

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL  
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (STAR) PARA LA  
EMPRESA WELLQUEM DE COLOMBIA S.A.S**

**LEN NAYARY GONZÁLEZ MUÑOZ  
LADY PAOLA RUÍZ UBAQUE**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ, D. C.  
2017**

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL  
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (STAR) PARA LA  
EMPRESA WELLQUEM DE COLOMBIA S.A.S**

**LEN NAYARY GONZÁLEZ MUÑOZ  
LADY PAOLA RUÍZ UBAQUE**

**Proyecto integral de grado para optar el título de  
INGENIERO QUÍMICO**

**Orientador  
EDGAR FERNANDO MORENO TORRES  
Ingeniero Químico**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ, D. C.  
2017**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

OSCAR LOMBANA

---

ELIZABETH TORRES

---

EDGAR FERNANDO MORENO

Bogotá, 7 de Noviembre del 2017

## **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 Facultad de Ingeniería Química:

**DR. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ.**

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

*Este logro va dedicado a Dios, a mis padres y hermanos, quienes a su manera siempre me han dado y demostrado su apoyo, amor y comprensión a lo largo de este camino, pero en especial a mi madre que es el ancla que me mantiene en la dirección correcta pero siempre dejando a mi elección el camino que desee tomar.*

**LEN NAYARY GONZÁLEZ**

*Le doy gracias Dios por permitirme culminar este triunfo, a mi mama, papa y a mis hermanos por su apoyo incondicional, por ser mi ejemplo a seguir y mi motivación en mi vida, a Sebastián Bohórquez por su gran ayuda y apoyo constante y a mi compañera Len González por ser una excelente persona, amiga y por formar un gran equipo de trabajo*

**Lady Paola Ruíz Ubaque**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a:

La universidad de América por aceptar que seamos parte de ella y abierto las puertas para estudiar nuestra carrera, por estar a través de todo el camino de formación hasta culminar esta etapa apoyándonos en todos los aspectos posibles, también a los docentes que brindaron sus conocimientos y apoyo para el desarrollo del trabajo de grado.

A Wellquem de Colombia SAS por la oportunidad de trabajar con ellos en la propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales en sus instalaciones, por darnos la facilidad y las herramientas para llevarlo a cabo, a sus colaboradores y principalmente a Luis Fernando Arias Prada, Gerente y Representante legal.

La Ingeniera Química Elizabeth Duran por su apoyo y ayuda en el desarrollo de este proyecto, siendo una guía a través de este proceso y trabajo.

El ingeniero Fernando Moreno por ser un guía a través de este camino dándonos consejos y apoyo de cómo seguir adelante con algún inconveniente presentado.

El Ingeniero Sebastián Bohórquez por su colaboración y asesoría en la parte financiera.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	25
OBJETIVOS	26
1. GENERALIDADES	27
1.1 HISTORIA	27
1.2 PRODUCTOS	27
1.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	28
1.4 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	29
1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	29
1.5.1 Proceso de producción general	30
1.5.1.1 Recepción de materia prima	30
1.5.1.2 Transporte al área de producción	30
1.5.1.3 Agregado de ingredientes	31
1.5.1.4 Reposo y extracción de contaminantes	31
1.5.1.5 Agregado de ingredientes finales	31
1.5.1.6 Empacado	31
1.5.1.7 Transporte	31
1.5.1.8 Distribución	31
2. MARCO TEÓRICO	33
2.1 AGUAS RESIDUALES	33
2.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	33
2.3 FACTORES ESPECÍFICOS DE CONTAMINACIÓN	35
2.4 SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES (STAR)	36
2.4.1 Tratamientos de aguas residuales	37
2.4.1.1 Pretatamientos y tratamientos primarios	38
2.4.1.2 Cribado	39
2.4.1.3 Flotación	39
2.4.1.4 Neutralización (Homogenización)	39
2.4.1.5 Sedimentación con floculación	40
2.4.2 Tratamientos secundarios	41
2.4.3 Tratamientos terciarios	41
2.4.3.1 Filtración	41
2.5 CLARIFICACIÓN DEL AGUA	42
2.6 AGENTES COAGULANTES	43
2.6.1 Coagulante convencional	43
2.6.2 Coagulantes alternativos (PAC's)	43
2.6.3 Dosificación de coagulante y acondicionador de pH	44

2.6.4 Velocidad de agitación	44
2.6.5 Costos del tratamiento	44
2.7 MARCO LEGAL	45
3.DIAGNÓSTICO	47
3.1 PROCESO ACTUAL DE LA STAR	47
3.2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y CAUDALES	48
3.2.1 Equipos	48
3.2.1.1 Tanque de almacenamiento	48
3.2.1.2 Tanque de trampa de grasas	49
3.2.1.3 Tanque de coagulación y floculación	50
3.2.1.4 Bomba hidráulica	51
3.2.1.5 Tanque de reacción	51
3.2.1.6 Filtro	52
3.3 SISTEMA ACTUAL IMPLEMENTADO PARA AGUAS RESIDUALES	53
3.3.1 Desventajas de la disposición del agua residual	53
3.4 BALANCE DE MASA Y AGUA	53
3.4.1 Balance de masa	54
3.5 CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	55
3.5.1 Composición de las aguas residuales	55
4. ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL	58
4.1 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE MEJORA	58
4.2 TRATAMIENTO QUÍMICO	58
4.2.1 Coagulantes usados en el ensayo de jarras	58
4.2.2 Floculantes usados en el ensayo de jarras	59
4.2.3 Mejoramiento del sistema en la alternativa coagulación-floculación	60
4.3 SEDIMENTACIÓN	61
4.3.1 Mejoramiento del sistema en la alternativa de sedimentación	61
4.4 FILTRACIÓN	61
4.4.1 Filtro a base de carbón activado y gravilla	62
4.4.2 Mantenimiento del filtro de la empresa	62
4.5 PROCESO DE OXIDACIÓN	62
5. EVALUACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE MEJORA	64
5.1 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA	64
5.1.1 Proceso de coagulación – floculación	64
5.1.1.1 Ensayo 1	67
5.1.1.2 Ensayo 2	68
5.1.1.3 Ensayo 3	70
5.1.1.4 Análisis final de ensayo de jarras	72
5.2 CONDICIONES TÉCNICAS DEL TRATAMIENTO QUÍMICO A IMPLEMENTAR	73
5.2.1 Dosificación de reactivos	73

5.2.2 Condiciones de agitación a nivel planta	74
5.2.3 Caracterización final	74
5.3 MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	76
5.3.1 Descripción del sistema	76
5.3.2 Medidas de seguridad	78
6. ANÁLISIS FINANCIERO	81
6.1 ANÁLISIS DE INVERSIÓN (CAPEX)	81
6.2 ANÁLISIS DE COSTOS DE OPERACIÓN (OPEX)	82
6.2.1 Proceso actual	82
6.2.2 Proceso propuesto	83
6.3 EVALUACIÓN FINANCIERA	84
6.3.1 Valor Presente Neto (VPN)	84
6.3.1.1 Valor Presente Neto para el proceso actual de tratamiento de aguas residuales	85
6.3.1.2 Valor Presente Neto para el tratamiento de aguas residuales propuesto	86
6.4 CONCLUSIÓN DE LA EVALUACIÓN FINANCIERA	86
7. CONCLUSIONES	88
8. RECOMENDACIONES	89
BIBLIOGRAFÍA	90
ANEXOS	92

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Características del tanque de almacenamiento	49
<b>Tabla 2.</b> Características el tanque de trampa de grasas	49
<b>Tabla 3.</b> Características del tanque de coagulación floculación	50
<b>Tabla 4.</b> Características de bomba hidráulica	51
<b>Tabla 5.</b> Características del tanque de reacción	51
<b>Tabla 6.</b> Entradas de corriente de agua residual	54
<b>Tabla 7.</b> Salida de corrientes de agua	54
<b>Tabla 8.</b> Comparación de los resultados con la resolución 631 2015	56
<b>Tabla 9.</b> Comparación de los resultados de la segunda caracterización con la resolución 631 2015	57
<b>Tabla 10.</b> Parámetros del agua cruda	65
<b>Tabla 11.</b> Ensayo de jarras 1 – Prueba 1	67
<b>Tabla 12.</b> Porcentajes de remoción ensayo 1 – Prueba 1	68
<b>Tabla 13.</b> Ensayo de jarras 1 – Prueba 2	69
<b>Tabla 14.</b> Porcentajes de remoción ensayo 1 – Prueba 2	69
<b>Tabla 15.</b> Ensayo 1 – Prueba 3	71
<b>Tabla 16.</b> Porcentaje de remoción ensayo 1 – Prueba 3	71
<b>Tabla 17.</b> Resultados de la caracterización de las aguas residuales de la empresa Wellquem de Colombia SAS	75
<b>Tabla 18.</b> Comparación parámetros etapa coagulación – floculación	75
<b>Tabla 19.</b> Inversión para la implementación del proyecto – COP	82
<b>Tabla 20.</b> Costos de inversión para la implementación del proyecto en el período cero	82
<b>Tabla 21.</b> Costos de operación actuales mensuales	82
<b>Tabla 22.</b> Costos de operación anual para el proceso actual	83
<b>Tabla 23.</b> Costos totales anuales de operación – COP	83
<b>Tabla 24.</b> Costos de operación mensuales para el nuevo proceso	83
<b>Tabla 25.</b> Costos de operación anuales para el proceso propuesto	83
<b>Tabla 26.</b> Costos totales anuales de operación con la implementación proyecto – COP	84

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Diagrama de bloques del proceso de producción	30
<b>Figura 2.</b> Diagrama de bloques del proceso de área de investigación y desarrollo	32
<b>Figura 3.</b> Tanque de homogenización constante	40
<b>Figura 4.</b> Columna de sedimentación de laboratorio	40
<b>Figura 5.</b> Diagrama del proceso (STAR)	48
<b>Figura 6.</b> Tanque de almacenamiento	49
<b>Figura 7.</b> Tanque de trampa de grasas	50
<b>Figura 8.</b> Tanque de coagulación y floculación	50
<b>Figura 9.</b> Bomba hidráulica	51
<b>Figura 10.</b> Tanque de reacción	52
<b>Figura 11.</b> Filtro	52
<b>Figura 12.</b> Disposición actual de las aguas residuales industriales de la empresa	53
<b>Figura 13.</b> Entradas y salidas de corrientes de agua de la empresa Wellquem de Colombia SAS	54
<b>Figura 14.</b> Diagrama de procesos Coagulación – Floculación	60
<b>Figura 15.</b> Filtro de carbón activado y gravilla	62
<b>Figura 16.</b> Diagrama Metodología Experimental Selección dosificación Coagulante Floculante	66
<b>Figura 17.</b> Ensayo de jarras 1 – Prueba 1	67
<b>Figura 18.</b> Ensayo de jarras 1 – Prueba 2	69
<b>Figura 19.</b> Ensayo de jarras 1 – Prueba 3	71
<b>Figura 20.</b> Diagrama del sistema de tratamiento de la empresa Wellquem de Colombia SAS.	77
<b>Figura 21.</b> Flujo de efectivo para el proceso actual de tratamiento de aguas residuales	85
<b>Figura 22.</b> Flujo de efectivo para el proceso de tratamiento de aguas residuales propuesto	86

## LISTA DE CUADROS

	<b>pág.</b>
<b>Cuadro 1.</b> Productos desinfectantes más comercializados	28
<b>Cuadro 2.</b> Tratamientos preventivos más comercializados	28
<b>Cuadro 3.</b> Parámetros para la caracterización de aguas residuales	34
<b>Cuadro 4.</b> Métodos de tratamiento	35
<b>Cuadro 5.</b> Problemas por la contaminación de efluentes industriales	36
<b>Cuadro 6.</b> Etapas de tratamiento de aguas residuales ordenadas secuencialmente	37
<b>Cuadro 7.</b> Tratamiento de aguas residuales	38
<b>Cuadro 8.</b> Comparación de las características básicas entre el sulfato de aluminio y policloruros de aluminio (PAC's)	44
<b>Cuadro 9.</b> Ventajas y desventajas coagulación y floculación	60
<b>Cuadro 10.</b> Elementos de protección personal	79

## LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
<b>Gráfica 1.</b> Identificación de % de remoción con ALW250 Coagulante – Floculante	68
<b>Gráfica 2.</b> Identificación de % de remoción utilizando Hidroxicloruro de Aluminio como Coagulante y ALW250 como Floculante	70
<b>Gráfica 3.</b> Identificación de % de remoción utilizando Hidroxicloruro de Aluminio como Coagulante y PROFLOC 932 como Floculante	72

## LISTA DE ECUACIONES

	<b>pág.</b>
<b>Ecuación 1.</b> Ecuación de balance	55
<b>Ecuación 2.</b> Porcentaje de remoción	65
<b>Ecuación 3.</b> Ecuación de concentración	73
<b>Ecuación 4.</b> Ecuación de concentración 74	
<b>Ecuación 5.</b> Valor Presente Neto (VPN)	84

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
<b>Anexo A.</b> Fichas técnicas de seguridad industrial de productos más comercializados	93
<b>Anexo B.</b> Plano actual de la empresa Wellquem de Colombia S.A.S	101
<b>Anexo C.</b> Gastos por disposición de aguas residuales por la empresa Ecofuel	104
<b>Anexo D.</b> Caracterización por la empresa externa Hidrolab	107
<b>Anexo E.</b> Caracterización final de la empresa externa Laboratorio Ingeniería Ambiental Universidad Nacional de Colombia S.A.	109
<b>Anexo F.</b> Ficha de seguridad del producto ALW 250	110
<b>Anexo G.</b> Ficha técnica de Bomba hidráulica	111
<b>Anexo H.</b> Caracterización final	112
<b>Anexo I.</b> Diagrama de equipos por la empresa externa M.I.F Mineraguas ingeniería y Filtración	113

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>COP</b>	Pesos moneda corriente
<b>DBO5</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxígeno
<b>g</b>	Gramos
<b>Kg</b>	Kilogramos
<b>L</b>	Litros
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro (s) cúbico (s)
<b>min</b>	Minuto
<b>ml</b>	Mililitro (s)
<b>PHAC</b>	Polihidroxidocloruro de Aluminio
<b>PPM</b>	Partes Por Millón
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>SS</b>	Sólidos Sedimentables
<b>SST</b>	Sólidos Suspendidos Totales
<b>ST</b>	Sólidos Totales
<b>s</b>	Segundos
<b>V</b>	Voltios
<b>VPN</b>	Valor Presente Neto
<b>W</b>	Watts
<b>P</b>	Densidad

## GLOSARIO

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

**AGUAS RESIDUALES:** desechos líquidos provenientes de residencias, edificios, instituciones, aguas residuales domésticas. Desechos líquidos provenientes de la actividad doméstica en residencias, edificios e instituciones. (Resolución 1096 de 2000)

**ALCALINIDAD:** la alcalinidad de un agua residual está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos, de elementos como el calcio, el magnesio, el sodio, el potasio o el amónico. La alcalinidad ayuda a regular los cambios de pH producidos por la adición de ácidos.

**ALCANTARILLADO:** conjunto de obras para la recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales y/o de las aguas lluvias (resolución 1096 de 2000)

**CARACTERIZACIÓN:** determinación de la cantidad y características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales

**CARGA ORGANICA:** producto de la concentración media de DBO o la DQO por el caudal medio determinado en el mismo sitio; se expresa en Kg/día

**COAGULACIÓN:** desestabilización de partículas coloidales por la adición de un reactivo químico, llamado coagulante, esto ocurre a través de la neutralización de las cargas.

**COAGULANTE:** partículas líquidas en suspensión que se unen para crear partículas con un volumen mayor.

**CONCENTRACIÓN:** denominase concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido, la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que contiene.

**CONTAMINACION DEL AGUA:** es la alteración de sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que producen o pueden producir rechazo, enfermedad o muerte al consumidor. (Decreto 475 de 1998)

**DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO):** se define como DBO de un líquido a la cantidad de oxígeno que lo microorganismos, especialmente bacterias (aerobias

o anaerobias facultativas: Pseudomonas, Escherichia, Aerobacter, Bacillus), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg O<sub>2</sub>/L.

Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, laguna o efluentes. Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla).

**DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO):** medida de la cantidad de oxígeno requerida para la oxidación química de la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperaturas y tiempo. Es una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente siendo un parámetro a controlar dentro de las distintas normativas de vertidos y que nos da una idea del grado de toxicidad del vertido.

**EFICIENCIA DE TRATAMIENTO:** relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en un efluente para un proceso o planta de tratamiento.

**EFLUENTES:** la salida o flujos salientes de cualquier sistema que despacha flujos líquidos que sale de un proceso de tratamiento, a un tanque de oxidación, a un tanque para un proceso de depuración biológica del agua (Resolución 1096 de 2000). Este es el agua producto dada por el sistema.

**ENSAYO DE TRATABILIDAD:** es el estudio efectuado a nivel de laboratorio o de planta piloto, que permite establecer los procesos y operaciones adecuados para el tratamiento del agua.

