proceso por lo tanto este costo es despreciable.
- **Capacidad socioeconómica (Cs):** esta variable depende del tipo de persona sea natural, jurídica y entes territoriales, debido a que es una empresa se considera como persona jurídica, con clasificación de tamaño de empresa grande, a la cual según la ponderación de este fragmento de la resolución le corresponde una calificación de 1.A continuación, se presenta una recopilación de los valores otorgados a cada una de las variables para determinar la tasación monetaria de la multa.

Tabla 28.Valores otorgados a las variables necesarias para la tasación monetaria de la multa

Variable	Valor
Beneficio ilícito (B)	150' 000.000
Factor de temporalidad (α)	4
Grado de afectación (i)	17
Circunstancias agravantes y atenuantes (A)	NA
Costos asociados (Ca)	NA
Capacidad socioeconómica (Cs)	1

Reemplazando los datos se obtiene:

$$Multa = \$150' 000.000 + [(4 * \$276 658 629) * (1 + 0) + 0] * 1$$

$$Multa = \$1 256' 634. 516$$

5.1.3 Sellamiento. El artículo 44 relacionado con el cierre temporal o definitivo del establecimiento, edificación o servicio consiste en poner fin a las actividades que se desarrollan debido a la existencia o conductas contrarias a las disposiciones ambientales, es temporal si se impone por un determinado periodo de tiempo o es definitivo si así se indica donde no se podrá adelantar actividad alguna en el establecimiento o servicio.

Teniendo en cuenta los ingresos de la empresa, se determina que si llegara a suceder un tema de sellamiento o una sanción debido a no implementar acciones correctivas a su problema de incumplimiento de la normatividad donde se dé el cierre de la empresa, esta puede generar pérdidas económicas de aproximadamente de \$150 000 000 por día según los datos entregados por la empresa.

5.1.4 Análisis de costos del funcionamiento actual. Después de determinar todos los gastos en que la empresa incurre y el gasto adicional de sancionamiento que tendrá si se mantiene con las condiciones incumpliendo la normatividad se hace la recopilación de los gastos.

Tabla 29. Consolidado costos actuales

Costo relacionado	Costo mensual (\$)	Costo anual (\$)
Reactivos	939.816	11' 277.792
Mano de obra total (2 personas)	1'500.000	18' 000. 000
Energía	277.290	3' 327. 475
Mantenimiento	5'958.333	71' 499. 996
TOTAL	8' 675.439	104'105.263

Costo relacionado	Costo anual (\$)
Sancionamiento	1 256 634 516
Sellamiento	150 000 000
TOTAL	1 406' 634.516

El costo total de operación actual aproximadamente es de **1 510'739.779**

5.2 COSTOS OPERACIONALES CON LA PROPUESTA PLANTEADA

5.2.1 Costos operacionales

- **Reactivos:** a continuación, se presentan los costos de reactivos usados en la propuesta de mejora de la PTAR

Tabla 30. Costos reactivos usados en la propuesta de mejora de la PTAR

Costos de los insumos de mejora	Semanal	Mensual	Anual
Hidroxiclورو de aluminio	\$ 508.151	\$ 2'032.604	\$ 24'391.248
Soda caustica (NaOH)	\$ 37.121	\$ 148.484	\$ 1'781.808
Hipoclorito de sodio	\$ 334.320	\$ 1'337.280	\$ 16'047.360
Polímero	\$ 521	\$ 2.084	\$ 25.012
Agua potable	\$ 52.548	\$ 210.192	\$ 2'522.304
Total	\$ 932.661	\$3'730.644	\$ 44'767.732

Como en la empresa el lavado se realiza constante, se realiza el cálculo mensual y anual de los reactivos que se utilizan actualmente en la PTAR.

$$\text{Costo insumos} = \frac{\$ 3'730.644}{\text{mensual}} = \frac{\$44.767.732}{\text{Anual}}$$

- **Mano de obra:** esta función está a cargo por dos operarios de la empresa que cumplen funciones varias dentro de la empresa entre las cuales está el funcionamiento operativo de la PTAR, se tiene en cuenta el salario de cada operario para hallar el costo de la hora laboral del empleador y las horas invertidas. El salario mensual de cada empleador es de \$2'000.000 con un horario laboral de 8 horas diarias es decir que la hora tiene un valor de:

$$\frac{2'000.000}{26 \text{ dias}} * \frac{1 \text{ dia}}{8 \text{ horas}} = \frac{\$9.615,3846}{h \text{ laboral}}$$

Con la implementación de nuevos equipos se aumenta el tiempo de mantenimiento y operación a 4 horas al día, aunque no tiene efecto en el salario del trabajador.

$$\frac{\$9.615,3846}{h \text{ laboral}} * \frac{3 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} * \frac{26 \text{ dias}}{1 \text{ mes}} = \frac{\$750.000}{\text{mes}} = \frac{\$9'000.000}{\text{año}}$$

- **Gasto energético producido por las bombas:** para la implementación de mejora en la planta de tratamiento de aguas residuales se ha hace necesario la implementación de una nueva bomba dosificadora para la adición del polímero en el mezclador. Con esta nueva bomba los gastos energéticos aumentan debido al consumo por parte de la bomba que es aproximadamente de 0.7 KW. En la siguiente tabla se muestra la cantidad necesaria de energía para las bombas utilizadas en el proceso y el precio que tiene un kWh según la empresa condensa para el mes octubre del presente año.

Tabla 31.Costo por kWh de las bombas utilizadas en la PTAR de la empresa Somos K. S.A.

Bombas	Cantidad	Consumo (kW /día)	Costo (\$/kWh)
Bomba sumergible	3	20,8	459,85
Bomba dosificadora	4		

Teniendo en cuenta la tabla anterior donde el consumo total de energía es de 20,8 kW / día de todas las bombas y determinando que la planta trabaja todas

Las 24 horas del día se realiza el cálculo para determinar los costó mensual generado por las bombas.

$$\frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia laboral}} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} * \frac{0,8666kW}{h} * \frac{459,85 \$}{kW} = \frac{\$286.924}{\text{Mensual}} = \frac{\$3'443.091}{\text{Anual}}$$

- **Mantenimiento de equipos de la PTAR:** los costos asociados al mantenimiento incluyen los costos del Vector que es la unidad para la remoción de lodos y lavado de los tanques de sedimentación y de equilibrio, se adiciona también los costos de los medios filtrantes y otros costos de mantenimiento como lavado de equipos.

Tabla 32.Costos de mantenimiento equipos – inversión

Mantenimiento	Costo mensual \$	Costo anual \$
Costo promedio de Vector	1' 583. 333	18' 999. 996
Costo promedio medios filtrantes	375.000	4' 500. 000
Costo promedio de otros mantenimientos	4' 000.000	48' 000 000
TOTAL	5'958.333	71' 499. 996

5.2.2 Análisis de costos propuesta planteada. Se determinar todos los gastos en que la empresa incurriría con la propuesta planteada y se determina la inversión de este.