**GRASAS Y ACEITES (GYS):** la determinación de grasas y aceites no se mide una cantidad absoluta de una sustancia específica; se determinan grupos de sustancias con características físicas similares con base en su solubilidad en el solvente. Así, el término "grasas y aceites" comprende cualquier material recuperado como una sustancia soluble en el solvente (n-hexano). Conjunto de sustancias probablemente soluble, se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes sobre el agua muy ofensivas estéticamente. En aguas residuales los aceites, las grasas y las ceras, son los principales lípidos de importancia. Estos compuestos sirven como alimento para bacteria, puesto que pueden ser hidrolizados en los ácidos grasos y alcoholes

**INTERCEPTOR:** conducto cerrado que recibe las afluencias de los colectores principales, y generalmente se construye paralelamente a quebradas o ríos, con el fin de evitar el vertimiento de las aguas residuales a las mismas. (Resolución 1096 de 2000)

**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS (PTAR):** conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales. (Resolución 1096 de 2000)

**PRETRATAMIENTO:** proceso de tratamientos localizados antes del tratamiento primario (rejillas, trampa de grasas), tiene como objetivo remover materia flotante, arena y manchas de aceite que pueden causar dificultades de operación y mantenimiento en los procesos posteriores. Se realiza por medio de procesos físicos y/o mecánicos, como rejillas y desarenadores

**Ph:** es la sigla representativa del potencial de hidrogeno, el cual es un logaritmo con signo negativo, de la concentración de los iones hidrogeno, en moles por litro.

**SEDIMIENTO:** materia que, habiendo estado suspensa en un líquido, se posa en el fondo por su mayor gravedad.

**SEDIMENTACIÓN:** proceso físico de clasificación de las aguas residuales por efecto de la gravedad. Junto los sólidos sedimentables precipitan materia orgánica del tipo putrescible.

**SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST):** residuo no filtrable o material no disuelto.

**SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (STAR):** conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales.

**TRAMPA DE GRASA:** son sistemas diseñados y construidos para separar la grasa y aceite de las de las aguas residuales. Dichas grasas y aceites así separados quedan atrapados dentro del tanque de acero inoxidable dejando pasar por el sistema el agua "limpiada" que va a la alcantarilla.

**TRATAMIENTO PRIMARIO:** se realiza con el fin de remover parcialmente solidos suspendidos, materia orgánica y organismos patógenos y constituye un método de preparación del agua para el tratamiento secundario. Las ventajas de este tipo de tratamiento son reducción de los sólidos en suspensión (60%). Reducción de las DBO5 (35% a 40%), reducción de la cantidad de fango activado en exceso, separación del material flotante y homogenización parcial de los caudales y carga orgánica.

**TRATAMIENTO SECUNDARIO:** se emplea básicamente para remoción de DBO soluble y sólidos suspendidos e incluye, por ello, los procesos biológicos de lodos activados, lagunas aireadas, filtros precoladores, biodiscos y sistemas de lagunas de estabilización.

**TRATAMIENTO Terciario:** complementa los procesos anteriores siempre que las condiciones locales exijan eventualmente un grado más elevado de depuración o la remoción de nutrientes, para evitar la proliferación de algas

**TURBIEDAD:** es el aspecto del agua a causa de la presencia de sólidos en suspensión. Su intensidad puede servir para apreciar la concentración de estos.

**VERTIMIENTO:** descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.

## RESUMEN

### **TÍTULO DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA WELLQUEM DE COLOMBIA S.A.S.**

En el presente trabajo de grado se desarrolló una propuesta del mejoramiento de un sistema de tratamientos de aguas residuales industriales en la empresa Wellquem de Colombia SAS. Inicialmente, se realizó una previa revisión bibliografía de los diferentes tratamientos que se podían aplicar dependiendo de la actividad de la empresa, se realizó el diagnóstico del sistema que ya había sido implementado en la empresa y se identificó las deficiencias del diseño y el montaje que tenían instalado, se verificó el funcionamiento de los equipos involucrados en el proceso para poder reutilizar dentro del mejoramiento de la STAR. Por otra parte, se hizo una caracterización al agua que resulta del lavado de los equipos de producción y de la que se usa en el laboratorio de calidad de la empresa identificando sus principales contaminantes que no cumplen con la norma establecida por la resolución 631 de 2015, de acuerdo a los resultados se encontró que no cumple con los criterios de DBO, DQO y Grasas y Aceites.

Basados en la anterior información de la caracterización del agua y en los parámetro no cumplidos, se formuló una alternativa de mejora que consta en el cambio del tratamiento químico actual particularmente del coagulante y floculante para la etapa de clarificación por medio de pruebas de jarras, donde se varia la cantidad de los reactivos, obteniendo como resultado el 75 % de remoción siendo la mayor eficiencia de coagulante usando como Hidroxicloruro de Aluminio y de floculante el ALW250 equivalente a un polímero desestabilizador que actúa como coagulante y floculante con características menos corrosivas y un alto peso molecular.

Adicionalmente, se propone la implementación de una bomba dosificadora, la reincorporación del equipo de filtro después de su debido mantenimiento, y la realización del manual de operación y mantenimiento para su correcto funcionamiento.

Posteriormente, se realizó una caracterización final para constatar que las condiciones de las aguas estén de acuerdo a la norma exigida por el parque Portos de la Sabana, con base en los resultados obtenidos en los experimentos se formula la dosificación que se va a implementar, luego se prosigue con la selección de los equipos involucrados en el proceso y por último se realiza el estudio financiero de la viabilidad del proyecto por medio del método valor presente neto (VPN) con lo cual se justifica la ejecución del proyecto dentro de la planta.

**PALABRAS CLAVES:**

- Sistema de tratamiento.
- Aguas residuales.
- Mejoramiento.
- Prueba de jarras.

## INTRODUCCIÓN

Las industrias colombianas que generan vertimientos en los diferentes procesos que se realicen dentro de ellas, tienen uno de los mayores inconvenientes actualmente, el manejo y control los residuos que son enviadas a las redes de alcantarillado siendo uno de los factores que causan grandes problemáticas ambientales, es de gran importancia controlar la disposición y el manejo de aguas residuales, debido a que los entes que controlan la calidad de estos vertimientos han impuesto requisitos ambientales donde exigen que cumplan con los parámetros establecidos y cumplidos todas la empresas donde se generen, por esto la empresa Wellquem de Colombia SAS se ve obligada tomar medidas de control para los vertimiento que generan. De acuerdo con lo anterior, se analiza la viabilidad del mejoramiento de la STAR en instalaciones de la empresa, donde se proporcionara las bases y criterios sobre la etapa de clarificación de las aguas residuales en la cual se involucra coagulación, floculación y sedimentación al igual que la selección y reutilización de los posibles equipos eficientes para el proceso, con el fin que la empresa contemple desarrollar la ingeniería del montaje y así poder cumplir con los parámetros exigidos en la norma 631 del 2015 permitiendo al parque Portos de la Sabana el vertimiento de sus aguas en la red de alcantarillados.

Teniendo en cuenta que la empresa Wellquem de Colombia es una industria que se encarga de la fabricación jabones y detergentes, uno de los principales problemas que causa el uso de estos productos es que contienen ciertos aditivos, como perfumes, blanqueadores, abrillantadores y agentes espumantes (surfactante). Por el uso de estos compuestos es de gran preocupación cuando parte de su producción o materia prima es desechada directamente a los sistemas de acueducto sin ser tratada, una opción para su debido tratamiento corresponde a una trampa de grasas donde se realizan un barrido superficial manual de estas sustancias para ser más fácil la recuperación de los ácidos grasos que se encuentran en la superficie reduciendo un impacto tanto ambiental como económico.

Esta industria ha ido en crecimiento en los últimos 5 años lo que implica un aumento en la producción, en un promedio de 7 a 8%. En Colombia el mercado de detergentes es de unas 250.000 toneladas anuales <sup>1</sup>ya sea por consumo directo o indirecto, como en hogares, restaurantes o a nivel industrial ya que hay una gran cantidad de industrias que dependen de esta, por ejemplo esta la industria textil, cosmética, farmacéutica, metales, pinturas, cueros, papel y goma debido a que poseen propiedades similares como los son la dispersión, humectación y emulsión por ello se debe tener control en las industrias que los manejas para evitar mayor impacto a nivel ambiental.

---

<sup>1</sup> EL TIEMPO, planea abrir más plantas en el país y exportar a Centroamérica y el Caribe 25 de mayo de 2016 Luis Eduardo Palacios. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-14035774>.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una propuesta de mejora en el sistema de tratamiento de aguas residuales en la empresa Wellquem de Colombia S.A.S.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Diagnosticar el estado actual del sistema de tratamiento de aguas residuales.
2. Seleccionar la alternativa de mejora.
3. Determinar las especificaciones técnicas de la alternativa seleccionada.
4. Evaluar los costos del proyecto.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 HISTORIA

Wellquem de Colombia SAS en el 2017 cumple 30 años en el mercado ofreciendo productos de alta calidad para la aplicación, basándose en los grandes conceptos de mantenimiento industrial: la prevención y la corrección, ofreciendo soluciones que se adapten a cada necesidad, mediante la innovación y desarrollo en las diversas líneas de productos brindando un mejor servicio y satisfacción total del cliente. “Todo esto es posible gracias al equipo profesional de representantes en ventas, capacitado y experimentado para ofrecer una asesoría en la aplicación de los productos y a la capacitación del personal que garantiza una amplia cobertura a nivel nacional”<sup>2</sup>.

### 1.2 PRODUCTOS

La fábrica Wellquem de Colombia SAS dedicada a la elaboración de productos químicos y asesoría para mantenimiento industrial, aero naval e institucional, cuenta con dos líneas de producción identificadas como: Línea Institucional y Línea Industrial.

La producción de línea Institucional se especializa en: limpiadores, desinfectantes, removedores y protectores de superficie. Mientras la línea de producción industrial, trabaja en la elaboración de: limpiadores, desengrasantes, tratamientos para aguas de calderas y sistemas de enfriamiento; limpiadores eléctricos y electrónicos, aislantes removedores y productores de superficie; grasas y lubricantes sintéticos.

En los limpiadores para la industria, con énfasis en alimentos los más destacados son: CLEAN S9, CLEAN NB, WQ 9487, WELLGRASS, LAVAWELL, CRA OFF, BRILLALUM Y LSA 2. (**Anexo A**)

La línea de desengrasantes comprende la remoción de aceites y grasa minerales, al igual que las de origen animal y vegetal, encontramos solventes, hidrosolubles, emulsionables, permitiendo retirar los materiales extraños de las diversas superficies.

“Por otra parte la empresa cuenta con productos desinfectantes que disminuyen la presencia de agentes contaminantes en la industria de alimentos y farmacéuticas, los cuales se presentan en el **Cuadro 1**.”<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> REPORTERO INDUSTRIAL. Limpiadores, desengrasantes y desinfectantes para la industria. Disponible en: [www.reporteindustrial.com/temas/Limpiadores-desengrasantes-y-desinfectantes-para-la-industria+117829](http://www.reporteindustrial.com/temas/Limpiadores-desengrasantes-y-desinfectantes-para-la-industria+117829).

<sup>3</sup> *Ibíd.*,

**Cuadro 1.** Productos desinfectantes más comercializados

<b>NIVEL DE DESINFECCIÓN</b>	<b>PRODUCTOS</b>
ALTO Desinfección de alto nivel (DAN)	BACTERICIDA WGT PERACID-W DMO
MEDIO Desinfección de nivel intermedio (DIN)	BLANQUEADOR WB GEL BACTERICIDA BIO-BACT
BAJO Desinfección de bajo nivel	BIO-BACT BACTIWELL CFH-BACTERICIDA

**Fuente:** REPORTERO INDUSTRIAL. Limpiadores, desengrasantes y desinfectantes para la industria. Disponible en: [www.reporteindustrial.com/temas/Limpiadores-desengrasantes-y-desinfectantes-para-la-industria+117829](http://www.reporteindustrial.com/temas/Limpiadores-desengrasantes-y-desinfectantes-para-la-industria+117829).

“Igualmente Wellquem de Colombia no solo se enfoca en la parte de limpieza y desinfección, sino que además se preocupa por prologar la vida útil y mejora la eficiencia de los equipos, proporcionando tratamientos preventivos para aguas de calderas, torres de enfriamiento y chillers, así como lubricantes sintéticos, desincrustantes, evitando demoras en la producción, optimizando los costos de los procesos y brindando las mejores condiciones para el adecuado desarrollo de las actividades”<sup>4</sup>. (Ver **Cuadro 2**).

**Cuadro 2.** Tratamientos preventivos más comercializados.

<b>NIVEL DE DESINFECCIÓN</b>	<b>PRODUCTOS</b>
Tratamiento preventivo para agua de calderas	TAC-24 TAC-24P
Tratamiento preventivo para agua de torres de enfriamiento	OCR-26 OCR-13 TOWER FIT
Tratamiento preventivo para agua de Chillers	REFRI-RAD
Removedor de concreto	REMOVEDOR REPWELL

**Fuente:** REPORTERO INDUSTRIAL. Limpiadores, desengrasantes y desinfectantes para la industria. Disponible en: [www.reporteindustrial.com/temas/Limpiadores-desengrasantes-y-desinfectantes-para-la-industria+117829](http://www.reporteindustrial.com/temas/Limpiadores-desengrasantes-y-desinfectantes-para-la-industria+117829).

### 1.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La empresa Wellquem de Colombia SAS se encuentra ubicada en el Kilómetro 2,5 vía Siberia, en el parque industrial Portos Sabana Bodega 130, Cota, Cundinamarca.

---

<sup>4</sup> Ibíd.,

## 1.4 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

Wellquem de Colombia SAS es una fábrica con más de 28 años de experiencia, ofrece servicios para la solución de los problemas de higiene y mantenimiento industrial, aeronaval e institucional, brindando los mejores productos con una excelente asesoría técnica, y trabajando por la conservación de los recursos naturales.

Se encuentra dentro del parque industrial Portos de la Sabana, está distribuida en tres plantas, dividida en el área de producción y área de administración; en la primera planta se encuentra la zona de recepción, sala de espera, cocina, comedor, baño, laboratorio, oficina de jefe de calidad, y adjunto se encuentra la planta de producción, zona de almacenamiento, zona de descargue, materia prima. En la segunda planta está la oficina de gerencia y archivo, por último en la tercera planta se ubican las oficinas de contabilidad, recursos humanos, área de investigación, baño y 6 cubículos para el área de ventas. La distribución de planta de muestra en el **(Anexo B)**.

El reconocimiento y aceptación de nuestros clientes por la óptima calidad de los productos y la competitividad en el precio de los mismos, nos ha facilitado un permanente desarrollo, gracias al cual ha permitido a nuestra empresa, efectuar exportaciones a países vecinos y centro americanos.

“Hoy en día ofrece más de ciento cincuenta (150) referencias, entre ellas noventa (90) básicas y las demás lubricantes sintéticos”<sup>5</sup>.

## 1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Cuenta con una amplia gama de productos especializados, desarrollados con características únicas, que le ayudaran a solucionar sus necesidades. Tiene un amplio portafolio desarrollado y fortalecido día tras día con herramientas tecnológicas y capital humano, le ofrece variadas soluciones y diferentes métodos para lograr su objetivo en mantenimiento industrial.<sup>6</sup>

A continuación se describe el diagrama del proceso productivo que maneja la empresa, desde la solicitud de la materia prima, que depende del nivel de solicitud de los clientes, hasta la distribución donde no todos los productos cuentan con el mismo nivel de solicitudes. En la **Figura 1** se puede usar en procesos generales con algunos cambios, ya que son procesos productivos es homogéneo o para variantes al mismo tiempo, para ellos se debe considerar el equipo, tiempo y las

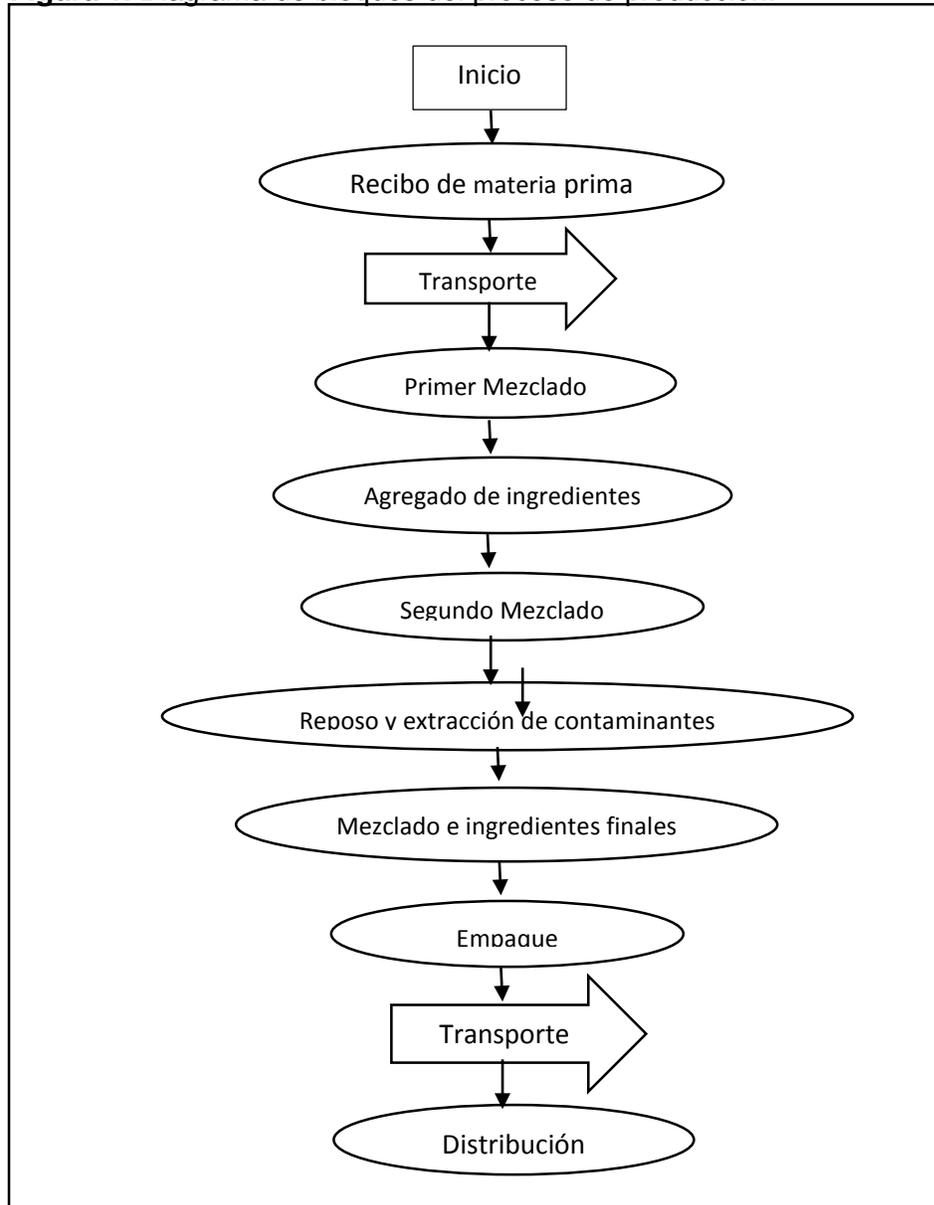
---

<sup>5</sup> WELLQUEM DE COLOMBIA SAS. Disponible en: <http://wellquem.com/nosotros.html>.

<sup>6</sup> *Ibíd.*,

operaciones a realizar, donde se usan formulaciones y composiciones diferentes que involucra la fabricación del producto.

**Figura 1.** Diagrama de bloques del proceso de producción.



### 1.5.1 Proceso de producción general.

**1.5.1.1 Recepción de materia prima.** En esta actividad se efectúa el recibo y almacenaje temporal de las materias primas necesarias para el proceso de fabricación de limpiadores industriales e institucionales. Se tiene en cuenta datos del proveedor, costos y cantidad de entrega.

**1.5.1.2 Transporte al área de producción.** Se traslada la materia prima necesaria al área de producción.

**1.5.1.3 Agregado de ingredientes.** En los tanques de producción se agregan los ingredientes principales y se realiza un mezclado homogenizando la solución.

**1.5.1.4 Reposo y extracción de contaminantes.** Se deja que la mezcla tome cuerpo y que tenga las características de producto terminado, si hay sustancias o se forman residuos se extraen.

**1.5.1.5 Agregado de ingredientes finales.** Se retoma el mezclado y se agregan los aromatizantes, perfumes, colorantes.

**1.5.1.6 Empacado.** Se depositan el galones de 2 y 5 litros ya que se venden por cantidades al por mayor.

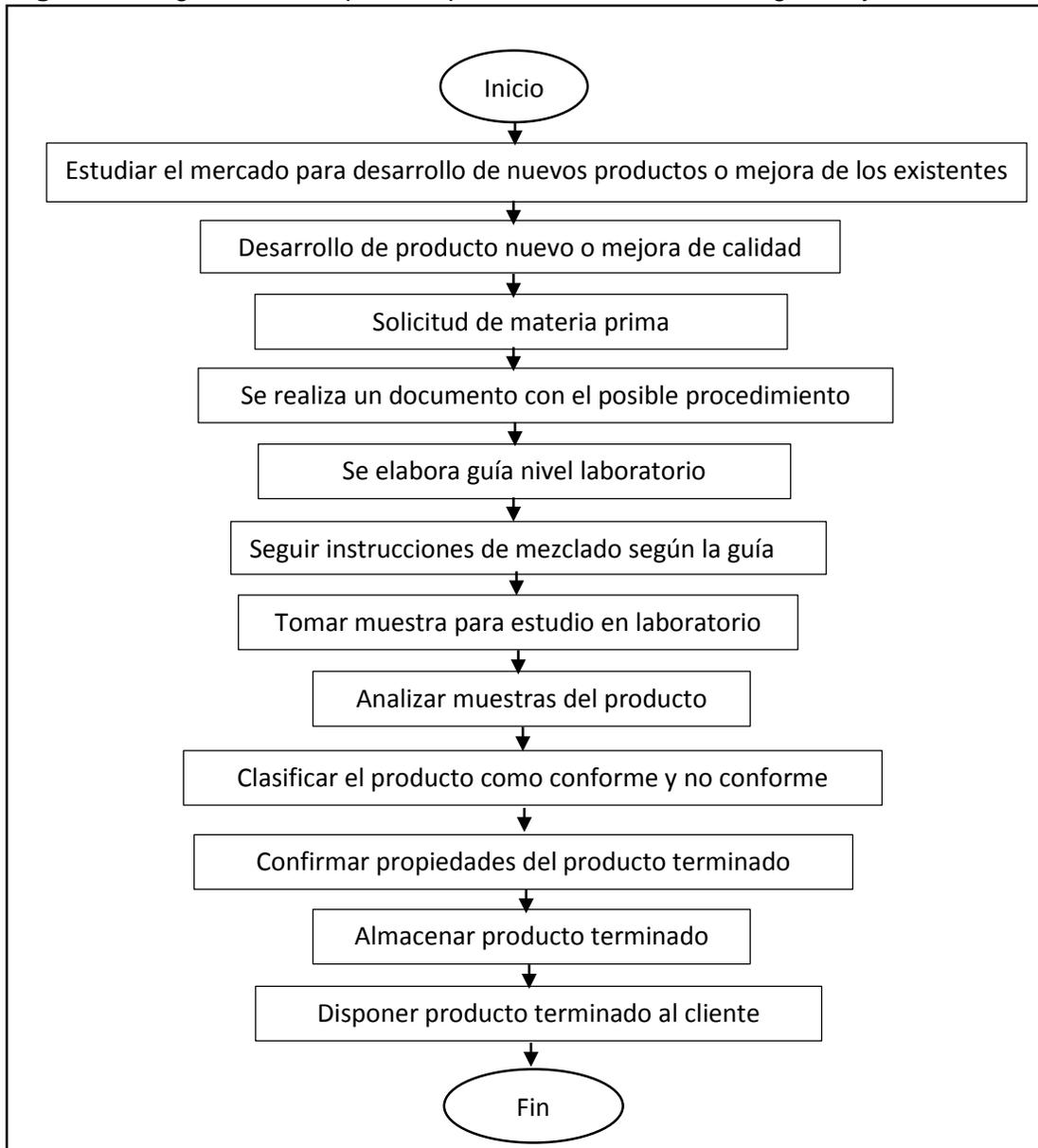
**1.5.1.7 Transporte.** Las unidades empacadas se llevan al área de almacenamiento donde se distribuyen cuando sean solicitadas

**1.5.1.8 Distribución.** Al momento que se hace la solicitud de los pedidos se procede a trasladar el producto a los camiones de distribución hacia su destino lo más pronto posible.

La empresa también cuenta con un área de investigación y desarrollo de producto, donde buscan mejorar la calidad de los productos actuales y crear nuevos dependiendo de la necesidad y la solicitud de los clientes, con los parámetros de calidad necesarios para sacar al mercado, para ello se tiene en cuenta el siguiente diagrama de procesos. Se debe contar con distribuidores de materia prima de calidad ya que de eso dependen las propiedades de los productos. El la **Figura 2** se detalla el proceso para llevar a cabo la producción de nuevos elementos, como desde la solicitud de la materia prima, las condiciones de elaboración ya que de acuerdo a las composiciones se tiene en cuenta el manejo oportuno antes de comenzar con el proceso de fabricación o desarrollo y asegurarse de que cumplen con los requerimientos de calidad necesarios.

Si el producto no es conforme se prosigue con el desecho y se sigue con el proceso anterior o se lleva al laboratorio nuevamente identificando la falla y mejorarlo para no tener perdida alguna; cuando el producto es conforme se lleva a la zona de empacado, etiquetado.

**Figura 2.** Diagrama de bloques del proceso de área de investigación y desarrollo.



## **2. MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se señalan los conceptos y características de los temas involucrados a lo largo del desarrollo del proyecto, ya que es necesario tenerlos claros para determinar la mejor alternativa de solución y generar una propuesta de mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas eficaz que cumpla con los requerimientos exigidos tanto por las normas como por la empresa involucrada.

### **2.1 AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales están compuestas por compuestos físicos, químicos y biológicos, es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos que quedan suspendidos o disueltos en el agua, se introducen en las tuberías y se transportan mediante los sistemas de alcantarillado. Las aguas residuales son vertimientos que provienen de procesos industriales, que han sido usadas para un proceso de fabricación, producción o manejo a nivel industrial y necesitan ser tratadas antes de ser desechadas, para que así puedan ser llevadas a una red de vertido; pueden ser instalaciones públicas o privadas, para luego ser depuradoras a los sistemas naturales como lagos, ríos o embalses.

Se consideran aguas residuales domésticas a los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales. Se denominan aguas residuales municipales a los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal; las aguas residuales industriales son aquellos que provienen de las descargas de industrias de manufactura. Aunque es esta clasificación también entran las aguas negras provenientes de inodoros, que contienen todo tipo de desecho humano, con sólidos suspendidos. Las aguas grises son aquellas que provienen de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, tienen gran impacto al momento de aportar Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos Suspendidos (SS), fósforo, grasas

### **2.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES**

Para medir la calidad del agua; a veces a simple vista se puede saber si el agua está contaminada por su olor o aspecto, pero esto no es suficiente para diagnosticar su estado por ello hay herramientas más importantes para la práctica de la ingeniería que son las mediciones cuantitativas ya que es importante dar una información detallada por medio de las diversas técnicas desarrolladas para medir la calidad de las aguas residuales. Los problemas se definen por medio de métodos analíticos que se desarrollan en el laboratorio o en el campo. Estos resultados son la base del diseño y control posterior para el seguimiento del proceso.

A continuación en el **Cuadro 3** se muestran algunos de los parámetros más importantes usados en la caracterización de aguas residuales.

**Cuadro 3.** Parámetros para la caracterización de aguas residuales.

	<b>Parámetro</b>	<b>Importancia en aguas residuales</b>
<b>Parámetros físicos</b>	Turbiedad	Indica la calidad de las aguas vertidas o naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión.
	Temperatura	Influye tanto en el desarrollo de la vida acuática, como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción.
	Color	Indica la edad de las aguas residuales
	Olor	Indica la descomposición de la materia orgánica y ayuda a evaluar la calidad del agua
	Sólidos Totales	Su presencia afecta directamente la cantidad de lodo que se produce en el sistema de tratamiento. Lo diferentes tipos de sólidos son los siguientes: sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV), sólidos suspendidos (SS), sólidos suspendidos volátiles (SSV), sólidos disueltos (SD), sólidos sedimentables (SSD).
<b>Parámetros químicos</b>	DBO	Indica la cantidad de oxígeno, utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aeróbicas.
	DQO	Determina el contenido de materia orgánica de las aguas residuales, oxidando casi completamente todos los compuestos orgánicos a CO <sub>2</sub> y agua
	pH	Es la medida de los iones de hidrogeno de la muestra
	Acidez	Condición del agua para disminuir el pH por debajo de 7. Es la capacidad cuantitativa de una solución acuosa para reaccionar con iones hidroxilo.
	Alcalinidad	Indica la cantidad de cambio que ocurría en el pH con la adición de cantidades moderadas de ácido, y proporciona información sobre las relaciones de iones bicarbonato y carbonato y la evolución de la química del agua
	Metales Pesados	Son imprescindibles para el normal desarrollo de la vida biológica, en bajas concentraciones pueden perjudicar a los seres vivos y bioacularse.

Algunos de los métodos de tratamientos contemplados para los procesos mencionados en el **Cuadro 3**, se resumen en el siguiente **Cuadro 4**.

**Cuadro 4.** Métodos de tratamiento.

Proceso		
Físico	Químico	Biológico
Desbaste de sólidos gruesos	Coagulación para neutralizar las cargas eléctricas de coloides y emulsiones	Lagunaje
Desarenado	Reacciones de neutralización	Lagunas aireadas
Eliminación de aceites y grasas en estado libre	Reacciones de precipitación	Biodiscos, biocilindros
Sedimentación o decantación de sólidos en suspensión.	Reacciones de oxidación-reducción	Filtros biológicos
Flotación para eliminar sólidos en suspensión generalmente mediante aire presurizado		Fangos activos
Filtración sobre arena u otros medios		Nitrificación, desnitrificación
Micro y ultra filtración		Digestión anaerobio
Evaporación		Otros

**Fuente:** SAINZ SASTRE, Juan Antonio. Tecnologías para sostenibilidad: procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales. Disponible en: [https://books.google.com.co/books?id=r9aK7UttDU8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.co/books?id=r9aK7UttDU8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true). Consultado en: 13 de Marzo de 2017.

### 2.3 FACTORES ESPECÍFICOS DE CONTAMINACIÓN

Las aportaciones significativas de contaminación que se enumeran seguidamente se han clasificado en función de los métodos de tratamiento que le son aplicables:

- **Elementos insolubles separables físicamente con o sin floculación.** Materias grasas, flotantes (grasas, hidrocarburos alifáticos, alquitranes, aceites orgánicos, etc.)
- **Elementos orgánicos separables por adsorción.** Colorantes, detergentes, compuestos macromoleculares.
- **Elementos separables por precipitación.** Metales tóxicos o no; Fe, Cu, Zn, Ni, Be, Ti, Al, Pb, Hg, Cr, precipitables en una zona de pH, sulfitos, fosfatos, sulfatos, fluoruros.
- **Elementos que necesitan una reacción de oxidación – reducción.** Cianuros, cromo, sulfuros, cromo, nitrito.
- **Ácidos y bases.** Ácido clorhídrico. Nítrico, sulfúrico y fluorhídrico; bases diversas.

- **Elementos que se adaptan a un tratamiento biológico.** Todos los elementos biodegradables por definición (azúcares, proteínas, fenoles). Los tratamientos biológicos pueden aplicarse también, a compuesto orgánicos tales como formol, la anilina y ciertos detergentes.

La contaminación de aguas origina problemas que se resumen de la siguiente manera en el **Cuadro 5**.

**Cuadro 5.** Problemas por la contaminación de efluentes industriales.

Problemas	Definición
<b>Problemas Higiénicos</b>	Posibilidad de transmisión de enfermedades (aguas de consumo, balnearios, contaminación de alimentos, etc.): Problemas de Toxicidad
<b>Problemas Económicos</b>	Mayor consumo de productos químicos en abastecimiento de agua. Mayor complejidad para el tratamiento de aguas para la industria, destrucción de ambiente de pesca, disminución del valor de las propiedades.
<b>Problemas Estéticos</b>	Alteración del aspecto naturalmente agradable del curso de agua y de las condiciones para el uso con fines recreativos y deportivos.

**Fuente:** INGENIERO AMBIENTAL. Efluentes industriales. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=835>.

Los efluentes industriales son portadores de sustancias que interfieren en el proceso y conservación biológica del cuerpo receptor como.

- **Sustancias Tóxicas.** Causan el envenenamiento crónico o agudo de los diferentes organismos presentes en el agua. (metales; Hierro, cromo, níquel, plomo, cadmio, mercurio).
- Sustancias consumidoras de oxígeno que desequilibran el balance de oxígeno del agua.
- Sustancias que generan olor, sabor, color o turbiedad.
- “Nutrientes que provocan la eutrofización de los cursos de aguas o lagos y lagunas”<sup>7</sup>.

## 2.4 SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES (STAR)

Un STAR es un conjunto de procesos y operaciones unitarias que se realizan en una estructura para que a través de métodos físicos, químicos y biológicos se remuevan contaminantes no deseables. El objetivo de un STAR es producir agua

<sup>7</sup> INGENIERO AMBIENTAL. Efluentes industriales. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=835>.

limpia o reutilizable en el ambiente al igual que reducir la cantidad de contaminantes en el agua como subproductos, residuos sólidos, o fango. En el **Cuadro 6** se muestran los distintos tratamientos englobados, el objeto de estos tratamientos y la naturaleza de los procesos que en ellos tienen lugar.

**Cuadro 6.** Etapas de tratamiento de aguas residuales ordenadas secuencialmente.

<b>Pretratamiento</b>	<b>Tratamiento primario</b>	<b>Tratamiento secundario</b>	<b>T</b>
<b>Eliminación de objetos gruesos, arena y grasas</b>	Eliminación de materia sedimentada y flotante.	Eliminación de materia orgánica disuelta o coloidal.	Eliminación de sólidos en suspensión, materia orgánica residual, nutrientes y patógenos.
<b>Operaciones básicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Desbaste.</b></li> <li>• <b>Tamizado.</b></li> <li>• <b>Desarenado.</b></li> <li>• <b>Desengrasado.</b></li> </ul>	Operaciones básicas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Decantación primaria.</li> <li>• Tratamiento físico-químicos (Coagulación – floculación).</li> </ul>	Procesos Básicos <ul style="list-style-type: none"> <li>• Degradación bacteriana.</li> <li>• Decantación secundaria.</li> </ul>	Procesos básicos <ul style="list-style-type: none"> <li>• Floculación.</li> <li>• Filtración.</li> <li>• Eliminación de N y P.</li> <li>• Desinfección.</li> </ul>
<b>Procesos Físicos</b>	Procesos Físicos y Químicos.	Procesos Biológicos.	Procesos Físicos, químicos y biológicos.

**2.4.1 Tratamientos de aguas residuales.** El objetivo del tratamiento de aguas es limpiar el agua usada en los procesos o contaminada, para así ser reutilizada en otro proceso o que pueda ser desechada al acueducto cumpliendo las normas de calidad.

Las características presentadas por las aguas residuales, como la presencia de sólidos y partículas abrasivas, hacen que sea necesario llevar a cabo una serie de tratamientos preliminares y primarios de dispositivos de retención, remoción y/o trituración, para que así se pueda cumplir con un tratamiento y los requerimientos establecidos que se describen en el **Cuadro 7**.