Tabla 33.Consolidado costos con propuesta

Costo relacionado	Costo mensual (\$)	Costo anual (\$)
Reactivos	3'730.644	44'767.732
Mano de obra total (2 personas)	1'500.000	18' 000. 000
Energía	286. 924	3' 443. 091
Mantenimiento	5'958.333	71' 499. 996
TOTAL	11'475.901	137'710.819

El costo operacional con la propuesta planteada es alrededor de **\$137'710.819**

Costo relacionado	Costo anual (\$)
Trampa de grasas	2'250.000
Tolva para sedimentador	1'500.000
Bomba dosificadora	1'230.000
TOTAL	5'000.000

El costo total con la propuesta planteada es alrededor de 5'000.000

5.3 EVALUACION FINANCIERA

A partir de los costos actuales de la planta de tratamiento, las sanciones, los sellamientos y de los costos a los que incurrirá la empresa para ejecución el proyecto, se evalúa la viabilidad del proyecto usando la relación de beneficio y costo (B/C) como indicador. El cual indica en qué proporción están los costos de inversión de un proyecto con relación al beneficio que genera este; Para el cálculo de los beneficios se realiza el VPN (Valor Presente Neto) a partir del flujo de caja el cual se hace el cálculo para 5 años posteriores.

5.3.1 Flujo de caja

- Flujo de caja actual

Cuadro 22. Flujo de caja sin proyecto

Costos (\$)\Año	0	1	2	3	4	5
Insumos		11'227.792	11'227.792	11'227.792	11'227.792	11'227.792
Mano de obra		18'000.000	18'000.000	18'000.000	18'000.000	18'000.000
Gasto energético		3'327.468	3'327.468	3'327.468	3'327.468	3'327.468
Sanciones	-1.256.634.516	71'499.996	71'499.996	71'499.996	71'499.996	71'499.996
Sellamiento		150'000.000				
TOTAL EGRESOS	-1.256.634.516	-254'405.256	-104'105.256	-104'105.256	-104'105.256	-104'105.256

- **Flujo de caja propuesta planteada**

Cuadro 23. Flujo de caja con proyecto

Costos(\$) \Años	0	1	2	3	4	5
Insumos		44'767.732	44'767.732	44'767.732	44'767.732	44'767.732
Mano de obra		18'000.000	18'000.000	18'000.000	18'000.000	18'000.000
Gasto energético		3'443.088	3'443.088	3'443.088	3'443.088	3'443.088
Mantenimiento		71'499.996	71'499.996	71'499.996	71'499.996	71'499.996
Inversión	5000000					
TOTAL EGRESOS	- 5.000.000	-137'710.816	-137'710.816	-137'710.816	-137'710.816	-137'710.816

Para esta actividad no se registra ningún ingreso debido a que es una actividad medio ambiental la cual no genera remuneración monetaria alguna. El sistema actual de tratamiento no trabaja en las condiciones óptimas, ocasionado el incumplimiento de la resolución, de manera que la empresa al no tomar las medidas necesarias en el asunto puede acarrear sanciones y futuros sellamientos. Con la propuesta de mejora de la PTAR se garantiza el cumplimiento de la normatividad.

- **Cálculo del beneficio anual:** el beneficio que trae hacer el proyecto se ve reflejado en la diferencia de los flujos de caja en un tiempo determinado.

Cuadro 24. Beneficio generado

Año	0	1	2	3	4	5
Beneficio	1.261'634.516	116'394.440	-33'605.560	- 33'605.560	-33'605.560	- 33'605.560

5.3.2 Cálculo de la tasa de oportunidad

Para el cálculo de VPN es necesario realizar el cálculo de la TIO (tasa interna de oportunidad) con la cual se lleva el proyecto. Se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 13. Calculo de la TIO

$$TIO = ((1 + DTF) * (1 + Tasa de inflacion) * (1 + Tasa de riesgo)) - 1$$

Dónde:

DFT: Valor tomado de la página del banco de la republica del día 21 nov del presente año.

Tasa de inflación: Estima de un 4%

Tasa de riesgo: Tiene un valor de 5%, debido a que el proyecto no presenta un alto riesgo.

Teniendo en cuenta estos valores se remplaza y se calcula la TIO

$$TIO = ((1 + 0.0535) * (1 + 0.04) * (1 + 0.05)) - 1$$
$$TIO = 15.04\%$$

5.3.3 Cálculo del evaluador financiero:

5.3.3.1. Cálculo del VPN (Beneficio): una vez obtenida la TIO, se calcula el VPN como indicador de evaluación del proyecto de la siguiente manera.

Ecuación 14. Calculo de VPN

$$VPN = -Inversiones \frac{\sum_{t=0}^t beneficio}{(1 + i)^t}$$

En donde:

i = TIO

t = periodos de tiempo

Remplazando los datos se obtienen:

$$VPN = \$1\,107\,185.674$$

5.3.3.2. Cálculo de la relación Beneficio/ costo. Para el cálculo de la relación de beneficio/ costo se toma el valor presente de los beneficios calculados por medio del VPN y el costo de la inversión se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 15. Calculo de la relación beneficio costo

$$\text{Relación (B/C)} = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}}$$

$$\text{Relación (B/C)} = \frac{1\ 107\ 185.674}{5\ 000.000}$$

A partir del resultado se determina que el proyecto es viable, debido a que la relación (B/C) es mayor que uno, es un proyecto favorable donde los beneficios que se obtienen al implementar la nueva propuesta para la planta de tratamiento son mucho mayores que los costos de inversión que genera la misma, primordialmente porque se evita que incurra en aspectos de sanciones y sellamiento. Los beneficios son **221** veces más que los costos generados.

6. CONCLUSIONES

- El sistema de tratamiento actual de aguas residuales de la empresa SOMOS K S.A. genera agua contaminada por el lavado de los articulados de aproximadamente 51 m³ al día. La planta cuenta con sistemas de pre-tratamiento, tratamiento primario y tratamiento terciario los cuales presentan problemas de operación y funcionamiento, se determina que la planta de tratamiento está incumpliendo con 3 parámetros fundamentales, DQO en una concentración de 347mg/L O₂ , Solidos suspendidos con 87mg/L y grasas y aceites con 19,40 mg/L, los cuales deben estar por debajo de los siguientes valores, 225mg/L O₂ para DQO, 75mg/L para solidos suspendidos y 15 mg/L para grasas y aceites.
- Para dar solución al incumplimiento actual, se plantea el diseño de una unidad de trampa de grasas y aceites por medio de 3 alternativas propuestas. La mejor alternativa de diseño para el sedimentador es un sistema de recolección de lodos denominado tolva que beneficia los procesos de sedimentación.
- Se realiza un análisis experimental para determinar la dosificación, tiempos de retención, turbiedad, conductividad, pH y tipo de insumos a aplicar en el proceso. Para el tratamiento primario se hace la selección de 2 tipos de neutralizantes y 2 tipos de coagulantes para el proceso, se propone la adición de un polímero catiónico (Lipesa 1569-A) para el proceso de floculación. Se concluye teniendo en cuenta los resultados de la caracterización que la mejor alternativa es la utilización de hidróxido de sodio como neutralizante, hidroxocloruro de aluminio como coagulante, y polímero catiónico para la floculación. Esta alternativa arroja niveles de contaminación bajos favoreciendo el cumplimiento de la normatividad vigente.
- Finalmente, se realiza el análisis de costos de la propuesta comparando los costos operacionales actuales de la PTAR que incluye las posibles sanciones o sellamientos de acuerdo a la resolución 2086 de 2010; con los costos que generaría la propuesta planteada en cuanto a inversión, mantenimiento y operación, dando como resultado un valor de **beneficio/ costo de 221**, siendo un proyecto favorable. Se concluye que a pesar de que la propuesta de mejora crea un impacto financiero alto en el primer mes este valor se ve retribuido al no realizar el pago de sanciones o sellamientos, por ende, el proyecto propuesto es sustentable y aplicable.