**Cuadro 7.** Tratamiento de aguas residuales.

Tipo de Tratamiento	Características
<b>Tratamientos preliminares</b>	Permiten aumentar la efectividad en los procesos que tiene como objetivo remover objetos grandes y abrasivos tanto por operaciones físicas, como por operaciones mecánicas la mayor cantidad. Entre las estructuras de este tratamiento se caracterizan las rejillas o tamices, desarenadores y tanques de igualación u homogenización. La operación depende de la procedencia del agua, la calidad final, las condiciones de las instalaciones etc.
<b>Tratamientos primarios</b>	Permiten remover los contaminantes sedimentables, sólidos suspendidos y flotantes por medio de procesos físicos y químicos. Pueden remover desde 40 a 55% de los sólidos en suspensión (SST) y de 25 a 35% de la Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5). Entre las estructuras de tratamiento primario se caracterizan los sedimentadores, los tanques de flotación, tanques imhoff y tanques de precipitación química.
<b>Tratamientos secundarios</b>	Permiten remover la materia orgánica soluble y suspendida mediante procesos biológicos (acción de microorganismos), pueden remover hasta el 85% de la DBO soluble, sólidos suspendidos, así como también de fósforo, metales pesados y bacterias patógenas. Adicionalmente, en el tratamiento secundarios de tipo biológico, la materia orgánica es utilizada como alimento de los microorganismos como hongos, bacterias, protozoos entre otros, para realizar así una transformación en el CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O, oxígeno o DBO y condiciones de Ph. Las estructuras más comunes son: Lagunas de estabilización, lodos activados convencionales, filtros percoladores y anaerobios etc.
<b>Tratamientos terciarios o avanzados</b>	Permite el refinamiento de los efluentes que se obtengan del tratamiento secundario mediante procesos con mayor grado de complejidad fisicoquímico y biológico. Con estos tratamientos se buscan remover, nitrógeno, Fósforo, sustancias orgánicas e inorgánicas entre otros.

**Fuente:** ÁVILA, Nazly Valentina & TENJO, Marta Natalia. Desarrollo de una propuesta de Mejoramiento de aguas residuales PTAR de la empresa Recticar. 2014.

**2.4.1.1 Pretratamientos y tratamientos primarios.** Para que el proceso pueda efectuarse normalmente, es necesario tener en cuenta los siguientes factores.

- Características del agua residual como: DBO, materia en suspensión, pH, productos tóxicos.
- Calidad del efluente de salida requerido.

Los pretratamientos de aguas residuales tienen como finalidad la reducción de sólidos en suspensión o el acondicionamiento de estas para su descarga o para pasar a la siguiente fase, que sería aplicar un tratamiento primario como: cribado, sedimentación, flotación, neutralización (y homogenización).

**2.4.1.2 Cribado.** Es una de las primeras operaciones que se pueden usar ya que es utilizada para separar objetos de diferentes tamaños de partículas que son arrastrados por la corriente de agua. El objetivo es proteger los equipos mecánicos e instalaciones posteriores que podrían ser dañados u obstruidos con perjuicio de los procesos que tuviesen lugar. La distancia o las aberturas de las rejillas dependen del propósito a usar y de las condiciones de mantenimiento se limpian mediante rastrillos que pueden ser manejados manualmente o accionados automáticamente. Para pequeñas alturas de la corriente de agua se emplean rejas curvas y para alturas mayores rejas longitudinales dispuestas casi verticalmente.<sup>8</sup>

**2.4.1.3 Flotación.** Este proceso es usado para separar sólidos de baja densidad o partículas líquidas de una fase líquida. La separación se lleva a cabo introduciendo un gas (aire por lo general) en la fase líquida sometido a un proceso de presurización para alcanzar una presión óptima entre 2 y 4 atm para alcanzar la saturación en aire del agua. Los sólidos en suspensión flotan debido a que las en el proceso de presurización se forman burbujas que las obliga a elevarse hacia la superficie. Los componentes básicos de un sistema de flotación son: bomba de presurización, sistema para inyección de aire, tanque de retención, válvula reductora de presión y tanque de flotación<sup>9</sup>.

**2.4.1.4 Neutralización (Homogenización).** El tratamiento de neutralización se utiliza normalmente en casos de depuración de aguas residuales, los métodos más usados son la homogenización donde se mezclan las corrientes, algunas son ácidas y otras alcalinas; la otra manera es controlando el pH, que consiste en la adición de ácidos (o bases) para neutralizar las corrientes alcalinas o ácidas.

Cuando se usa la homogenización en la neutralización es porque se tiene un tanque dispuesto para este proceso donde se busca aminorar las variaciones de ciertas corrientes de aguas residuales, intentando conseguir una corriente mezclada con caudal constante, también se tiene como objetivo aminorar las variaciones de DBO de afluente a los sistemas de tratamiento usando un tanque de homogenización a nivel constante.<sup>10</sup>

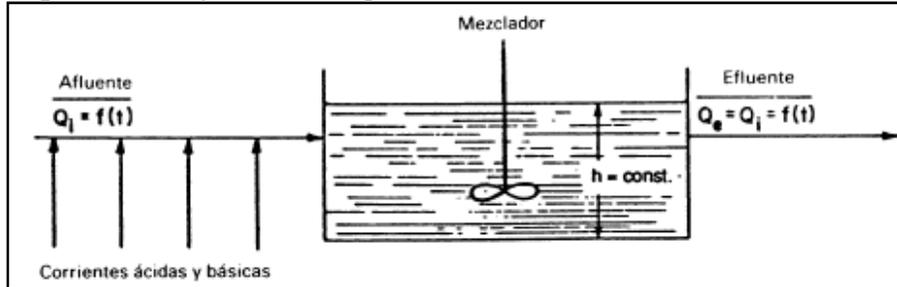
---

<sup>8</sup> R. S. Ramalho; Tratamiento de aguas residuales, Editorial REVERTÉ S.A, Faculty of Science and Engineering.

<sup>9</sup> *Ibíd.*, p. 146.

<sup>10</sup> *Ibíd.*, p. 159.

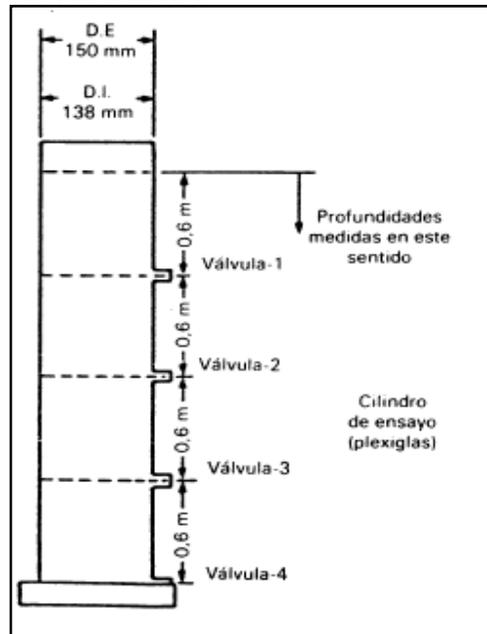
**Figura 3.** Tanque de homogenización constante.



**2.4.1.5 Sedimentación con floculación.** La sedimentación es la remoción de partículas más pesadas que el agua por acción de la fuerza de gravedad. Mediante este proceso eliminan materiales en suspensión empleando un tiempo de retención adecuado, los sólidos están constituidos generalmente por arenas o partículas microscópicas generadas por etapas anteriores de coagulación y floculación.

La sedimentación con floculación tiene lugar cuando la velocidad de sedimentación de las partículas aumenta, debido a efectos de coalescencia con otras partículas. Este tipo de proceso se realiza en una columna típica de sedimentación como la **Figura 4.**<sup>11</sup>

**Figura 4.** Columna de sedimentación de laboratorio.



<sup>11</sup> Ibid., p. 111.

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

- Sedimentación primaria para remover sólidos sedimentables y material flotante de aguas residuales crudas, reduciendo así el contenido de sólidos suspendidos.
- Sedimentación intermedia para remover los sólidos y crecimientos biológicos preformados en reactores biológicos intermedios, como los filtros percoladores de primera etapa.
- Sedimentadores secundarios para remover la biomasa y sólidos suspendidos de reactores biológicos, como los procesos de lodos activados y los filtros percoladores.
- Sedimentadores terciarios para remover sólidos suspendidos y floculados o precipitados químicamente, en plantas de tratamiento de aguas residuales.<sup>12</sup>

**2.4.2 Tratamiento secundarios.** Se disponen de estos tratamientos cuando se busca la remoción del DBO soluble y sólidos suspendidos, conocidos como procesos biológicos, se emplean para convertir la materia orgánica disuelta en el agua residual en floc sedimentable por medio de métodos como: lodos activados, filtros precoladores, electrocoagulación, electrooxidación y sistemas de lagunas así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes y sólidos inorgánicos que pueden ser removidos en tanques de sedimentación.

**2.4.3 Tratamientos terciarios.** En esta etapa del tratamiento se busca el refinamiento de los efluentes que resultaron de los tratamientos secundarios por medios de procesos más complejos de carácter fisicoquímico y biológico. Se busca remover en su mayoría compuestos como nitrógeno o fósforo para su disposición final usando: Adsorción con carbón activado, coagulación química y oxidación química

**2.4.3.1 Filtración.** Los materiales filtrantes granulados no retienen las materias coloidales, para obtener una agua limpia es necesario proceder a una coagulación antes de la filtración, en el mayor de los casos no se debe utilizar altas cantidades ya que el volumen de fangos que se produce puede ser muy fuerte y dar lugar a un atascamiento rápido en los filtros ya que las aguas tienen sólidos suspendidos elevados se añade el coagulante junto con un neutralizante para la corrección del pH, la dosis del coagulante fija la calidad del filtrado la velocidad de filtración está relacionada con la carga de agua a filtrar y la cantidad de residuos que contenga.<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales, Teoría y principios de diseño, p. 645.

<sup>13</sup> ORELLANA A. Jorge. Ingeniería sanitaria; Tratamiento de las aguas, Unidad 6, p. 56.

## 2.5 CLARIFICACIÓN DEL AGUA

La clarificación tiene por objeto retirar los sólidos suspendidos, sólidos finamente divididos y materiales coloidales, convirtiéndolos en partículas más grandes que se pueden remover con mayor facilidad. Es un proceso utilizado en sistemas de tratamientos de aguas municipales con el fin de obtener agua potable para consumo humano, también como en sistemas de tratamiento de aguas industriales que comprenden el tratamiento individual del agua provenientes de acueductos o empresas de acuerdo a su uso final, la clarificación incluye subprocesos de coagulación, floculación y sedimentación.

- **Coagulación.** Proceso de formación de pequeñas partículas gelatinosas mediante la adición de un coagulante al agua y a la aplicación de energía de mezclado, que desestabiliza las partículas suspendidas por neutralización de las cargas coloidales cargados negativamente, comienza en el mismo instante en que se agrega el coagulante y dura fracciones de segundos.

Este es el tratamiento más eficaz para la eliminación de impurezas en el agua y también puede representar un gasto elevado cuando no se realiza adecuadamente, la dosis del coagulante condiciona el funcionamiento de las unidades de sedimentación y es imposible realizar una buena clarificación si la cantidad de coagulante no es la adecuada <sup>14</sup>

- **Floculación.** Es el proceso mediante el cual se juntan las partículas desestabilizadas o coaguladas para formar un aglomerado más grande llamado floculo y se debe a un mecanismo de formación de puentes químicos o enlaces físicos. Operativamente la floculación se consigue recurriendo a una mezcla moderada que transforma las partículas coaguladas de tamaño submicroscópicas en suspendidas, discretas y visibles <sup>15</sup>
- **Sedimentación.** Es la remoción de partículas más pesadas que el agua por acción de la fuerza de gravedad. Mediante este proceso se eliminan materiales en suspensión empleando un tiempo de retención adecuado. Estos sólidos están constituidos generalmente por arenas, coloides agrupados mediante las etapas anteriores de coagulación y floculación.

En las plantas de tratamiento estos tres procesos, descritos anteriormente, tienen lugar en un mismo equipo denominado clarificador. <sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> COGOLLO FLORES, Juan Miguel. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: Caso de Hidroxicloruro de Aluminio. 2010, p. 2.

<sup>15</sup> *Ibid.*, p. 2.

<sup>16</sup> *Ibid.* p. 2.

## 2.6 AGENTES COAGULANTES

Los coagulantes son materiales químicos que se adicionan al agua para lograr la descarga de todas las partículas coloidales dando origen a la formación de medios más grandes (floculos), que sedimentan rápidamente.

**2.6.1 Coagulante convencional.** Los coagulantes más comunes que se usan en el tratamiento de aguas son compuestos inorgánicos de aluminio o hierro como el sulfato de aluminio, aluminato de sodio, sulfato ferroso, sulfato férrico, y cloruro férrico. Cada coagulante tiene un rango específico de pH donde tiene la mínima solubilidad y ocurre la máxima precipitación dependiendo de las características químicas del agua cruda. Con excepción del aluminato de sodio, estos coagulantes son sales acidas que disminuyen el pH del agua<sup>17</sup>.

**2.6.2 Coagulantes alternativos (PAC's).** En los últimos 25 años se ha desarrollado una nueva generación de coagulantes inorgánicos prepolimerizados tale como PAC's los cuales se comportan diferentes a los coagulantes convencionales en el proceso de clarificación debido a sus características de especificación química. Los PAC's tiene diferentes fases solidas en las reacciones hidrolíticas respecto a los coagulantes convencionales: los floculó de PAC's tienden a ser grupos de pequeñas esferas y estructuras tipo cadenas, mientras que los floculos de sulfato de aluminio son estructuras esponjosas y porosas la diferencia estructural hace que los PAC's produzcan una menor turbiedad en suspensión que el sulfato de aluminio.

Aunque los PAC's se consideran más eficientes se ven afectados por algunos factores como la composición del agua cruda y las condiciones de operación específicas<sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> Ibid. p. 20.

<sup>18</sup> Ibid. p.3.

**Cuadro 8.** Comparación de las características básicas entre el sulfato de aluminio y policloruros de aluminio (PAC's).

<b>Criterio</b>	<b>Sulfato de Aluminio</b>	<b>PAC's</b>
<b>Temperatura</b>	La temperatura afecta la hidrólisis y por ende la producción de complejos hidroxilos cargados positivamente esenciales para la coagulación	Menor efecto de la temperatura por la presencia de formas de aluminio prepolimerizadas
<b>Ph</b>	El rango de pH controla cual especie de hidroxilo de aluminio se produce	Se espera menor impacto del pH por la presencia de formas de aluminio prepolimerizadas
<b>Especie de Aluminio</b>	La mayoría de especies de aluminio son complejos hidroxilo monomericos	Presencia de formas de aluminio monomericas y poliméricas
<b>Cinética</b>	Más lenta	Más rápido

**Fuente:** COGOLLO FLORES, Juan Miguel. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: Caso de Hidroxicloruro de Aluminio. 2010, p. 2.

**2.6.3 Dosificación de coagulante y acondicionador de pH.** Dependiendo de las características fisicoquímicas del agua cruda, se requiere la adición o no de un acondicionador de pH, el cual debe seleccionarse por su fácil manejo, solubilidad completa y económica.

Las dosificaciones del coagulante se determinan por la realización de pruebas de jarras, dependiendo principalmente de la condición de turbiedad del agua cruda. La dosis optima se logra cuando para cada muestra se agua cruda con un valor de turbiedad determinado se logran los valores más bajos de turbiedad, sólidos y pH.<sup>19</sup>

**2.6.4 Velocidad de agitación.** La velocidad de agitación del equipo de clarificación está relacionada directamente con el número de colisiones entre las partículas suspendidas en el agua. Debido a las características propias del proceso de clarificación con Polihidroxicloruro de aluminio, donde se forman floculos de mayor tamaño y con mayor velocidad de sedimentación que los formados con sulfato de aluminio se requiere operar el equipo de clarificación a una menor velocidad de agitación que la usada con el último.<sup>20</sup>

**2.6.5 Costos del tratamiento.** Es uno de los factores más importantes para la selección de un coagulante y se calcula como el costo de las cantidades de coagulante y acondicionador de pH empleados por volumen m<sup>3</sup> de agua tratada. Se debe tomar en cuenta en costo global del tratamiento y no solamente el costo unitario de cada reactivo.

<sup>19</sup> Ibid. p. 8.

<sup>20</sup> Ibid. p. 9.

## 2.7 MARCO LEGAL

Para poder consolidar este proyecto es importante su justificación, validación e implementación de normas relacionadas con el tratamiento de aguas residuales; el proyecto debe estar acorde con las políticas tanto nacionales como regionales. La normatividad relacionada con el tratamiento de aguas residuales es extensa donde se incluyen tanto aspectos técnicos y económicos como ambientales. En Colombia la normativa que regula el vertimiento de aguas es amplio por lo que se tomaran las siguientes normas como referencia para evaluar las concentraciones de los parámetros.

- **Resolución 631 de 2015.** Esta resolución modifica el sistema de medición de los factores contaminantes que pueden presentarse en las aguas residuales; ahora se definen unos límites máximos de las concentraciones de cada uno de los parámetros contaminantes, clasificándolos por las diversas actividades económicas desarrolladas por las empresas, lo cual vuelve más exigente los requerimientos para obtener los permisos de vertimientos.

Las empresas que realizan vertimientos deberán solicitar los permisos tal como se viene realizando hasta la fecha, para estos permisos se debe seguir los siguientes ítems.

- Efectuar un análisis del agua, junto con un balance de materia o de masa y una caracterización del agua.
- Emitir los resultados a la autoridad ambiental.
- Obtener el permiso de vertimiento.