7. RECOMENDACIONES

- Implementar la unidad de trampa de grasas y aceites para beneficiar los procesos dentro de la PTAR.
- Realizar experimentación con hidróxido de calcio como neutralizante y PAC's como coagulante y de esta manera determinar si beneficia el tratamiento fisicoquímico.
- Evaluar la implementación de un tratamiento biológico o secundario para mejorar las características del agua tratada.
- Realizar la experimentación entre los meses de enero y junio, para determinar la influencia que tiene realizar el tratamiento en este tiempo.
- Establecer un protocolo para capacitar al personal encargado de la planta para que conozca a fondo el proceso de operación de la planta.
- Realizar un plan de manejo de residuos y correcta disposición de los sólidos generados durante el tratamiento del efluente de la empresa SOMOS K S.A.
- Realizar pruebas para la optimización de condiciones de operación de la alternativa planteada con el objetivo de cumplir con la Resolución 0631 con un buen margen.
- Controlar periódicamente el caudal de la planta de tratamiento de aguas residuales para evitar incorrectas dosificaciones.
- Llevar un control regulado del afluente y el efluente y de esta manera verificar las posibles variaciones que se realicen en el tratamiento.

BIBLIOGRAFIA

Área de desarrollo sostenible y salud ambiental. Guía de procedimientos para la operación y mantenimiento desarenadores y sedimentados .Organización Panamericana de la salud.Lima.2005.

ARIZA, Brendy. Propuesta de un sistema para el tratamiento de agua residual industrial en la fábrica R.F.G. BONNY LTAD. Proyecto integral de grado para optar al título de ingeniero químico. Bogotá. Fundación universidad América. 2017

BETANCUR, Bibiana y JIMÉNEZ, David y LINARES, Balmes. Potencial zeta (z) como criterio de optimización de dosificación de coagulante en la planta de tratamiento de agua potable. 22 de junio del 2013, vol 789 .no 175.

BOULEVARD, Adolfo Ruin. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: pretratamiento y tratamiento primario. Manual de agua potable, Alcantarillado y saneamiento. Comisión. México Nacional de agua – secretaria de medio ambiente y recursos naturales. [En línea]. México. [Citado 2017-07-13]. Disponible en: <http://mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro46.pdf>

BRAVO, David y HENAO, Zulysmileth. Desarrollo de una propuesta de mejora en el sistema de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de los lácteos levelma, municipio Cajicá. Proyecto integral degradoparaoptarporeltítulodelIngenieroquímico.Fundaciónuniversidaddeamérica.2016.

CABIDO, María de pilar y ESCOLÁSTICO, consuelo. Reciclado y tratamiento de residuos. Universidad nacional de educación a distancia. [En línea]. [Citado 2017-07-26]Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=319939>.

COGOLLO, Juan. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: Caso de hidroxiclورو de aluminio [En línea].5 octubre de 2010vol 78.no 165. [Citado 2017-09-17]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25636/39133>.

CORBIT T, Robert. Manual estándar de la ingeniera ambiental. McGrawHill[En línea].1999. [Citado 2017-08-10].Disponible en: http://accessengineeringlibrary.com.ez.uamerica.edu.co/browse/standard-handbook-of-environmental-engineering-second-edition/p2000a1f99976_147001

GÓMEZ, Néstor. Remoción de la materia orgánica por coagulación -floculación. Manizales [En línea] .2005. [Citado 2017-09-08]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1214/1/nestoralejandrogomezpuentes.2005.pdf>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá D.C.: El instituto, 2008.33p.c.

_____. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado, y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Bogotá D.C. El instituto, 2008.36p.2008

_____. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. NTC 4490. Bogotá D.C.: El instituto, 1998.23p.

LIZARAZO, Jenny y Orjuela, Martha. Sistema de planta de tratamiento de aguas residuales en Colombia. Universidad nacional de Colombia [En línea] [Citado 2017-06-13]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf>.

LÓPEZ OVANDO, José Esteban. Una técnica grafica para el análisis de decisiones. Tesis para optar por el grado de maestro en ingeniera de sistemas–planeación. Universidad autónoma de México .2006.

Mantenimiento de la trampa de grasas y aceite. [En línea] [Citado 2017-07-03]. Disponible en: [ftp://ftp.ani.gov.co/Aeropuertos.%20Armenia%20Neiva%20VJ-VE-APP-IPB-005-2015/2%20INF%20TECNICA/INVERSIONES/5.g\)%20MEDIO%20AMBIENTE/NEIVA/PMA/2008/ANEXOS%20NEIVA/ANEXO%205.%20MANUALES%20TRATAMIENTO%20DE%20SIST%20DE%20AGUA/MNUAL%20TRAMPA%20DE%20GRASAS.pdf](ftp://ftp.ani.gov.co/Aeropuertos.%20Armenia%20Neiva%20VJ-VE-APP-IPB-005-2015/2%20INF%20TECNICA/INVERSIONES/5.g)%20MEDIO%20AMBIENTE/NEIVA/PMA/2008/ANEXOS%20NEIVA/ANEXO%205.%20MANUALES%20TRATAMIENTO%20DE%20SIST%20DE%20AGUA/MNUAL%20TRAMPA%20DE%20GRASAS.pdf).

MARÍN, Rafael. Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Ediciones Díaz santos. [En línea]. [Citado 2017-08-25]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?decid=3171374>

METCALF y EDDY, INC. Ingeniera sanitaria. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales.2 ed. Barcelona1994

PÉREZ, Arturo. Sedimentación. Tratamiento de aguas. Universidad nacional – facultad de minas [En línea]. [Citado 2017-09-28]. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/70/5/45_-_4_Capi_3.pdf.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO.RAS200.Noviembre del 2000. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Tratamiento de aguas residuales [En línea].Bogotá D.C. [Citado 2017-06-22]. Disponible en:http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_.pdf

ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 3 ed. Bogotá D.C. ILLERA, Luis, 2008.

SUAREZ, José Jairo y Navia, Gustavo. Aporte a la utilización de agua termal como coagulante en el tratamiento de aguas residuales municipales. Trabajo de grado para optar al título de especialista en ingeniería Ambiental con énfasis en sanitaria. Universidad nacional de Colombia, sede Manizales. 2007.

TARRAZA, Héctor. Optimización de lavado de filtros Acodal. HACH COMPANY [En línea].2015. [Citado 2017-10-06] Disponible en: <http://www.acodal.org.co/holland/memorias/1.%20Miercoles/Sala%20Tayrona%20Miercoles/14.00%20Hector%20Tarraza%20-%20HACH>.

TORRES, Cecibel. Procedimiento para la turbiedad .31 de mayo del 2006 [En línea]. [Citado 2017-09-08] .Disponible en: <http://www.utp.ac.pa/documentos/2011/pdf/PCUTP-CIHH-LSA-205-2006.pdf>.

VARGAS, Lidia. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Lima. 2004.

ANEXOS

ANEXO A.

FICHAS TECNICA DE LOS INSUMOS UTILIZADOS ACTUALMENTE PARA LAVADOS Y TRATAMIENTO DE AGUAS EN LA EMPRESA

ANTIFOAM FOOD GRADE N – 20 A

FICHA TÉCNICA

Descripción

ANTIFOAM FOOD GRADE N - 20 A es una emulsión al 20% de polydimethylsiloxane utilizado para desespumar sistemas acuosos, ANTIFOAM FOOD GRADE N – 20 A es diluible en agua y efectiva en sistemas acuosos y no acuosos en agua caliente y frío. Esterilizable, Actúa a bajas concentraciones, sin materias primas derivadas de animales.