Es responsabilidad de las empresas efectuar los estudios correspondientes y entregar los resultados a la autoridad ambiental competente, quienes a su vez reportarán la información al Sistema de Información de Recurso Hídrico, la empresa debe analizar el grado de cumplimiento de los parámetros medidos de acuerdo a su actividad económica y establecer planes de acción para asegurar que se cumplan cada uno de ellos. Estos planes de acción deberán consignarse en sus programas de gestión ambiental correspondientes.

Dentro de los criterios que se deben cumplir son.

- Rangos de temperatura admisible para el agua residual a verter.
- Parámetros microbiológicos.
- Límites permisibles de Ingredientes activos plaguicidas.
- Límites permisibles de parámetros fisicoquímicos.

El ministerio de ambiente establece un tiempo de transición para la aplicación de la presente normativa de la siguiente forma.

- Si la empresa cuenta con el permiso de vertimientos actualmente y cumple con todos los parámetros exigidos a la fecha, se otorgan 2 años para efectuar la transición; por lo cual el plazo vence en marzo de 2017.
- Si la empresa cuenta con el permiso de vertimientos actualmente pero no cumple con todos los parámetros exigidos a la fecha, se otorgan 1,5 años para efectuar la transición; por lo cual el plazo vence en septiembre de 2016.

“Una vez cumplido el plazo, las empresas que no cumplan con los límites permisibles en sus aguas residuales podrán hacerse acreedores de sanciones y comparendos ambientales”<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> ALIADOS EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD. Resolución 631 del 2015. Disponible en: <http://atcalsas.com/normatividad/page/norma/norma/resolucion-631-de-2015>. Consultado en: 10 de Septiembre de 2017.

### 3. DIAGNÓSTICO

Actualmente la empresa Wellquem de Colombia SAS requiere para las líneas de producción aproximadamente de 4.000 L de agua dependiendo de la demanda del mercado, por tal motivo la organización tiene implementado un Sistema de Tratamiento de Agua Residuales (STAR), donde utiliza un tanque de almacenamiento para el agua residual con una capacidad de 40 L, y se ejecutan los procesos de coagulación y floculación.

De acuerdo con lo anterior, se realizó el diagnóstico del estado actual de los equipos utilizados en el proceso, identificando el funcionamiento actual de cada uno, posteriormente, se realizó la verificación del tratamiento químico que se implementaba en el proceso y así mismo se realizó la caracterización del agua teniendo en cuenta los parámetros que no se estaban cumpliendo como DBO<sub>5</sub>, DQO y grasas y aceites, basados en la resolución 631 del 2015.

#### 3.1 PROCESO ACTUAL DE LA STAR

El Sistema de Tratamiento de Agua Residual de la empresa Wellquem de Colombia SAS está dividido en las siguientes etapas.

- Clarificación, coagulación y Floculación.
- Remoción de sólidos suspendidos, Grasas y Aceites.
- Oxidación.
- Tratamiento microbiológico
- Disminución de DBO<sub>5</sub> Y DQO.

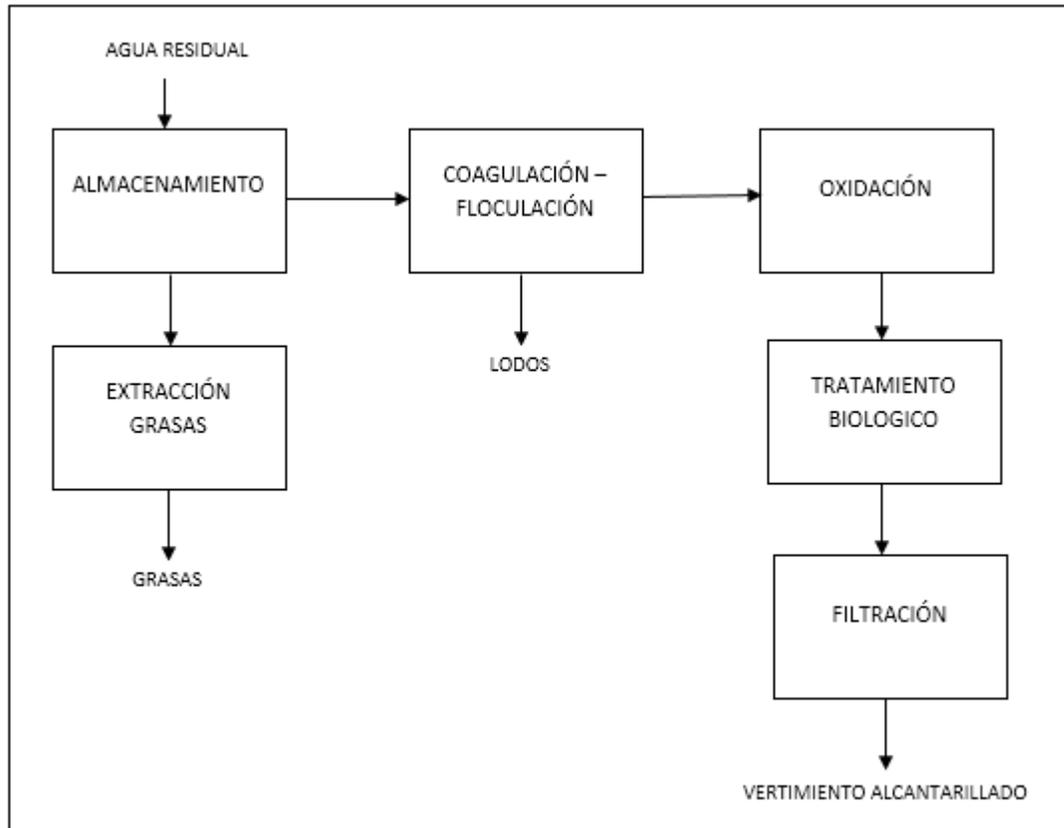
Para diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales se debe tener en cuenta las fases o la clasificación para plantear un sistema de tratamiento, a continuación se describe las etapas de acuerdo al funcionamiento actual de la STAR como se muestra en la **Figura 5**.

En la primera etapa se recolecta el agua residual, una vez recolectada pasa por una trampa de grasas, esta agua pasa al tanque de la etapa de coagulación – floculación donde se adicionan los reactivos que eran usados por la empresa como el ALW/250 y el Hidróxido de aluminio.

Una vez se realiza el proceso anteriormente mencionado, se genera dos procesos que se dividen en la clarificación del agua y la formación de las partículas las cuales se sedimentan y pasan a un tanque de depósito de lodos, por otra parte, para la clarificación del agua se conecta al tanque de coagulación - floculación a una bomba hidráulica para pasar a la etapa de oxidación con peróxido de hidrogeno, luego pasa por el filtro para finalizar la etapa de clarificación y posteriormente el agua que

resulte pasa a la última fase que correspondiente a un tratamiento microbiológico por medio de bacterias que tiene una duración de 3 días.

**Figura 5.** Diagrama del proceso (STAR).



### 3.2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y CAUDALES DE LA STAR

Al realizar el diagnóstico de los equipos usados en el proceso del sistema de tratamientos, se evidenció el estado actual con sus previas características y funcionamiento de los mismos.

**3.2.1 Equipos.** A continuación se describen los equipos involucrados en el sistema de tratamiento de aguas residuales.

**3.2.1.1 Tanque de almacenamiento.** En este tanque se vierten los fluidos que corresponden al agua usada en el laboratorio y la que es empleada para la limpieza de los tanques de producción (Ver **Figura 6**) está fabricado en polietileno. Sus características generales se muestran en la **Tabla 1**. En este momento el tanque se encuentra en buen estado y su condición hace posible la reutilización del mismo.

**Tabla 1.** Características del tanque de almacenamiento.

Características	Información del equipo
Capacidad total	2000 L
Material	PVC
Uso	Almacenamiento de agua residual

**Figura 6.** Tanque de almacenamiento.



**3.2.1.2 Tanque de trampa de grasas.** En este tanque se busca la separación de los residuos sólidos y las grasas para evitar que las tuberías y conductos que están involucrados en la STAR no presenten obstrucciones y asegurar su funcionamiento. (Ver **Figura 7**). Actualmente, las rejillas no se encuentran funcionando correctamente debido a que no se ha realizado el mantenimiento correspondiente, sin embargo, si se realiza una extracción de grasas donde se retiren los sólidos a través de un arrastre manual estas pueden ser usadas en el proceso propuesto. Sus características generales se muestran en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Características del tanque de trampa de grasas.

Características	Información del equipo
Capacidad	208 L
Diámetro superior e inferior	88 – 83 cm
Material	PVC

**Figura 7.** Tanque de trampa de grasas.



**3.2.1.3 Tanque de coagulación y floculación.** Es este tanque se adiciona el ALW/250 que funciona como coagulante y floculante (Ver **Figura 8**). Actualmente, el tanque se encuentra en condiciones de ser reutilizado debido a las propiedades del material y a su capacidad de almacenamiento, teniendo en cuenta que este proceso no es continuo debido que depende de la demanda de producción de la empresa. Sus características generales se muestran en la **Tabla 3**.

**Tabla 3.** Características del tanque de coagulación y floculación.

Características	Información del equipo
Capacidad	200 L
Diámetro superior e inferior	88 – 83 cm
Material	PVC

**Figura 8.** Tanque de coagulación y floculación.



**3.2.1.4 Bomba hidráulica.** Este equipo es usado con el fin de transportar el agua de un tanque a otro que está en diferentes niveles de la STAR (Ver **Figura 9**). La condición actual de la bomba es óptima para el proceso a plantear, sin embargo es necesario realizar una previa revisión técnica para el momento de ser utilizada tenga un correcto funcionamiento. Sus características generales se muestran en la **Tabla 4**.

**Tabla 4.** Características de la Bomba hidráulica.

Características	Información del Equipo
Modelo	C55MWKBB-4798
Voltaje	115/230 V
Revoluciones	3450 rpm
HZ	60

**Figura 9.** Bomba hidráulica.



**3.2.1.5 Tanque de reacción.** En esta etapa se realiza la oxidación fuerte donde se usa peróxido de hidrogeno para reducir la carga de DBO y DQO (Ver **Figura 10**). Sus características generales se muestran en la **Tabla 5**. Actualmente el tanque se encuentra en buen estado sin embargo, esta etapa no se contemplará para el proceso actual debido a que no es necesario y le genera costos adicionales a la empresa.

**Tabla 5.** Características del tanque de reacción.

Características	Información del equipo
Capacidad	208 L
Diámetro superior e inferior	88 – 83 cm
Material	PVC

**Figura 10.** Tanque de reacción.



**3.2.1.6 Filtro.** Este equipo es utilizado para reducir los sólidos y los residuos que quedan después del tratamiento inicial correspondiente a la etapa de coagulación y floculación (Ver **Figura 11**). Al realizar el diagnóstico del filtro se identificó que actualmente no se encuentra en funcionamiento debido a un taponamiento ocasionado por la cantidad de sólidos que no eran previamente tratados sin embargo, se debe realizar el mantenimiento del mismo para ser contemplado como equipo en el tratamiento a implementar.

**Figura 11.** Filtro.



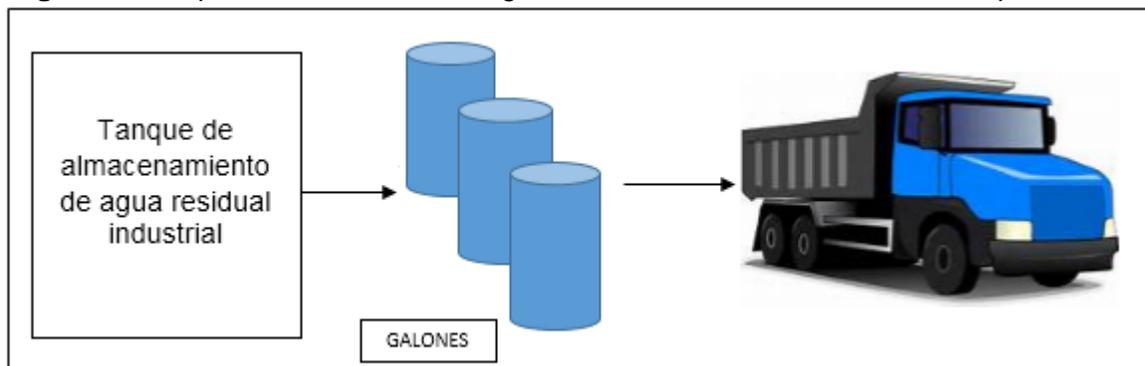
### 3.3 SISTEMA ACTUAL IMPLEMENTADO PARA AGUAS RESIDUALES

La recolección del agua residual se toma del lavado de los tanques al final de la producción, adicionalmente, se toma el agua usada en el laboratorio para lavado de los instrumentos y de los equipos involucrados en el sistema de tratamiento lo que implica el gasto de 650 litros semanal.

El tratamiento mencionado con anterioridad que se realizaba en la empresa dejó de funcionar aproximadamente en el 2015 (**Figura 5**). Actualmente, se implementan otras formas de eliminación del agua como el almacenamiento dentro de galones mientras se realizaba el contrato de empresas externas para que la trasladaran y la depuraran después de que las trataran (**Figura 12**).

En el **Anexo C** se muestran los gastos que implican este proceso además de los inconvenientes dentro de la empresa ya que se acumulan los tanques dentro de la bodega de producción ocupando un gran espacio.

**Figura 12.** Disposición actual de las aguas residuales industriales de la empresa.



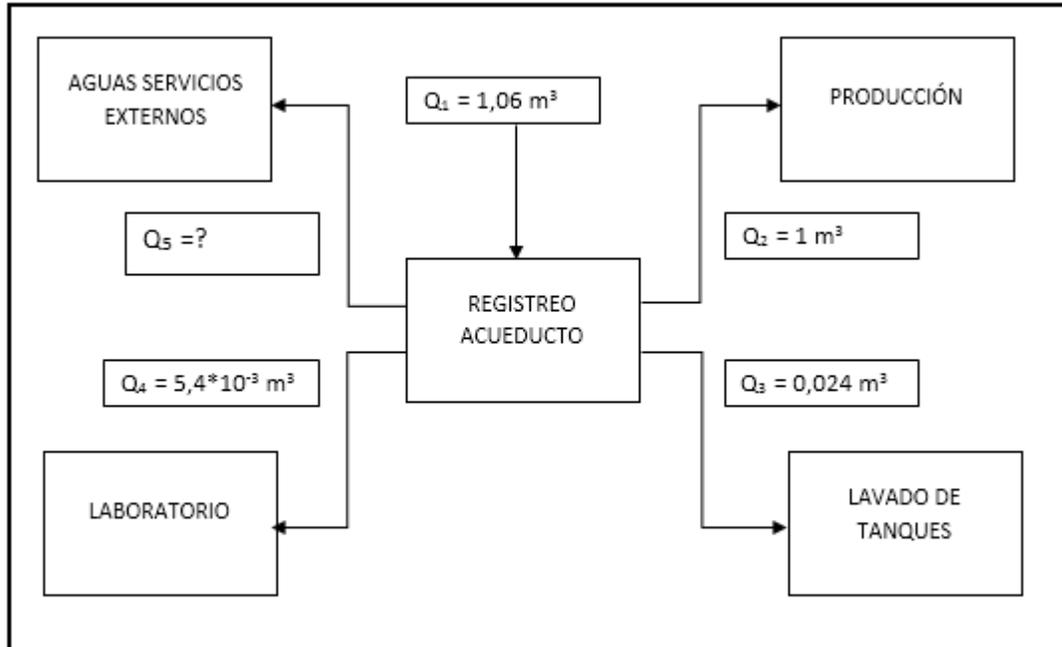
**3.3.1 Desventajas de la disposición del agua residual.** Este método para la disposición de las aguas residuales actualmente es un gasto económico para la empresa a largo y mediano plazo, actualmente la empresa encargada es Ecofuel. Con estos gastos la empresa podría destinar estos recursos a la implementación del Sistema tratamiento o al desarrollo de nuevos productos que les permita competir en el mercado ya que es tan diversificado.

### 3.4 BALANCE DE MASA Y AGUA

El balance de agua que se realiza a continuación muestra el agua residual Industrial generada de 8 meses contemplado entre agosto de 2016 a marzo de 2017 lo cuales se obtuvieron mediante un control de registros del gasto de agua en el laboratorio, producción y lavado de tanques que se lleva por parte de la empresa y registro del acueducto.

**3.4.1 Balance de masa.** El balance de agua que se realiza a continuación muestra el agua residual Industrial generada de 8 meses contemplado entre agosto de 2016 a marzo de 2017 lo cuales se obtuvieron mediante un control de registros del gasto de agua en el laboratorio, producción y lavado de tanques que se lleva por parte de la empresa y registro del acueducto, los cuales se muestran en el **Anexo D**. las entradas de corriente se muestran en la **Figura 13**.

**Figura 13.** Entradas y salidas de corrientes de agua de la empresa Wellquem de Colombia SAS.



**Tabla 6.** Entradas de corriente de agua residual.

	Proceso	Cantidad de agua mensual m <sup>3</sup>	Cantidad de agua diaria m <sup>3</sup>
<b>Q1</b>	Registro del acueducto	21,375	1,069
	<b>Total</b>	<b>21,375</b>	<b>1,069</b>

**Tabla 7.** Salida de corrientes de agua.

	Proceso	Cantidad de agua mensual m <sup>3</sup>	Cantidad de agua diaria m <sup>3</sup>
<b>Q2</b>	Producción	20	1
<b>Q3</b>	lavado de tanques	0,48	0,024
<b>Q4</b>	Laboratorio	0,011	5,28*10 <sup>-4</sup>
<b>Q5</b>	Servicios externos	0	0
	<b>Total</b>	<b>20,49</b>	<b>1,024</b>

Para determinar la cantidad aproximada de agua gastada diariamente se tomaron 20 días por cada mes, debido a que los días de producción corresponden a este Valor.

**Ecuación 1. Ecuación de balance.**

$\begin{aligned} \text{Entrada} &= \text{Salida} \\ e\text{Entrada} - \text{Salida} - \text{Perdidas} &= 0 \\ Q_1 &= Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \\ \\ Q_5 &= Q_1 - Q_2 + Q_3 + Q_4 \\ Q_5 &= 1,06875 - 1 - 0,024 - 0,000528 \\ Q_5 &= 0,044222 \end{aligned}$
--

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

$\begin{aligned} 1,069 \text{ m}^3 &= 1\text{m}^3 + 0,024 \text{ m}^3 + 0,000528 \text{ m}^3 + 0,044 \text{ m}^3 \\ 1,069 \text{ m}^3 &= 1,0689 \text{ m}^3 \\ \text{Pérdidas} &= 1,069\text{m}^3 - 1,069 \text{ m}^3 = 0 \end{aligned}$
--

De acuerdo con el resultado anterior se evidencia que las pérdidas son mínimas teniendo en cuenta que el valor aproximado es de 0,005 m<sup>3</sup> del agua en el sistema.

El agua residual diaria generada por la empresa corresponde al agua usada para el lavado tanques y el agua gastada en el laboratorio.

$\begin{aligned} \text{Agua Residual} &= Q_3 + Q_4 \\ \text{Agua Residual} &= 0,024 \text{ m}^3 + 0,000528 \text{ m}^3 \\ \text{Agua Residual} &= 0,025 \text{ m}^3 \end{aligned}$
--

**3.5 CARACTERIZACIÓN AGUAS RESIDUALES WELLQUEM DE COLOMBIA**

Para iniciar el proyecto del sistema de tratamiento de aguas de la empresa Wellquem de Colombia se tomó en cuenta los datos obtenidos de una caracterización que realizaron con anterioridad.

**3.5.1 Composición de las aguas residuales.** La forma como se puede expresar las características que tiene una agua residual puede ser de muchas maneras, pero esto depende de la proveniencia de esta, para ello es necesario el muestreo y el análisis apropiado para asegurar que los resultados sean válidos y así se asegura una exactitud de los resultados. Para un muestreo de caracterización y control de calidad de aguas es necesario un análisis cuidadoso de las muestras, con un mínimo de muestras y que parámetro se debe analizar, aunque en Colombia hasta

ahora se están tomando medidas radicales para las empresas que no cumplen con los mínimo requerimientos por el nivel de contaminación de nuestro efluente como el río Bogotá que está en proceso de descontaminación. Por ello se ha determinado un análisis de las aguas residuales de las empresas antes de llevarlas a los desagües.

En la **Tabla 8** se muestran los componentes y características obtenidos en los análisis de aguas residuales de la empresa Wellquem de Colombia S.A.S, con los requisitos máximos permisibles, realizados por el laboratorio Hidrolab que los realizaron teniendo en cuenta la normatividad ambiental aplicada respecto a las condiciones del vertimiento, origen de la descarga y disposición de los residuos líquidos generados de acuerdo a la actividad productiva de la empresa. (**Anexo D**)

**Tabla 8.** Comparación de los resultados con la resolución 0631 de 2015.

Parámetro	Unidades	Resultados	Resolución 631 de 2015 (carga menos o igual a 625 Kg/día)	Concepto
pH	Unidad	8,20	Min 6,00 - Max 9,00	Cumple
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	mg/L	275	180	No cumple
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mg/L	378	90	No cumple
SST (Sólidos Suspendedos Totales)	mg/L	88	90	Cumple
SSED Sólidos Sedimentables	mg/L	0,3	5	Cumple
Grasas y Aceites	mg/L	32	20	No cumple
Fenoles	mg/L	<0,02		
SAAM Sustancias Activas a e Azul de Metileno		1,1	Análisis y Reporte	---
Hidrocarburos Totales	mg/L	<5	Análisis y Reporte	---
Ortofosfatos (Fosfatos)		26,4	Análisis y Reporte	---
Fosforo Total	mg/L P	16,9	Análisis y Reporte	---
Cloruros	mg/L Cl	140	Análisis y Reporte	---
Sulfatos	mg/L SO4	<1	Análisis y Reporte	---

Fuente: HIDROLAB COLOMBIA LTDA. (2016).

Adicionalmente, con el fin de verificar los parámetros que no se están cumpliendo de acuerdo a la resolución 631 del 2015, se recolectó en un tanque muestras de agua residual de la producción semanal, por tal motivo se realizó una segunda

caracterización del agua (**Anexo E**) como se muestra en la **Tabla 9** debido a que los análisis tomados por la empresa corresponden al año 2017.

**Tabla 9.** Comparación de los resultados de la segunda caracterización con la resolución 0631 de 2015.

Parámetro	Unidades	Resultados	Resolución 631 de 2015 (carga menos o igual a 625 Kg/día)	Concepto
pH	Unidad	8,70	Min 6,00 - Max 9,00	Cumple
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	mg/L	330	250	No cumple
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mg/L	860	500	No cumple
SST (Solidos Suspendidos Totales)	mg/L	2500	630	No Cumple
Grasas y Aceites	mg/L	50	15	No cumple

Fuente: LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL UNIVERSIDAD NACIONAL. (2017).

## 4. ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL

En este capítulo se explicarán y evaluarán a nivel laboratorio las alternativas para el tratamiento de agua residual, realizando una descripción en cada una de ellas con el fin de identificar la mejor alternativa para tratamiento de agua residual en la empresa Wellquem de Colombia SAS.

### 4.1 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE MEJORA

De acuerdo a la necesidad de la empresa y las condiciones del agua residual que se identifican en el diagnóstico inicial, se evidenció que el proceso actualmente no es eficiente debido a que no se está cumpliendo con los parámetros establecidos según la **Tabla 9**, donde la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) que tiene una carga de 330 mg/L y la permitida es 250 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) con una carga de 860 mg/L y la adecuada debe ser 500 mg/L, la carga obtenida de grasas y aceites de 50 mg/L y esta debe ser de 15 mg/L y solidos suspendidos totales tiene una carga de 2500 mg/L y debe ser de 80 mg/L.

Para poder disminuir la cantidad de los parámetros mencionados anteriormente fue necesario realizar una previa revisión bibliográfica de los diferentes procesos seleccionados que son acordes al tratamiento químico implementado por la empresa y que no implican gastos adicionales para esta, debido a que se puede utilizar los equipos y reactivos que fueron usados anteriormente. Por tal motivo, se evaluaron las etapas del proceso planteando el mejoramiento de las mismas con las características del agua residual las cuales se describen a continuación.

### 4.2 TRATAMIENTO QUÍMICO

Para la selección del tratamiento químico se utilizó un equipo de jarras el cual contiene tres beakers de 600 ml y maneja la velocidad en rpm, teniendo en cuenta esta información se realizaron 6 ensayos alternando los coagulantes y floculantes para obtener la dosificación correcta y el reactivo adecuado para el agua residual que maneja esta industria. A continuación se describen las principales características de los reactivos utilizados en el test de jarras.

**4.2.1 Coagulantes utilizados en el ensayo de jarras.** A continuación se nombran los coagulantes usados en el ensayo de jarras de las pruebas para el agua residual.

- **ALW 250.** Polímero desestabilizador de cargas que permiten una completa coagulación de solidos presentes en el agua y posterior floculación que permite obtener los niveles de turbidez y de color que se requiera. Excelente en la remoción de hierro y para clarificar aguas con altos niveles de color. (**Anexo F**)

- **Hidroxiclорuro de Aluminio.** Se desempeña efectivamente como coagulante inorgánico para aguas tanto potables como residuales, empleado como coagulante-floculante en clarificación para condiciones de alta turbiedad sin disminuir el pH.<sup>22</sup>
- **Sulfato de Aluminio.** Producto obtenido generalmente por la reacción entre el ácido sulfúrico y una fuente rica en aluminio es utilizado en la industria de papel en el proceso en colado como coagulante para tratamiento de aguas potables piscinas en la fabricación de detergentes en la industria petrolera y tratamiento de aguas residuales <sup>23</sup>

**4.2.2 Floculantes utilizados en el ensayo de jarras.** A continuación se nombran los floculantes usados en el ensayo de jarras de las pruebas para el agua residual.

- **ALW 250.** Polímero desestabilizador de cargas que permiten una completa coagulación de sólidos presentes en el agua y posterior floculación que permite obtener los niveles de turbidez y de color que se requiera. Excelente en la remoción de hierro y para clarificar aguas con altos niveles de color. (**Anexo F**)
- **PROFLOC 932.** Poliacrilamida una especie de polielectrolito soluble en agua, no tóxico, insípido, soluble en agua fácilmente e insoluble en disolventes orgánicos, tales como etanol y acetona. Es utilizado como agente deshidratante, agente de refuerzo, agente de retención y como agente de filtración para el tratamiento de aguas residuales.<sup>24</sup>

A continuación en la **Figura 14** se esquematiza la metodología que se debió seguir para el procedimiento de Coagulación- Floculación con los reactivos anteriormente mencionados.

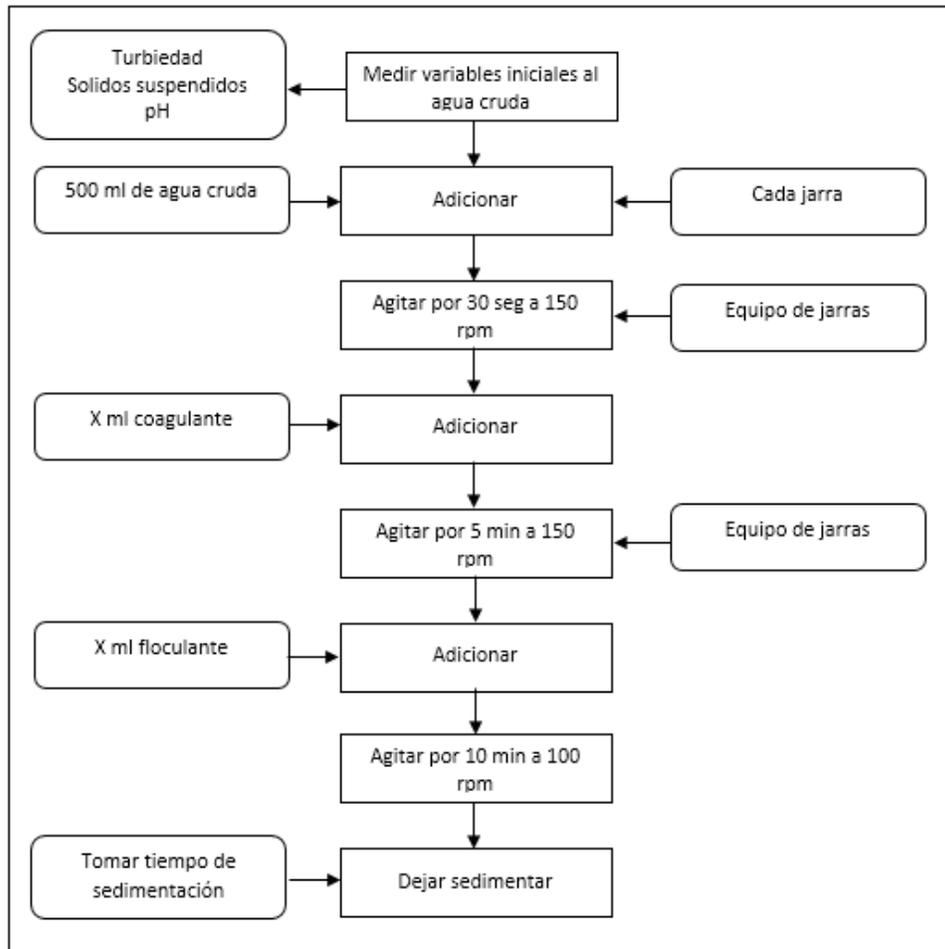
---

<sup>22</sup> QUINSA QUÍMICA INTEGRADA S.A. Hidroxiclорuro de aluminio. Disponible en: <http://quinsa.com.co/modulos/pagina/vista/producto/index.php?id=9>. Consultado en: Octubre de 2017.

<sup>23</sup> *Ibid.*,

<sup>24</sup> CHINAFLOC. Expert of water- Solublepolymer. Disponible en: [http://www.chinafloc.com/es/Poliacrilamida-catinica-para-tratamiento-de-aguas-residuales-industriales\\_784.htm](http://www.chinafloc.com/es/Poliacrilamida-catinica-para-tratamiento-de-aguas-residuales-industriales_784.htm). Consultado en: Octubre de 2017.

**Figura 14.** Metodología ensayo de jarras para Coagulación- Floculación.



**4.2.3 Mejoramiento del sistema en la alternativa coagulación- floculación.** Un mejoramiento de este sistema podría ser la implementación de una bomba dosificadora (**Anexo G**) con el fin agregar la correcta concentración de la sustancia química a utilizar de acuerdo al reactivo que se considere las más óptimo.

En el **Cuadro 9** se describen las ventajas y desventajas de la alternativa Coagulación y Floculación.

**Cuadro 9.** Ventajas y desventajas coagulación y floculación.

Ventajas	Desventajas
Equipo sencillo	Eficacia menor a la precipitación
Se puede disminuir de 80 a 90% de materia total suspendida	La cantidad de lodos es más elevada que usar métodos biológicos.
Disminuye en un 40 a 65% del DBO.	Se hace uso de reactivos químicos.

**Fuente:** PÉREZ, Jorge Eduardo. Boletín electrónico informativo sobre productos y residuos químicos. Lima, Perú. 2009.

### 4.3 SEDIMENTACIÓN

“Se define como operación física en la que se aprovecha la fuerza de gravedad que hace una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador. Esta operación será más eficaz cuanto mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas a separar del agua, es decir, cuanto mayor sea su velocidad de sedimentación, siendo el principal parámetro de diseño para estos equipos”<sup>25</sup>.

**4.3.1 Mejoramiento del sistema en la alternativa de sedimentación.** Para esta etapa se contempló un mejoramiento teniendo en cuenta el tiempo de sedimentación de acuerdo al reactivo previamente seleccionado en la primera etapa correspondiente al proceso de coagulación-floculación; teniendo en cuenta que el proceso anterior manejado por la empresa se demoraba entre 6 a 8 horas.

### 4.4 FILTRACIÓN

“La filtración es una operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión”<sup>26</sup>.

Con este método se busca mejorar la eficacia que se realiza después del proceso de Coagulación- Floculación.

---

<sup>25</sup> RODRIGUEZ FERNÁNDEZ-ALBA, Antonio et al. Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. CEIM, Dirección general de Universidad e Investigación. España. 2006. Disponible en: [https://www.madridma.sd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2\\_Tratamientos\\_avanzados\\_de\\_aguas\\_residuales\\_industriales.pdf](https://www.madridma.sd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2_Tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf). 2006. p.19.

<sup>26</sup> *Ibid.*, p. 21.

#### 4.4.1 Filtro a base de carbón activado y gravilla.

**Figura 15.** Filtro de carbón activado y gravilla.



En esta alternativa se realizó un toma de muestra de agua residual después de realizar el proceso de coagulación-floculación, pasando la muestra por un filtro que contenía carbón activado y gravilla dentro de un cilindro con una boquilla que permitía el paso del agua para su respectiva clarificación, sin embargo este proceso tarda aproximadamente 1 hora por cada muestra correspondiente a 500 ml.

De acuerdo con lo anterior, se evidencio clarificación en las muestras de agua, sin embargo, es un proceso demorado e implicaría gastos adicionales para la empresa por la compra del equipo, materia prima y mantenimiento.

**4.4.2 Mantenimiento del filtro de la empresa.** Actualmente la empresa cuenta con un equipo de filtración el cual no se encuentra funcionando debido a mal uso que tenían los operarios al momento de la conexión y el mantenimiento no era el adecuado ya que se generaba constantes taponamientos.

Con el fin de optimizar costos en la empresa, se sugiere realizar el mantenimiento del mismo para que sea utilizado en el proceso a plantear.

#### 4.5 PROCESOS DE OXIDACIÓN

Sirven para eliminar o transformar materia orgánica y materia inorgánica oxidable<sup>27</sup>. Para ello se usan oxidantes como ozono, peróxido de hidrógeno, permanganato de potasio, hipoclorito de sodio o calcio, cloro (precloración) y oxígeno.

---

<sup>27</sup> ANALIZA CALIDAD Op., Cit.,

Esta etapa no se contempló en el proceso de oxidación como alternativa de mejora, debido a que no es necesaria para el tipo de agua que maneja la empresa.

## 5. EVALUACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE MEJORA

En este capítulo, se realizaron una serie de modificaciones dentro del proceso que se lleva a cabo en el sistema de tratamiento, con el fin de generar mejores resultados que los presentados en el tratamiento actual. Para ello, se debe tener en cuenta que para obtener dichas mejoras es necesario hacer una serie de modificaciones tanto operativas como técnicas.

Adicionalmente, durante la jornada de mantenimiento se llevó a cabo la limpieza manual a las rejillas, haciendo mejoras en cuanto a la estructura y las tuberías de la conexión dentro del sistema de tratamiento de aguas residuales que ya tenía implementado la empresa. Esto con el fin de optimizar el proceso evitando costos adicionales como la compra de equipos con los cuales ya cuenta la empresa y pueden ser utilizados nuevamente en la mejora del proceso.

### 5.1 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Evaluando las alternativas anteriormente mencionadas y haciendo énfasis en el tratamiento químico se seleccionaron dos procesos de tratamiento primario: Coagulación- Floculación y filtración, se resolvió estudiar estas alternativas teniendo en cuenta las ventajas que tienen cada una de éstas, donde permite obtener aproximadamente un 75% de remoción del DBO5 y DQO.