Especificaciones Técnicas	Naturaleza	Emulsión de Siliconas
	Aspecto	Cremoso
	Color	Blanco-Cremoso
	Materia Activa	20%
	Olor	Característico
	Viscosidad RVDE (Spindle 3, rpm 30)	500 – 1.500 cps
	Punto de Ebullición	>= 100°C
	Densidad	1
	Punto de congelación	0°C

Especificaciones Microbiológicas

DESCRIPCION	RESULTADOS	METODO
Recuento de Microorganismos Aerobios Mesofilos	Menor de 30.000 ufc	INVIMA Ed 1998 trazable a AOAC Official Methods 988.18 edición 17

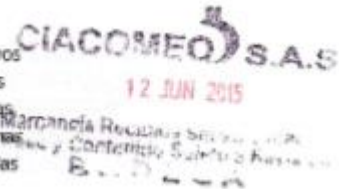
Modo de Empleo:

ANTIFOAM FOOD GRADE N – 20 A Puede utilizarse en sistemas no acuosos, puro o disperso en disolventes. Debe utilizarse antes de 8 – 12 horas si está diluida. Puede producirse alguna separación, pero al agitarla se reconstituye la dispersión. El producto también puede dispersarse mecánicamente con uno de los ingredientes del sistema de espumaación. Este antiespumante puede añadirse al medio espumaante.

Usos Generales:

Procesos Químicos:

- Fabricación de Adhesivos
- Fabricación de Tintas
- Fabricación de Pinturas
- Polimerización de Resinas
- Insecticidas y Herbicidas



FECHA DE ACTUALIZACIÓN: 2014-08

FICHA TECNICA **SODA CAUSTICA EN ESCAMAS**

Nombre Comercial: Soda caustica en escamas

Nombre Químico: Hidróxido de sodio

Formula Química: Na OH

Nº de identificación de las N. U.: 1823

Fabricante: Rokita

Procedencia: Polonia

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Pureza como Na OH	% W	Min	98
Cloruro de sodio	ppm	Max	150
Carbonato de sodio	ppm	Max	2000
Hierro	ppm	Max	15
Presentación bolsas x 25 kg			

PROPIEDADES

Peso molecular: 40.00

Solubilidad en agua: 111g Na OH / 100g H₂O

Gravedad específica: 2.13 a 15°C

Punto de fusión: 328 °C

Punto de ebullición: 1340 °C

Apariencia: Escamas blancas deliscuecentes.

Características químicas: Fuertemente alcalino. Absorbe CO₂ y agua del aire.

Higroscópico y deliquescente. Corrosivo.

Ataca metales (Zn, Al, Cu, Pb) y aleaciones (bronce y latón).

USOS

Obtención de rayón y celulosa, jabones, vidrio soluble. Regeneración de intercambiadores iónicos.

RIESGOS

SAF = T = DATA

Rating NFPA

Salud: 3 = Severo (Veneroso)

Inflamabilidad: 0 = Ninguno

Reactividad: 2 = Moderado

Contacto: 4 = Extremo (Corrosivo)

PRIMERO AUXILIOS

Contacto con los ojos: Aplicar abundante agua fría manteniendo los párpados abiertos, luego neutralizar con una solución de ácido bórico al 1% en peso. Acudir al médico.

Contacto con la piel: Quitar la ropa rompiéndola para evitar el contacto con los ojos, enjuagar con ácido acético al 1% o vinagre, luego saturar con agua de caño, mínimo 15

HIPOCLORITO DE SODIO 15 %

Esta sal es inestable en el aire, a menos que se mezcle con hidróxido sódico; fuerte agente oxidante; generalmente se emplea en solución de olor dulzaino desagradable, color verdoso pálido, soluble en agua fría. Lo descompone el agua caliente.

OBTENCION

Electrolizando una solución fría diluida de sal.

USOS

Blanqueo de la pulpa de papel, tejidos etc., productos químicos orgánicos, purificación del agua, medicina; fungicidas; piscinas, blanqueo doméstico, reactivo. **DISOLUCION:** EN AGUA PARA DESINFECCION EN CONCENTRACION DEL 1% LO QUE SIGNIFICA UNA ADICION DE 10 ML POR LITRO DE SOLUCION.

PRECAUCIONES

Tóxico por ingestión e inhalación, fuerte irritante para el tejido. Riesgo de incendio en contacto con materias orgánicas. Su manejo se debe realizar con las máximas normas de seguridad, guantes, careta, etc. Su almacenamiento se debe hacer en lugares frescos y lejos de fuentes de calor o chispas.

ESPECIFICACIONES - CIFRAS TÍPICAS

CLORO LIBRE	130.0 ± .G/L MIN.
NaOH (ALCALINIDAD TOTAL)	20 g/l MAX.
DENSIDAD (20 °C)	1.20 g/l MIN.
METODO DE ANALISIS	NORMA ICONTEC No. 1847

PRESENTACION

• GARRAFAS X 24 Kg Y GARRAFAS X 1,5,15 GALONES.

LOTE 2104009

HIDROXICLORURO DE ALUMINIO

El hidroxiclорuro de aluminio es un líquido ligeramente viscoso de color ámbar claro, a veces opalescente, que contiene complejos de aluminio multinuclear. EL PQPAC 006 tiene excelentes resultados en el uso como coagulante y/o floculante en el tratamiento de aguas potables, industriales y residuales. Amplio uso en agua con turbiedades altas y aguas con elevado contenido de materia orgánica. En la industria del papel se utiliza como agente de retención y para encolado en la fabricación del papel. Tiene aplicación en la industria textil, cerámica, extracción de petróleo y cosmética.

USOS

En el tratamiento y clarificación de aguas potables, residuales o industriales.
Especialmente recomendado para clarificar aguas con altos niveles de color, obteniéndose los parámetros ambientales necesarios para descargar al medio ambiente.
Muy eficiente para el tratamiento de aguas con alto contenido de hierro.

PRECAUCIONES

Para el manejo del producto es necesario el uso de guantes y gafas de seguridad. En caso de contacto con la piel o los ojos es necesario lavarse con abundante agua y jabón.
Si se presenta irritación se debe acudir de inmediato a un médico.

ESPECIFICACIONES - CIFRAS TÍPICAS

APARIENCIA	LIQUIDO CLARO AMBAR
OLOR	NINGUNO
PH	2.8 - 3.0
VISCOSIDAD	65 cps A 20 °C
GRAVEDAD ESPECIFICA	1.31 - 1.33
% Al_2O_3	23.5 +/- 0.3
ACIDEZ	12.5 +/- 1,0

PRESENTACION

GARRAFAS X 5 GALONES.

1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Contiene aproximadamente 90% del cloro disponible y se suele suministrar en forma de tabletas. No es demasiado soluble lo que lo hace ideal para alimentadores de flujo directo, los flotadores. Es una fuente excelente de cloro altamente concentrada para la desinfección, clarificación, fungicida y alguicida, presenta olor a cloro. Número de CAS 87-90-1

2. CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO

NOMBRE COMERCIAL	CLORO EN PASTILLAS TRIPLE ACCION
PESO MOLECULAR	232.41 g/mol
FORMULA QUIMICA	$C_2O_2N_4Cl_3$
NOMBRE QUIMICO	ACIDO TRICLOROISOCIANURICO, TRICLORO-1,3,5-TRIAZINATRIONA
APARIENCIA	TABLETAS DE COLOR BLANCO, de 200g cada una, con puntos azules.

3. REQUERIMIENTOS

PARAMETROS	ESPECIFICACION
Cloro activo, %	90.0 mín.
Insolubles, %	5.0 máx.
Humedad, %	8.0 máx.
Densidad Aparente, g/mL	0.70 - 0.90
Estabilidad	Se descompone a temperaturas mayores de 204.4°C
Olor	Característico de cloro.