**5.1.1 Proceso de coagulación- floculación.** Para el desarrollo del proceso de Coagulación- Floculación tanto del montaje como del procedimiento experimental, se realizó una prueba de jarras, método más usado para determinar las dosificaciones de los coagulantes, simulando el proceso completo de coagulación- floculación, esta prueba consiste en un sistema de agitación de forma mecánica o manual donde se colocan tres recipientes a los cuales se les agrega el agua residual.

Los objetivos de la prueba son determinar el pH óptimo y la dosis mínima de reactivo con los cuales se logra la máxima eficiencia de remoción<sup>28</sup>.

Las variables que se tuvieron en cuenta en la selección de la dosis óptima para el tratamiento fueron la turbiedad, sólidos suspendidos totales, pH y tiempo de sedimentación, la dosificación correcta se escoge de acuerdo al porcentaje de remoción más alto, este porcentaje de remoción será calculado de acuerdo a la **Ecuación 2.**

---

<sup>28</sup> CORTINA DOMÍNGUEZ, Carlos Fortino & MÁRQUEZ ORTÍZ, Ricardo. Alternativa de tratamiento de aguas residuales de la industria textil. Ed. Instituto politécnico nacional escuela superior de ingeniería y arquitectura. 2008. p. 115.

**Ecuación 2.** Porcentaje de remoción.

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

Previo a la realización del ensayo de jarras fueron registrados los siguientes parámetros de agua cruda registrados en la **Tabla 10**.

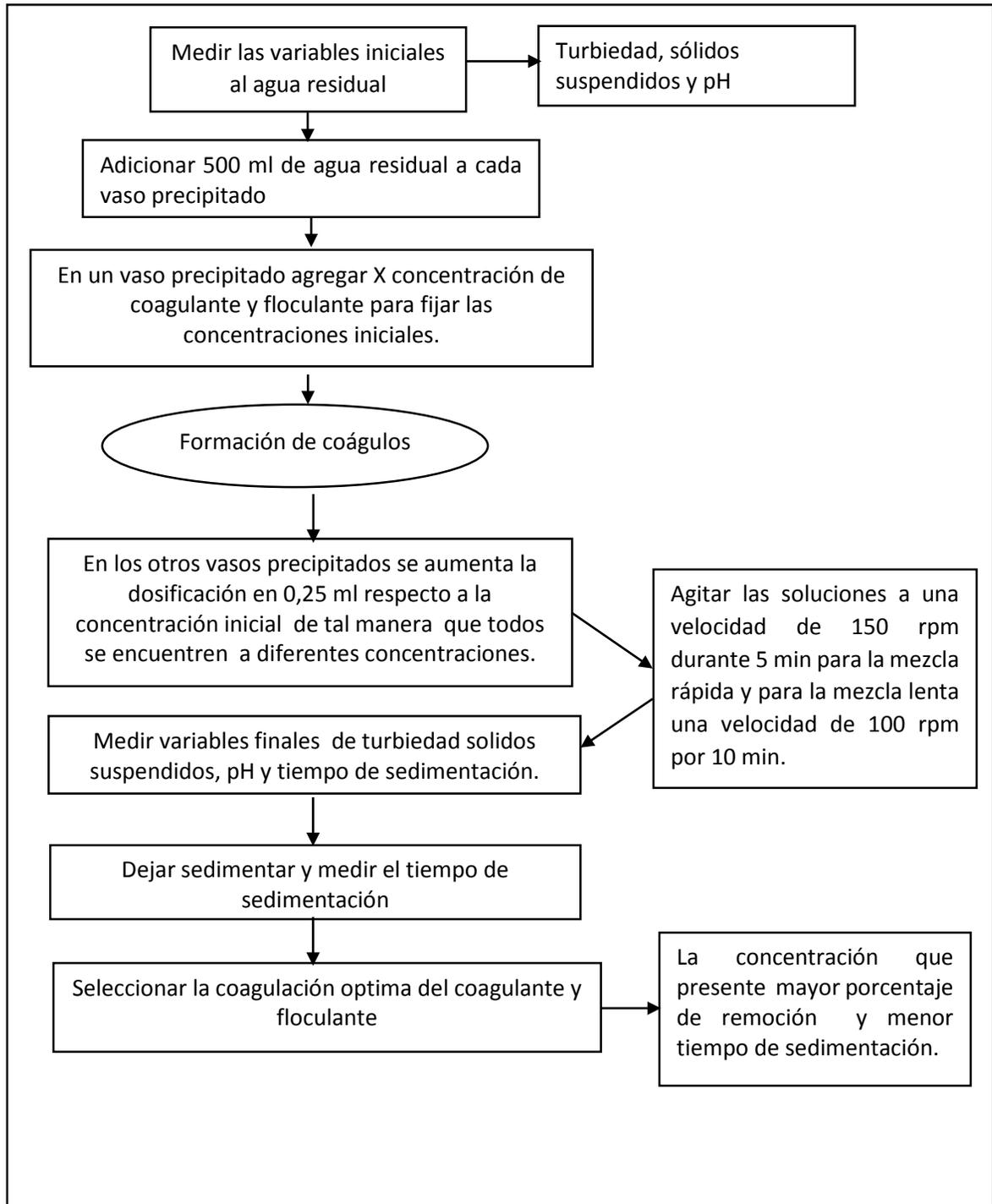
**Tabla 10.** Parámetros del agua cruda.

Parámetro	Valor
pH	8,7
Turbiedad (FAU)	2700
Sólidos suspendidos (mg/l)	2500

Las condiciones de operación que se manejaron en la realización del ensayo de jarras fueron para la mezcla rápida una velocidad 150 rpm durante 5 min y para la mezcla lenta una velocidad de 100 rpm por 10 min. Ver **Figura 16**.

Esta velocidad, se determinó de acuerdo a tres pruebas realizadas para las diferentes concentraciones donde se identificó la formación de floc más eficiente y el menor tiempo de sedimentación obteniendo así como mejor resultado la velocidad anteriormente mencionada.

**Figura 16.** Diagrama metodología experimental selección dosificación coagulante floculante.



### 5.1.1.1 Ensayo 1.

- **Prueba 1.** en esta prueba se evaluó el ALW250 producto fabricado por la empresa como polímero que sirve como coagulante y floculante con las siguientes concentraciones. Ver **Figura 17** y **Tabla 11**.

**Figura 17.** Ensayo de jarras 1 – Prueba 1.



**Tabla 11.** Ensayo de jarras 1- Prueba 1.

Prueba N° 1			
N° de Jarra	1	2	3
<b>Coagulante- Floculante</b>	(Alw250)		
<b>Dosis (ml)</b>	0,45	0,95	1,35
<b>Dosis (ppm)</b>	1575	3325	4725
<b>Tiempos de Sedimentación (min)</b>	60	50	45
<b>Turbiedad Final</b>	2339	2066	1834
<b>Solidos Suspendidos</b>	2430	2100	1890
<b>pH</b>	8,7	8,5	8,3

A continuación, se muestran en la **Tabla 12** los porcentajes de remoción respecto a la turbiedad y solidos suspendidos de la prueba N° 1 donde se utilizó la **Ecuación 2**.

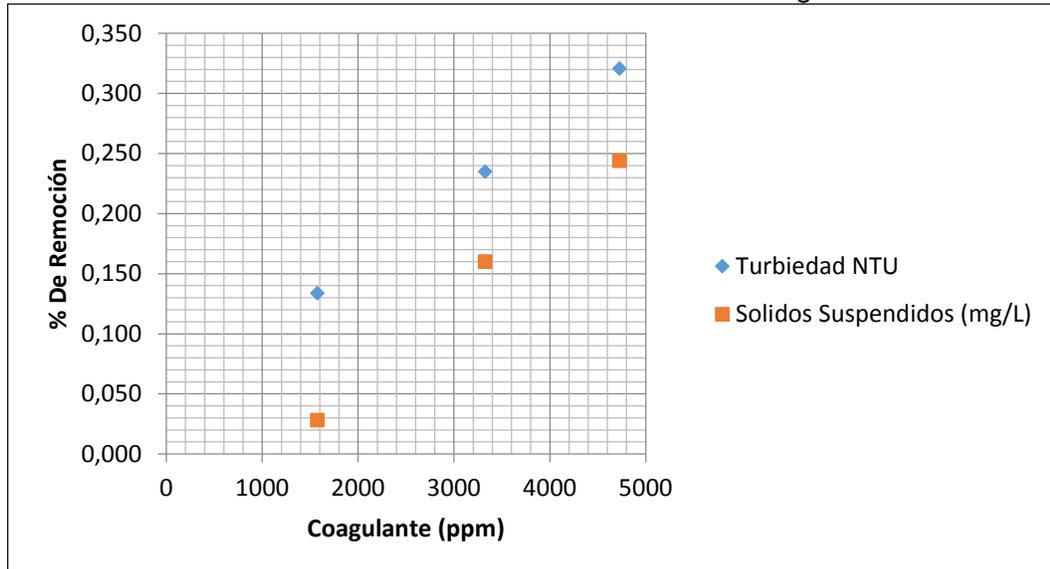
**Tabla 12.** Porcentajes de remoción ensayo 1- Prueba 1.

Parámetro	% Remoción		
	1	2	3
N° Jarra			
Turbiedad	0,134	0,235	0,321
Solidos Suspendidos Totales	0,028	0,16	0,244

Esta prueba indica que la cantidad optima de ALW250 a adicionar seria 1,35 ml de la jarra N° 3 correspondiente a la **Tabla 11**, evidenciando que aunque presenta un porcentaje de remoción del 24,4% en solidos suspendidos, no se puede visualizar la clarificación del agua debido a que presenta una turbidez del 32,1% y este porcentaje no es eficiente para el proceso.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en la **Gráfica 1**.

**Gráfica 1.** Identificación de % de remoción con ALW250 Coagulante-Floculante.



### 5.1.1.2 Ensayo 2.

- **Prueba 2.** En esta prueba se evaluó el Hidroxicloruro de Aluminio como coagulante a diferentes concentraciones junto con el ALW250 como floculante con diferentes concentraciones. Ver **Figura 18**.

**Figura 18.** Ensayo de jarras 1 – Prueba 2.



En la **Tabla 13** se puede observar los resultados obtenidos.

**Tabla 13.** Ensayo de jarras 1- Prueba 2.

Prueba N° 2			
N° de Jarra	1	2	3
Coagulante	Hidroxiclورو de Aluminio		
Dosis (ml)	0,5	0,75	1,0
Dosis (ppm)	3640	1980	2640
Floculación	ALW50		
Dosis (ml)	0,5	0,75	1,0
Dosis (ppm)	1750	2625	3000
Tiempos de Sedimentación (s)	50	45	30
Turbiedad Final	1035	890	655
Solidos Suspendidos (mg/L)	1010	855	630
pH	8,2	8,0	7,9

A continuación, se muestran los porcentajes de remoción respecto a la turbiedad y solidos suspendidos de la prueba número 2. Ver **Tabla 14**.

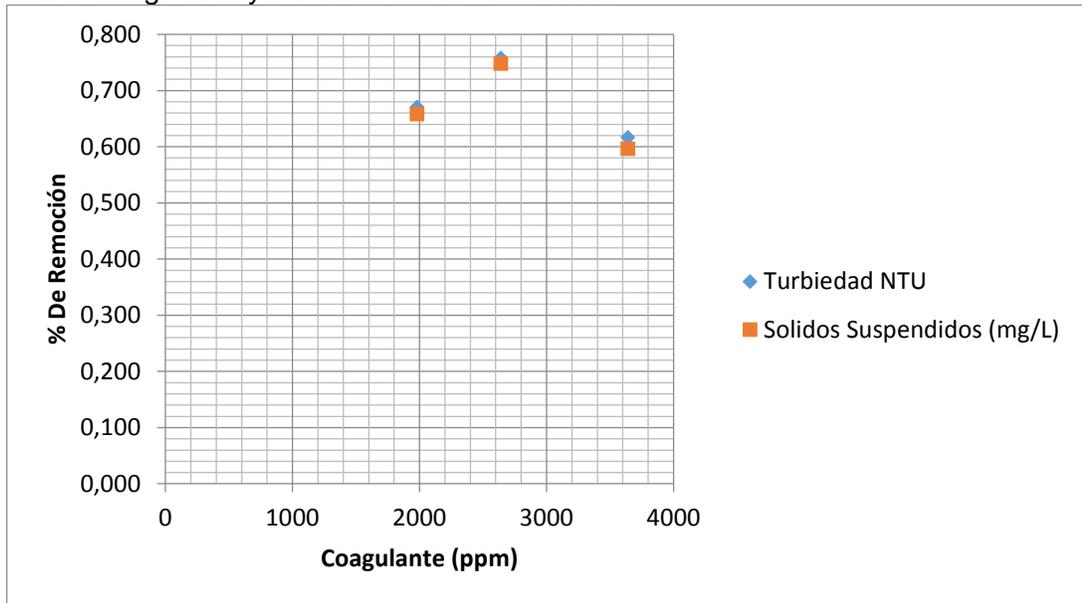
**Tabla 14.** Porcentajes de remoción ensayo 1- Prueba 2.

Parámetro	% Remoción		
N° Jarra	1	2	3
Turbiedad	0,617	0,670	0,757
Solidos Suspendidos Totales	0,596	0,658	0,748

Después de evaluar la cantidad optima de Hidroxiclورو de Aluminio a adicionar como coagulante y ALW250 como floculante la más indicada corresponde a 1,0 ml es decir 2.640 y 3.000 ppm respectivamente, es decir la (Jarra N° 3) debido a que

presenta el 76 % de remoción en cuanto a la turbiedad y el 75 % de remoción de solidos suspendidos con un menor tiempo de sedimentación correspondiente a 30 segundos, como se puede observar en la **Gráfica 2**.

**Gráfica 2.** Identificación de % de remoción utilizando Hidroxicloruro de Aluminio como Coagulante y ALW250 como Floculante.



### 5.1.1.3 Ensayo 3.

- **Prueba 3.** En esta prueba se evaluó el Hidroxicloruro de Aluminio como coagulante y el PROFLOC 932 como floculantes ambos con diferentes concentraciones como se muestra continuación. Ver **Figura 19**.

**Figura 19.** Ensayo de jarras 1 - Prueba 3.



En la **Tabla 15** se puede observar los resultados obtenidos.

**Tabla 15.** Ensayo 1- Prueba 3.

<b>Prueba N° 3</b>				
<b>N° de Jarra</b>	1	2	3	
<b>Coagulante</b>	Hidroxiclорuro de Aluminio			
<b>Dosis (ml)</b>	1,5	2,5	3,5	
<b>Dosis (ppm)</b>	3.960	6.600	9.240	
<b>Floculación</b>	PROFLOC 932			
<b>Dosis (ml)</b>	0,5	1	1,5	
<b>Tiempos de Sedimentación (s)</b>	82	136	65	
<b>Turbiedad Final NTU</b>	1.346	1.037	985	
<b>Solidos Suspendidos (mg/L)</b>	1210	855	920	
<b>pH</b>	8,5	8,1	8,0	

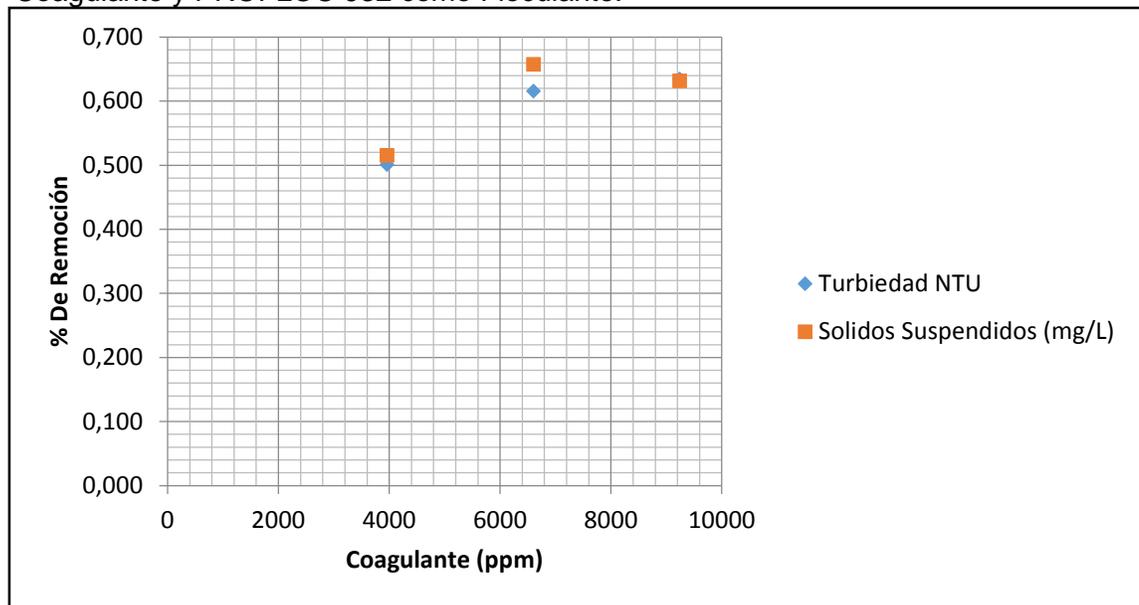
A continuación en la **Tabla 16**, se muestran los porcentajes de remoción respecto a la turbiedad y solidos suspendidos de la prueba número 3.