4. APLICACIONES

Es muy recomendable para el tratamiento de piscinas. Productos con una tasa de disolución lenta, facilidad de manejo y un alto contenido de cloro son importantes. Puede también ser formulado en blanqueadores, polvos limpiadores, mezclas sanitizantes y limpiadores para aplicaciones industriales e institucionales.

5. INSTRUCCIONES DE USO

Las tabletas deben ser colocadas sólo en dispositivos diseñados para contenerlas; no mezclarlas con otros productos químicos. La dosis sugerida es de 1 pastilla o tableta por cada 20m³ de agua. Controlar el nivel de cloro entre 1 – 3 ppm

6. PRESENTACION Y DESPACHO

Pote plástico por 1Kg. Con un contenido de 5 pastillas protegidas por bolsas de polietileno; Balde de plástico de 50 Kg. Con un contenido de 250 pastillas protegidas también con bolsa al interior; para asegurar la conservación del producto.

7. CONDICIONES DE ALMACENAJE

Al ser un oxidante fuerte, debe evitarse el contacto con fuentes de calor, álcalis, materiales orgánicos y combustibles, aceites, etc. debido a que pueden causar fuegos intensos, explosiones, ó gases tóxicos.



DESENGRASANTE MOTORES FICHA TECNICA

DESCRIPCION

El **DESENGRASANTE MOTORES** no afecta en forma alguna ninguno de los componentes de la maquinaria o planta, tales como partes plásticas, metálicas, cauchos y en general ninguno de los mecanismos, incluyendo los recubrimientos de pintura.

COMPONENTE QUIMICO

Dodecilsulfonato de sodio y tensoactivos no iónicos.

CARACTERISTICAS

• pH	Básico.
• DENSIDAD	1.034 gr/c.c.
• SOLIDOS TOTALES	25% + 2
• COLOR	Transparente
• BIODEGRADABILIDAD	85% del componente activo

FORMA DE EMPLEO

Es recomendable aplicar con pistola de aspersión a fin de garantizar que el producto quede impregnado de manera homogénea sobre la superficie, en particular en los sitios donde no es posible hacerlo manualmente.

Debe aplicarse preferiblemente en seco de manera uniforme, esperando unos minutos para que el producto remueva por si solo, la grasa o mugre. Finalmente se enjuaga con agua. Este producto es recomendable para el lavado, obteniendo magníficos resultados. Diluir el producto 1 parte por 3 partes iguales de agua.

OBSERVACIONES

Si se ingiere puede causar daños pulmonares.

La exposición repetida puede provocar resequedad o formación de grietas en la piel. Irrita los ojos. Se recomienda utilizar con guantes y gafas.

PRESENTACIONES

Envase polietileno por 1 galón, 5 galones, 16 galones y tambor de 55 galones.

NOTA: SE DEBE SEGUIR LAS PRECAUCIONES Y CONDICIONES DE MANEJO APLICABLES BAJO LAS NORMAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL.

EL USO INADECUADO DEL PRODUCTO POR PARTE DEL CONSUMIDOR, NOS EXCLUYE DE TODA RESPONSABILIDAD Y GARANTÍA DE EFECTIVIDAD.

Calle 55 sur No 5g-59 Teléfonos 7605849 - 3182434694
biológicadelosandes@gmail.com
BOGOTA D.C.

SHAMPOO AUTOS FICHA TECNICA

DESCRIPCION

El producto esta formulado a partir de materias primas biodegradables, lo que hace que su comportamiento sea de un producto que no contamina ni afecta el medio ambiente. Fabricado para lograr una limpieza efectiva en los autos, logrando un efecto restaurador y recuperador de brillo.

COMPONENTES QUIMICOS

Alquil Benceno Lineal, y Tensoactivos aniónicos.

CARACTERISTICAS TECNICAS

- pH: limites 6.00- 8.00
- ASPECTO: LIQUIDO VISCOSO
- COLOR: VERDE
- DENSIDAD: 1.034 gr/c.c.
- BIODEGRADABILIDAD: 100% DEL COMPONENTE ACTIVO

PROPIEDADES

- **AUTOBRILLANTE:** El shampoo autos además de su efecto limpiador, actúa como restaurador de color y recuperador de brillo.
- **TOXICIDAD:** Por su excelente formulación es completamente atoxico ya sea por inhalación o por contacto directo.
- **MODO DE USO:** Para el lavado de un automóvil prepare una solución de 50 c.c. de SHAMPOO AUTOS por diez litros de agua.
- **MODO DE USO PARA ESPUMADORA:** Para 200 Litros agregar 2 litros de producto.
- **RENDIMIENTO:** Por su fácil y rápida aplicación se obtiene un alto rendimiento en tiempo y una reducción considerable en los costos de mano de obra.

PRESENTACIONES

Envase polietileno por 1 galón, 5 galones, 16 galones y tambor de 55 galones.

NOTA: LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA ANTERIORMENTE ESTA BASADA EN NUESTRA EXPERIENCIA. COMO CUALQUIER PRODUCTO SE DEBE SEGUIR LAS PRECAUCIONES Y CONDICIONES DE MANEJO APLICABLES BAJO LAS NORMAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL.

EL USO INADECUADO DEL PRODUCTO POR PARTE DEL CONSUMIDOR, NOS EXCLUYE DE TODA RESPONSABILIDAD Y GARANTÍA DE EFECTIVIDAD.

Calle 55 sur No 5g-59 Teléfonos 7605849 - 3182434694
biologicadelosandes@gmail.com
BOGOTA D.C.

FICHA TECNICA

NOMBRE DEL PRODUCTO: AMBIENTADOR

DESCRIPCION

Limpia, desodoriza y desinfecta, en una sola operación todo tipo de superficies lavables como pisos, azulejos, paredes, fórmicas, plásticos, trapos rejillas, etc. No remueve las capas de cera ni necesita enjuague posterior. El uso del producto concentrado permite desinfectar sanitarios, desagües, rejillas, etc. Su agradable fragancia aromatiza el ambiente.

INSTRUCCIONES DE USO

Para limpieza general de pisos u otro tipo de superficies lavables, pase un trapo o esponja con el producto. Para desengrasar, utilice esponja o cepillo. Si desea desinfectar, pulverice con spray o vierta el producto concentrado, no enjuague y deje orear.

- Para limpieza general y odorización: diluya una parte del producto en 8 ó 10 partes de agua.
- Para desinfectar: utilice el producto puro o diluya una parte de producto en una parte de agua.

CARACTERISTICAS FINALES DEL PRODUCTO:

CARACTERISTICA	PARAMETRO
COMPOSICION	Mezcla de sustancias tensoactivas, detergentes, estabilizantes y antibacteriales.
pH	8
DENSIDAD (gr/ml)	1 gr / ml
APARIENCIA	Liquido translucido ligeramente viscoso de una sola fase.
COLOR	Según el patron, de acuerdo a la fragancia
OLOR	Según el patron

PRESENTACIONES:

Envase plástico en polietileno de alta densidad en presentación de 1000 c.c., 2 Lt., 4 Lt., y 20 Kg. de contenido neto.

CONSERVACION:

El producto debe almacenarse en un lugar fresco, libre de humedad protegido de la luz a una temperatura no superior a los 30°C.

VARSOL

No. ONU: 1268

No. CAS: 8652-41-3

Características Físicas

Estado Físico: Líquido	Peso Molecular: -	Densidad: 0,7 - 0,8	Punto de Ebullición: 101 - 208 °C
Punto de Inflamación: 27,7 °C	Stabilidad en el Agua: Insoluble	Presión de Vapor: 7 mm Hg a 30°C	

Empleo de la Sustancia

● Cantidad Promedio Anual Empleada en Bogotá: 90.745,404 Ton

Aplicaciones

- Empleado a nivel industrial y doméstico como agente de limpieza.
- Utilizado para remover productos de superficies para su abstracción.
- Tiene amplia aplicación como disolvente en la fabricación o uso de pinturas base aceite.

Clases Económicas que Hacen Uso de la Sustancia Química

- Actividades de impresión y publicidad
- Fabricación de productos metálicos
- Fabricación de aditivos para combustibles
- Fabricación de vehículos automotores
- Fabricación de maquinaria y equipos
- Fabricación de pinturas y revestimientos
- Fabricación de detergentes
- Lavado y limpieza del prendas de vestir

Usos y Controles

Usos Específicos	Controles
Usado como líquido de limpieza y maquinaria y desengrasante de herramientas y equipos. Además es utilizado para remover grasa y aceites de superficies en paredes y techos.	Uso de protección personal: <ul style="list-style-type: none"> Resguardos de respiración con cartucho para vapores orgánicos Gauchos de nitrilo o látex.
Usado como removedor de grasas, aceites y otros de superficies con el fin de darles acabado o abrillantar para procesos posteriores.	ventilación natural o forzada de flujo laminar y extracción de aire de forma natural o mecánica.
Usado como disolvente de pinturas base aceite como esmaltes, barnices, lacas, entre otros.	Alejarse de cualquier fuente de ignición. Lejos de cualquier fuente eléctrica, carga mecánica o de caloridad - incendio o una caldera o electricidad estática.

Alternativas de Uso

- Empiezo de pinturas base agua para reducir el empleo de disolventes.
- Alternativas de limpieza como lavado acetico con pintura o limpieza ultrasonica

Efectos a la Salud

Vías de Ingreso de la Sustancia al Organismo

- Vía respiratoria
- Vía gastrointestinal
- Vía dérmica

Órganos Afectados por la Exposición

- Caja
- Far
- Sistema respiratorio
- Sistema gastrointestinal

Signos y Síntomas Relacionados

Exposición	Signos y Síntomas
Ojos	Irritación leve o temporal, pero no usual daños a las tejidas de los ojos. Los síntomas incluyen picazón, lagrimeo, enrojecimiento e hinchazón.
Far	Irritación, enrojecimiento y subido en la piel. Puede elevarse a nivel de la piel. Por contacto prolongado con la piel húmeda puede causar quemaduras, ampollas y dolor.
Sistema Respiratorio	Irritación del tracto respiratorio, garganta seca con tos, dificultad del sistema nervioso central, dolor de cabeza, mareos, debilidad y fatiga intelectual, confusión, ansiedad, somnolencia, pérdida de conciencia y posible muerte. Irritación de las membranas mucosas. Puede ser aliviado fácilmente por el aislamiento y el flujo natural. Los síntomas incluyen sensación de ardor en la boca y el estómago, náuseas, vómitos, eructos, somnolencia, pérdida del sentido de orientación, dolor y efectos adversos del sistema nervioso central. Muy peligros si se aspirado e ingreso a los pulmones con un pequeño volumen, lo cual puede ocurrir durante la respiración o el vómito, pudiendo causar daños pulmonares leve a severos a incluso la muerte. La ingestión de grandes cantidades puede ocasionar inconsciencia y convulsiones.
Sistema Gastrointestinal	

Enfermedades Profesionales Relacionadas

- Enfermedades causadas por sustancias químicas:
 - Dermatitis (ocupacional): Dolor a los pulmones, al hígado y al sistema nervioso central (Sistema del Páncreas)
 - Cáncer: Como derivado del petróleo, puede contener ingredientes o impurezas de compuestos carcinogénicos.

Clasificación Carcinogénica IARC:

Se clasificar

Exposición ocupacional: Ingestión de la piel y exposición ocular a vapores por algún tiempo en el ambiente laboral.
Exposición del público: Ingestión permanente de aire con niveles de contaminantes orgánicos que causa síntomas respiratorios, tales como, dolor de cabeza, fatiga, debilidad del estado ánimo, trastorno del sueño y posibles síntomas cardiovasculares.

Valores Ocupacionales

Valores Límites de Exposición

Promedio ponderado en el tiempo TLV-TWA: 100 ppm

Límite de exposición de corta duración TLV-STEL: -

Límite de exposición fecha TLV-CELING: -



Índice de exposición biológica BEI

Indicador Determinante: -

Tiempo de Muestra: -

Valor Límite: -



Método de medición en ambientes laborales NIOSH

No. del método: -

Nombre del método: -

Técnica: -



LIMPIA VIDRIOS INDUSTRIAL

PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO

El limpia vidrios está hecho de tal forma que su composición química muy bien balanceada, cumple el objetivo de eliminar la grasa y el polvo adheridos a la superficie del vidrio. Igualmente el limpia vidrios es recomendado para la limpieza de esmaltes, fórmicas, acero inoxidable, porcelana y objetos cromados.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Olor: No deja olor residual desagradable en las superficies tratada, por lo tanto depende del aroma con que se elabora.

Estabilidad: Es estable en condiciones normales de almacenamiento, no se sedimenta ni se separa en capas y permanece mínimo por seis (6) meses.

P.H: 8.0
Material volátil: 1%
Contenido solvente orgánico: 5%
Densidad: 0.999 gr/cc

EFICIENCIA DEL PRODUCTO

La película aplicada será fácilmente removida por el limpiador en el tiempo de tres minutos.

APLICACIÓN

Aplicarse de manera uniforme en la superficie a limpiar, mediante almohadilla en paño suave o un dispositivo atomizador incorporado al recipiente.

MANEJO

Usar guantes de caucho, evitar la inhalación y el contacto con los ojos. En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua fresca y limpia, usar careta cuando en el trabajo sucede salpicaduras.

EMPAQUE

Galón, Garrafas (Espalones). Este empaque está hecho de polipropileno de alta densidad.

ANEXO B.

PLANOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y DEL PATIO DEL PORTAL AMERICAS



ANEXO C.

ESTADÍSTICA BUSES LAVADOS PRIMER SEMESTRE, AÑO 2017.

Mes	Semana	Buses lavados
Enero	1	1557
	2	1445
	3	1597
	4	2140
Febrero	1	1613
	2	1634
	3	1630
	4	1642
Marzo	1	1687
	2	1674
	3	1492
	4	2418
Abril	1	1688
	2	1208
	3	1619
	4	1888
Mayo	1	1591
	2	1635
	3	1674
	4	2286
Junio	1	1666
	2	1662
	3	1492
	4	1988
	Total	40926

Fuente: Somos K S. A

Anexo D.

MEDTODOLOGIA DEL CALCULO DE DOSIFICACION DE REACTIVOS QUIMICOS

Neutralizante:

- **Soda caustica:** en el laboratorio se prepara una solución al 5%, con 5 gramos de soda caustica en estado sólido en 100 ml de agua, esta solución se agita durante 5 minutos, teniendo en cuenta que las unidades que se manejan para la dosificación son ppm (Partes por millón) se multiplica por 1'000.000 este porcentaje y como resultado la concentración de la solución es:

$$NaOH = 50.000 \text{ ppm}$$

Dosificación de soda a la jarra:

Ecuación 16. Dosificación

$$\text{Dosificación(ppm)} = \frac{\text{Con. sol} * \text{Vol1}}{\text{Vol2}}$$

Dónde:

Con. Sol= Concentración solución

Vol1=Volumen aplicado de la solución a jarra

Vol2=Volumen de jarra

En el **cuadro26** se registran los datos de la dosificación.

Cuadro26. Dosificación de soda caustica

<i>Con.sol</i> (ppm)	<i>Vol1</i> (mL)	<i>Vol 2</i> (mL)	Dosificación (ppm)
50.000	2	500	200
50.000	0.2	500	20

- **Hidróxido de calcio:** en el laboratorio se prepara una solución al 5%, con 5 gramos de Hidróxido de calcio sólido en 100 ml de agua, esta solución se agita durante 5 minutos, teniendo en cuenta que las unidades que se manejan para la dosificación son ppm (Partes por millón) se multiplica por 1'000.000 este porcentaje y como resultado de la solución es:

$$Ca(OH)_2 = 50.000 \text{ ppm}$$

Se calcula la dosificación de igual manera que para la soda y los datos de dosificación se registran en el **cuadro 27**.

Cuadro 27. Dosificación de hidróxido de calcio

Con.sol (ppm)	Vol1(mL)	Vol 2(mL)	Dosificación (ppm)
50.000	3	500	300
50.000	5.5	500	550

Coagulante:

- **Hidroxiclورو de aluminio:** este coagulante se lleva al 5%, con 5 mL de Hidroxiclورو de aluminio en 100 mL de agua, es agitado durante 2 minutos. Debido que el coagulante esta una solución se debe tener en cuenta su grado pureza.

Ecuación 17. Dosificación de hidroxiclورو de aluminio

$$Dosificación(ppm) = \frac{\%pureza * \% sol * Vol1}{Vol2} * 1'000.000$$

Dónde:

% sol= Porcentaje de preparación de la solución

Vol1=Volumen aplicado de la solución a jarra

Vol2=Volumen de jarra

En el **cuadro 28**se registran los datos de dosificación:

Cuadro 28. Dosificación de hidroxiclорuro de aluminio

% pureza	% sol	Vol1(mL)	Vol 2(mL)	Dosificación (ppm)
22	5	19	500	418
22	5	21	500	462
22	5	30	500	660

- **Sulfato de aluminio:** en el laboratorio se prepara una solución al 5%, con 5 gramos de sulfato de aluminio en estado sólido en 100 ml de agua, esta solución se agita durante 5 minutos, teniendo en cuenta que las unidades que se manejan para la dosificación son ppm (Partes por millón) se multiplica por 1'000.000 este porcentaje y como resultado de la solución es:

$$Al_2(SO_4)_3 = 50.000 \text{ ppm}$$

La dosificación se calcula de igual manera que para la soda y los datos de dosificación se registran en el **cuadro 29**.

Cuadro 29. Dosificación de Sulfato de aluminio

Con.sol (ppm)	Vol1(mL)	Vol 2(mL)	Dosificación (ppm)
50.000	5	500	500
50.000	6	500	600
50.000	6.2	500	620
50.000	7.5	500	750
50.000	9.5	500	950

Floculante: el polímero empleado en la experimentación se prepara al 0.1% a partir de 0.1 gramos de polímero en 100 mL de agua. Debido a su alta viscosidad se debe de agitar durante 30 minutos para poder utilizarlo. A partir que 1% es 10.000 parte por millón, se calcula que para 0,1% es 1000 ppm.

Dosificación de floculante

$$\frac{C_1 V_1}{V_2} = C_2$$

Dónde:

$C_1(ppm)$ =Concentración de la solución.

$V_1(mL)$ =Volumen aplicado de la solución a jarra.

$C_2(ppm)$ = Concentración en la jarra.

$V_2(mL)$ =Volumen de jarra.

Remplazando:

$$\frac{1000ppm * 1mL}{500mL} = C_2$$

$$C_2 = 2ppm$$

Se utilizó la misma cantidad de polímero para todos los ensayos.

Desinfectante: Este insumo se llevó a un 5% a partir de solución de una concentración del 13%, por medio del despeje de V_2 de la ecuación 8.

$$\frac{C_1V_1}{C_2} * V_2$$

Dónde:

$C_1(\%)$ =Concentración de la solución al 13%.

$V_1(mL)$ =Volumen necesario de la solución al 13 % para dilución

$C_2(ppm)$ = Concentración de la solución al 5%.

$V_2(mL)$ =Volumennecesariode agua

$$\frac{13% * 5}{5%} * V_2$$

$$V_2 = 13 mL de agua$$

Teniendo esta concentración al 5%, se calcula la dosificación de desinfectante de misma manera que el floculante, teniendo en cuenta que C_1 ahora es 50.000 ppm y el resto de los valores son iguales. Reemplazado los valores se obtiene que 100 ppm es la dosificación del desinfectante en la jarra.

ANEXO E.

PROCEDIMIENTO TEST DE JARRAS

1. Determinar el color, turbidez, conductividad y pH del agua cruda.
2. Colocar en cada uno de los 4 vasos de precipitado una cantidad de 500 ml de agua medida con probeta.
3. Determinar las cantidades de neutralizante aplicar a la muestra, la cual será diferente en cada vaso.
4. Colocar las paletas de agitación dentro de los vasos y con ayuda de pipetas graduadas, añadir el neutralizante aumentando su cantidad en cada vaso.
5. Se realiza la medición de pH del agua.
6. Determinar las cantidades de coagulante aplicar a las muestras, la cual será diferente en cada vaso.
7. Se reinicia el equipo, se adiciona el coagulante, se colocan las paletas de agitación dentro de los vasos se inicia de nuevo y con ayuda de pipetas graduadas, añadir el coagulante aumentando su cantidad en cada vaso.
8. Colocar en agitación y operarlo a 100 rpm (mezcla rápida) durante dos minutos.
9. Disminuir la velocidad de agitación a 40 rpm y agitar por 15 minutos.
10. Se retiran los vasos y se deja estabilizar
11. Se adiciona el polímero el cual facilita el proceso de aglomeración de las partículas disueltas en el agua.
12. Se deja sedimentar por 20 minutos.
13. Se agregar hipoclorito de sodio que actúa como desinfectante en el proceso.
14. Se hace el proceso de filtración con carbón activado para la remoción de los sólidos disueltos y en suspensión que quedan.
15. Se toman nuevamente los valores de pH, turbiedad, conductividad del agua tratada.
16. Se determina la cantidad de sólidos removidos durante el proceso.

ANEXO F.

RESULTADO CARACTERIZACION DE LAS PROPUESTAS PLANTEADAS



LABORATORIO QUIMICONTROL LTDA.
Ambiente e Industria



**INSTITUTO DE HIDROLOGÍA,
METEOROLOGÍA Y
ESTUDIOS AMBIENTALES**
Laboratorio acreditado
ISO-9001:2015, ISO-17025:
2005, Asociación de
Ingenieros y Arquitectos
de Colombia (AIC) Resolución
de 2015, Resoluciones
de 2007 de la
Secretaría de 2007 de
2016, 0619 y 1303 de
2017.

INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

INFORME 1 OCA 1013-AG
11 de noviembre de 2017

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Señor
FELIPE MILLAN MELO
Dirección: CR 71 D #12-85
e-mail: millan.carlos1094@gmail.com
Bogotá D.C.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

ORDEN DE SERVICIO: 3592
FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 4 de noviembre de 2017
MATRIZ: AR
FECHA DE MUESTREO: Datos no suministrado por el cliente
TIPO DE MUESTREO: Datos no suministrado por el cliente
PUNTO DE MUESTREO: Hidroxido de sodio-hidroxocloruro de Al
IDENTIFICACIÓN MUESTRA: 17-AG5669
OBSERVACIONES: Muestra tomada por el cliente y enviada al laboratorio.

Variable	Unidad	Método	Fecha Análisis	Resultados	Incertidumbre
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L O ₂	SM 5220 C, Volumétrico, Reflujo Cerrado	2017-11-09	220	±15,4
Sólidos suspendidos totales, SST	mg/L	SM 2540 D, Gravimetría, Secado	2017-11-09	42	±0,981

SM: "STANDARD METHODS For The Examination Of Water And Wastewater" 22ND EDITION, 2012. AR: Agua Residual.

NOTA 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a la muestra analizada.

NOTA 2: La reproducción parcial de este informe será autorizada por el Laboratorio Quimicontrol Ltda.

NOTA 3: Las muestras serán eliminadas cuarenta y cinco (45) días después de haber sido recibidas.

NOTA 4: Incertidumbre expandida para un nivel de confianza del 95,45 % con un factor K=2.

Este informe NO es válido para impresión ni almacenamiento sin firma original de las personas autorizadas por el Laboratorio.


CONSTANTINO ZÚÑIGA MOYSA
Químico, Matrícula Profesional PQ-412
Especialista en Consultoría ambiental

Elaboró: Carolina Liceth Navarro Lopez
Revisó: Carlos Steven Moreno Giron



INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

INFORME 2 OCA 1013-AG
11 de noviembre de 2017

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Señor
FELIPE MILLAN MELO
Dirección: CR 71 D #12-85
e-mail: millan.carlos1094@gmail.com
Bogotá D.C.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

ORDEN DE SERVICIO: 3592
FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 4 de noviembre de 2017
MATRIZ: AR
FECHA DE MUESTREO: Datos no suministrado por el cliente
TIPO DE MUESTREO: Datos no suministrado por el cliente
PUNTO DE MUESTREO: Sulfato de aluminio-Hidroxido de sodio
IDENTIFICACIÓN MUESTRA: 17-AG6034
OBSERVACIONES: Muestra tomada por el cliente y enviada al laboratorio.

Variable	Unidad	Método	Fecha Análisis	Resultados	Incertidumbre
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L O ₂	SM 5220 C, Volumétrico, Reflujo Cerrado	2017-11-09	271	±19
Sólidos suspendidos totales, SST	mg/L	SM 2540 D, Gravimetría, Secado	2017-11-09	0	±0

SM: "STANDARD METHODS For The Examination Of Water And Wastewater" 22ND EDITION, 2012. AR: Agua Residual.

NOTA 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a la muestra analizada.

NOTA 2: La reproducción parcial de este informe será autorizada por el Laboratorio Quimicontrol Ltda.

NOTA 3: Las muestras serán eliminadas cuarenta y cinco (45) días después de haber sido recibidas.

NOTA 4: Incertidumbre expandida para un nivel de confianza del 95,45 % con un factor K=2.

Este informe NO es válido para impresión ni almacenamiento sin firma original de las personas autorizadas por el Laboratorio.

CONSTANTINO N. ZULOAGA MOYA
Químico, Matrícula Profesional PQ-412
Especialista en Consultoría ambiental

Elaboró: Carolina Lioeth Navarro Lopez
Revisó: Carlos Steven Moreno Giron

ANEXO G.

COTIZACIONES DE UNIDAD E INSUMOS PROPUESTOS



INGENIERÍA E INDUSTRIA DEL AGUA SAS
NIT - 901133188 - 5
CARRERA 71 NO 64D 46
BOGOTÁ DC - COLOMBIA
TELÉFONO: 57 1 7132437 - 3193594557

COTIZACIÓN CTZ-142

DIRIGIDO A: CARLOS FELIPE MILLAN MELO FECHA: 24/NOVIEMBRE/2017
TELÉFONO: +57 313 280 9089 CC: 1.016.065.929

Por medio de la presente, tenemos el agrado de enviar a usted cotización al siguiente detalle.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CAN	SUBTOTAL	TOTAL
001-1	TRAMPA DE GRASAS EN FIBRA DE VIDRIO PRFV MEDIDAS 150CM X 75CM X 85CM (LARGO, ANCHO, ALTO), INCLUYE MÓDULO DE RETENCIÓN DE SÓLIDOS Y MÓDULO DE RETENCIÓN DE GRASAS. TUBERÍA DE ENTRADA Y SALIDA DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DEL CLIENTE	1	\$ 2.250.000	\$ 2.250.000
002-1	BOMBA DOSIFICADORA PARA PRODUCTO QUÍMICO CAUDAL DE DOSIFICACIÓN SEGÚN ESPECIFICACIONES DEL CLIENTE	1	\$ 1.230.000	\$ 1.230.000

SUBTOTAL	3.480.000
TOTAL	3.480.000

OBSERVACIÓN ADICIONAL:

SERVICIO DE INSTALACIÓN NO INCLUIDO EN LA PRESENTE COTIZACIÓN

TIEMPOS DE ENTREGA:

5 Días después de aceptada la oferta.

VALIDEZ DE LA OFERTA: 30 (treinta) Días.

FORMA DE PAGO: CONTADO.

Ing IVÁN D. CERÓN

INGENIERÍA E INDUSTRIA DEL AGUA SAS

GERENTE GENERAL

gerencia.ingindustriaagua@gmail.com

Tel: + 57 319 3594557 - 7132437



Tocancipá, 23 de Noviembre de 2017
CE-GC231117-1

Señor
Carlos Millán
Bogotá

Ref.: COTIZACION PRODUCTOS LIPESA

Cordial Saludo,

Lipesa Colombia S.A.S., ha enfocado su esfuerzo continuo hacia el desarrollo de los tratamientos y programas químicos preventivos y la satisfacción del cliente mediante la identificación y solución de las necesidades propias de cada industria.

Por esta razón, hacemos entrega de los siguientes productos necesarios para el tratamiento de agua.

1. LISTA DE PRECIOS Y PRESENTACIONES

PRODUCTO	FUNCION	PRESENTACION	PRECIO/Kg	PRECIO PRESENTACION
L-1569A	Polimero Catiónico	Saco 25 Kilos	\$ 21.640	\$ 541.000

2. CONDICIONES COMERCIALES

- A los precios deberá sumarse el IVA vigente a la fecha de facturación.
- Los precios tienen vigencia 60 días a partir de la fecha.
- La forma de pago es anticipada
- Los productos serán entregados CINCO (5) días hábiles después de recibir su Orden de Compra o pedido.
- El sitio de entrega de los productos será en sus instalaciones.

Esperamos que el contenido de este documento satisfaga sus necesidades, no duden en contactarse ante cualquier duda o inquietud.

Carretera Central Bogotá- Tunja Frente a Bavaria, TOCANCEPA - COLOMBIA
Tel: 8786600 Fax 8786600 EXT 123 Celular: 3103239854
E-mail: SierraJ@lipesa.com - Web Site: www.lipesa.com
Nit: 830035263-2



Cordialmente

Ing. Gianna Caicedo C
Representante Técnico Comercial
Lipesa, S.A.S.
Gianna.caicedo@lipesa.com
www.lipesa.com



c.c. Msc. Ing. Lizeth Porras – Gerente Distrito Centro

Carretera Central Bogotá- Tunja Frente a Bavaria, TOCANCIPA - COLOMBIA
Tel: 8786600 Fax: 8786600 EXT 123 Celular: 3103239854
E-mail: Sierra3@lipesa.com - Web Site: www.lipesa.com
Nit: 830035263-2