**Tabla 16.** Porcentaje de remoción ensayo 1- Prueba 3.

<b>Parámetro</b>	<b>% Remoción</b>		
<b>N° Jarra</b>	1	2	3
<b>Turbiedad</b>	0,501	0,616	0,635
<b>Solidos Suspendidos Totales</b>	0,516	0,658	0,632

Después de evaluar la cantidad optima de Hidroxicloruro de Aluminio a adicionar como coagulante y PROFLOC 932 la más indicada corresponde a 2,5 ml correspondiente a 6600 ppm (Jarra N° 2) en esa se evidencia el mayor porcentaje de remoción en cuanto a la turbiedad obteniendo el 61,6 y 66% en solidos suspendidos, sin embargo, este proceso se lleva a cabo en un mayor tiempo de sedimentación correspondiente a 136 segundos como se muestra en la **Gráfica 3**.

**Gráfica 3.** Identificación de % de remoción utilizando Hidroxicloruro de Aluminio como Coagulante y PROFLOC 932 como Floculante.



**5.1.1.4 Análisis final de ensayo de jarras.** De acuerdo con los resultados mencionados con anterioridad y teniendo en cuenta las variables expuestas como porcentaje de remoción en turbiedad y solidos suspendidos, menor tiempo de sedimentación y pH entre 7-9, se identificó que el mejor reactivo para el tipo de agua que maneja la empresa Wellquem de Colombia se da entre Hidroxicloruro de Aluminio a una concentración de 2.640 ppm como coagulante y con el ALW250 con una concentración de 3.000 ppm como floculante correspondiente a un tiempo de sedimentación de 30 segundos y un pH de 7,9 equivalentes a la jarra 3 del Ensayo 1- Prueba 2.

## 5.2 CONDICIONES TÉCNICAS DEL TRATAMIENTO QUÍMICO A IMPLEMENTAR

El requerimiento técnico se enfoca en implementar la dosificación obtenida de acuerdo a las pruebas que se realizaron en los ensayos de jarras para el sistema de tratamiento de aguas con el fin de obtener un mejoramiento en el proceso y un adecuado vertimiento.

**5.2.1 Dosificación de reactivos.** Para hallar la dosificación correcta a implementar en la planta es necesario tener en cuenta la dosificación obtenida del ensayo de jarras al tanque donde se realiza el almacenamiento y así mismo el tratamiento con el Coagulante- Floculante el cual cuenta con una capacidad de 2.000L.

- **Dosificación Coagulante (Hidroxiclورو de Aluminio).** Para una cantidad de 500 ml de agua residual de residual se utilizaron 2.640 ppm (1ml) de solución de Hidroxiclورو de Aluminio, por lo tanto para saber la cantidad de solución que es necesaria agregar a los 2.000 L del tanque donde se realiza el proceso de Coagulación- Floculación se realiza la **Ecuación 3**.

**Ecuación 3.** Ecuación de concentración

$$V1 * C1 = V2 * C2$$

$$C2 = \frac{V1 * C1}{V2}$$

$$C2 = \frac{2.640 \text{ ppm}}{500 \text{ ml}} * 2'000.000 \text{ ml} = 10560000 \text{ ppm}$$

$$C2 = 0,66\text{ppm} * 1,32 \frac{\text{g}}{\text{ml}} * 10'000 \text{ ppm} = 8,712 \text{ ppm}$$

Por lo cual el tanque del proceso de Coagulación-floculación se requiere.

$$\begin{array}{l} 1 \text{ ml}_{\text{sln.Hidroxiclورو de aliminio 30\%}} \rightarrow 500 \text{ ml}_{\text{Agua residual}} \\ X \text{ ml}_{\text{sln.Hidroxiclورو de aliminio 30\%}} \rightarrow 2000000 \text{ ml}_{\text{Agua residual}} \\ X = 4000 \text{ mL} \rightarrow 4\text{L} \end{array}$$

- **Dosificación Floculante (ALW250).** Para una cantidad de 500 ml de agua residual de residual se utilizaron 3.000 ppm (1ml) de ALW250, por lo tanto para saber la cantidad de solución que es necesaria agregar a los 2.000 L del tanque donde se realiza el proceso de Coagulación- Floculación se realiza la **Ecuación 4**.

**Ecuación 4.** Ecuación de concentración despejando  $C_2$ .

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

$$C_2 = \frac{500 \text{ ml} * 3.000 \text{ ppm}}{2'000.000 \text{ ml}} = 0,75 \text{ ppm}$$

$$C_2 = 0,75 \text{ ppm} * 1,32 \frac{\text{g}}{\text{ml}} * 10'000 \text{ ppm} = 9,900 \text{ ppm}$$

Por lo cual el tanque del proceso de Coagulación-floculación se requiere.

$$\begin{aligned} 1 \text{ ml}_{\text{sln. ALW/250 } 0,25\%} &\rightarrow 500 \text{ ml}_{\text{Agua residual}} \\ X \text{ ml}_{\text{sln. ALW/250 } 0,25\%} &\rightarrow 2000000 \text{ ml}_{\text{Agua residual}} \\ X &= 3500 \text{ mL} \rightarrow 3,5 \text{ L} \end{aligned}$$

**5.2.2 Condiciones de agitación a nivel de planta.** Al realizar el tratamiento químico a nivel de planta utilizando la dosificación calculada anteriormente, se evidenció que las condiciones de operación para la mezcla rápida es 800 rpm (Hz) durante 15 min y una velocidad de 400 rpm (Hz) durante 20 min para mezcla lenta, teniendo en cuenta estas condiciones se estimó un tiempo determinado de 6 horas.

Estos parámetros fueron determinados de acuerdo a una prueba piloto que se realizó con ayuda de los operarios, sin embargo, cabe aclarar que la puesta en marcha del proyecto corresponde a la empresa de acuerdo a la delimitación presentada inicialmente.

**5.2.3 Caracterización final.** Después de realizar el tratamiento químico con las condiciones anteriormente mencionadas, se tomó una muestra del agua tratada con el fin de identificar la eficiencia generada por el nuevo tratamiento, esta muestra fue enviada al laboratorio de la Universidad Nacional para la respectiva caracterización de parámetros los cuales fueron los mismo que se evaluaron inicialmente presentada en el diagnóstico. Ver **Anexo H**.

A continuación se presentan los resultados de la caracterización en la **Tabla 17**.

**Tabla 17.** Resultados de la caracterización de las aguas residuales de la empresa Wellquem de Colombia SAS.

Parámetro	Unidades	Método	Resultado	Valores admisibles en la Resolución 631
Solidos suspendidos	mg/L	SM2540 D	630	80
Grasas y Aceites	mg/L	SM5520 D	13,5	15
DBO5	mg/L O2	SM5210 D	200	250
DQO	mg/L O2	SM5220 D	450	500

Fuente: UNIVERSIDAD NACIONAL. Reporte de resultado Laboratorio Ingeniería Ambiental.

De acuerdo con los resultados obtenidos **Anexo H**, se puede evidenciar que los parámetros se encuentran acorde con lo establecido en la normatividad disminuyendo así las cantidades obtenidas respecto a la caracterización inicial, sin embargo, el parámetro correspondiente a solidos suspendidos totales disminuye en un 75%, pero aun así no cumple con la cantidad establecida en la norma, por lo tanto se clara que con la etapa de filtración se puede obtener un porcentaje de reducción entre el 85% y 90% ocasionando el cumplimiento del mismo.

A continuación se muestra en la **Tabla 18**, los porcentajes de reducción correspondientes a la comparación realizada entre la caracterización inicial y la caracterización final.

**Tabla 18.** Comparación parámetros etapa coagulación- floculación.

Parámetro	Unidades	Caracterización inicial	Caracterización final	Porcentaje de reducción
P	Unidades	8,7	7,9	-
Solidos suspendidos totales	mg/L	2.500	630	75%
Grasas y aceites	mg/L	50	13,5	73%
DBO5	mg/L O2	330	200	40%
DQO	mg/L O2	860	450	48%

Con base en esta información se puede concluir que los reactivos seleccionados en el ensayo de jarras operaron de manera óptima para el tipo de agua que se maneja en la empresa teniendo en cuenta que se logró la disminución de los parámetros de DBO5 en un 40%, DQO 48%, Grasas y Aceites 73 % y solidos suspendidos en un 75 % respecto a la caracterización inicial de la etapa del proceso Coagulación- Floculación realizada en el diagnostico como se muestra en la **Tabla 18**.

Con el fin de realizar el tratamiento y poner en marcha las condiciones de operación por parte de los operarios, se explicará en el siguiente capítulo las actividades a realizar en el manual de operaciones.

### **5.3 MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Es importante realizar un adecuado mantenimiento de los equipos que conforman este tratamiento de aguas teniendo en cuenta el funcionamiento de cada una de las etapas con el fin de evitar fallas y deterioros que ocasionen interrupciones inesperadas.

Para ello se consideran los siguientes aspectos como recomendaciones generales donde se describe el proceso del sistema con las operaciones y medidas de seguridad que se deben llevar a cabo para realizar el tratamiento de manera correcta.

**5.3.1 Descripción del sistema.** El sistema de tratamiento de aguas residuales industriales se define de la siguiente forma.

- **Tanque de almacenamiento agua residual.** En esta etapa comienza el proceso teniendo en cuenta que se almacena el agua cruda generada por el proceso de producción.
- **Rejillas.** Se encargan de retener todo tipo de elemento mayor a 5mm como tapones, residuos que generen mugre, grasa o suciedad.
- **Bombas dosificadoras.** Este equipo es utilizado para transportar el agua de un tan que a otro y así mismo agregar la correcta concentración de la sustancia química a utilizar.
- **Tanque de proceso Coagulación- floculación.** En este tanque se adicionan el coagulante y el floculante los cuales por el proceso de agitación separan los contaminantes del agua residual, generando el agua residual más clara y así mismo residuos denominados sólidos o lodos.
- **Filtro.** Se encarga de retener las partículas generadas en la etapa anterior como también disminuir las características organolépticas iniciales del agua cruda.
- **Tanque de Lodos.** En esta etapa se manejan los sólidos que resultan del proceso de filtración los cuales ya quedan a disposición de la empresa ya sea por terceros o proceso interno de secado.

A continuación se detalla del Sistema de tratamiento de aguas residuales. Ver **Figura 20**.

Diagrama tomado de cotización de equipos por la empresa M.I.F MINERAGUAS INGENIERIA Y FILTRACIÓN (Ver **Anexo I**).

**Figura 20.** Diagrama del sistema de tratamiento de la empresa Wellquem de Colombia SAS.



A continuación se describe la secuencia de tratamiento de acuerdo con el diagrama representado por el diagrama.

**Parte 1.** Tanque de almacenamiento de agua residual procedente de los procesos productivos de Wellquem de Colombia SAS.

**Parte 2.** Sistema de bombeo encargado de la impulsión de las aguas residuales hacia el tanque de coagulación-floculación.

**Parte 3.** El sistema de dosificación es el encargado de aplicar el producto químico coagulante y floculante en línea.

**Parte 4.** El tanque de la etapa coagulación-floculación recibe el agua residual, en esta fase se genera la separación de los contaminantes del agua y se producen los lodos.

**Parte 5.** En el tanque se realiza la aplicación de un agente oxidante el cual terminara de eliminar los contaminantes todavía presentes en el agua tratada

**Parte 6.** El tanque de almacenamiento de lodos recolecta los lodos procedentes del proceso de tratamiento.

**Parte 7.** El sistema de filtración finalmente se encargara de retener cualquier tipo de sedimento presente en el agua tratada.

**Parte 8.** El agua tratada podrá ser vertida al alcantarillado en las condiciones adecuadas según la resolución 631 del 2015.

**5.3.2 Medidas de seguridad.** Para tener un correcto funcionamiento de la planta de tratamientos es necesario que los operarios encargados del funcionamiento de la planta reciban capacitaciones para un adecuado manejo de los equipos y procesos involucrados en la preparación de las distintas soluciones y así mismo el uso de los elementos de protección personal adecuados con el fin de evitar accidentes de trabajo. Ver **Cuadro 10**.

**Cuadro 10.** Elementos de protección personal.

Elemento	Descripción		
<p><b>Monogafas de Seguridad</b></p> 	<p>Protege de salpicaduras de productos químicos o ante la presencia de gases, vapores y humos.</p>		
<p><b>Tapabocas</b></p> 	<p>Sirve para la protección contra los malos olores y las partículas suspendidas en el aire como el polvo.</p>		
<p><b>Overol</b></p> 	<p>Brinda una protección corporal contra sustancias químicas, contaminantes, residuos y desechos peligrosos.</p>		
<p><b>Guantes Nitrilo</b></p> 	<p><b>Guantes Carnaza</b></p> 	<p>Se utiliza para la manipulación de sustancias químicas durante la preparación de soluciones.</p>	<p>Se utiliza para la manipulación de labores de líneas energizadas de baja y media tensión.</p>
<p><b>Botas de Caucho</b></p> 	<p>Ofrece un alto nivel de protección contra el agua y la humedad presentando una suela antideslizante.</p>		

**Fuente:** ÁVILA, Nazly Valentina. Desarrollo de una propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR de la empresa Recticar. 2014. p. 84.

Por otra parte se considera importante mencionar los aspectos a tener en cuenta para los mantenimientos de la siguiente manera.

La trampa de grasas o rejillas deben ser revisadas regularmente, se recomienda la extracción de grasas semanalmente la cual consiste en retirar los sólidos, grasa y aceites por medio de un sistema de arrastre manual, operación que se lleva a cabo por uno de los operarios de la planta.

Adicionalmente, se sugiere realizar el mantenimiento correspondiente al filtro de forma semestral y así mismo controlar la descarga diaria de sólidos o lodos

generados en el tanque coagulador debido a que una acumulación excesiva de éstos puede ocasionando taponamientos. Los lodos son extraídos de forma manual y manejados como residuos sólidos los cuales se pueden disponer según como lo requiera la empresa.

## 6. ANÁLISIS FINANCIERO

El siguiente análisis financiero responde a la necesidad de utilizar el sistema de tratamientos de aguas residuales ya que actualmente no está funcionando y genera que el agua que se utiliza en la producción se acumule y se almacene en los tanques, como consecuencia de esto no es posible desechar esa agua y esto a su vez genera costos adicionales para la empresa debido a que se debe disponer a través del transporte de los residuos producidos.

Para realizar la evaluación financiera de este proyecto se tiene en cuenta como unidad monetaria corriente pesos Colombianos (COP), una Tasa de Interés de Oportunidad (TIO) del 11% efectivo anual, que es comúnmente utilizada para los proyectos de inversión desarrollados en la empresa Wellquem de Colombia, el periodo de evaluación es de cinco años y el indicador financiero es el Valor Presente Neto (VPN), adicionalmente se hace el análisis de costos de inversión, operación actuales y con la implementación del proyecto.

En el presente análisis se determinaron los costos de inversión (CAPEX) para el proceso de tratamiento de agua residual propuesta, se establecieron los costos de operación actual y al implementarse el proyecto, con el objetivo de conocer el Valor Presente Neto y la viabilidad financiera del mismo.

### 6.1 ANÁLISIS DE INVERSIÓN (CAPEX)

Hace referencia a la inversión inicial que una compañía debe realizar con el objetivo de mejorar sus bienes y/o activos, como lo pueden ser maquinaria, inmuebles, fábricas, herramientas y equipos los cuales le generan beneficios, cabe indicar que si la compañía Wellquem de Colombia continua realizando el tratamiento de las aguas residuales con el proceso actual, no requiere ningún tipo de inversión.

Para el análisis de inversión de este proyecto, es necesario adquirir equipos como tanques de almacenamiento, bombas, motores, trampas de grasas e insumos. En la **Tabla 19** se presentan los costos de inversión requeridos.

**Tabla 19.** Inversión para la implementación del proyecto – COP.

<b>EQUIPO</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
Sistema de dosificación compuesto por bomba dosificadora, mangueras, conexiones y checker en línea	1	2.500.000	2.500.000,00
Sistema de filtración compuesto por 120 Kg de material filtrante carbón activado para tanque 21 X 62H	1	900.000	900.000,00
Válvula de montaje superior F56D1	1	890.000	890.000,00
Servicio de instalación de los equipos y puesta a punto de la planta, incluye tubería y conexiones en PVC	1	890.000	890.000,00
<b>Inversión Total</b>			<b>4'036.230,00</b>

En la **Tabla 20** se presenta el resumen de la inversión para implementar el proyecto.

**Tabla 20.** Costos de inversión para la implementación del proyecto en el período cero.

<b>Período (Año)</b>	<b>Inversión total</b>
<b>0</b>	<b>4'036.230,00</b>

## 6.2 ANÁLISIS DE COSTOS DE OPERACIÓN (OPEX)

Corresponde a los desembolsos que están asociados la ejecución del proyecto, como lo es el alquiler y mantenimiento de equipos, mano de obra, materiales y otros costos de funcionamiento los cuales son esenciales para la operación del proyecto.

**6.2.1 Proceso actual.** Para determinar los costos del proceso actual a lo largo de los cinco periodos evaluados se debe establecer el valor de la mano de obra, consumos de energía, luz y tratamiento del material contaminado el cual se debe hacer para evitar que la compañía sea multada económicamente.

En el costo de mano de obra se incluyen el salario de un jefe de producción el cual tiene valor de 1'200.000,00 COP y de cuatro operarios con salarios de 737.717,00 COP.

A continuación en la **Tabla 21** se presentan los costos de operación mensuales para el proceso actual.

**Tabla 21.** Costos de operación actuales mensuales.

<b>Descripción de costo</b>	<b>Costo en COP</b>
Energía	197.645,00
Agua	172.086,00
Material contaminado a tratar	1'351.500,00
Mano de obra	4'150.868,00
<b>Costo total de operación actual</b>	<b>5'872.099,00</b>

En la **Tabla 22** se presenta el costo anual de operación obtenido a partir de la multiplicación del costo mensual por los 12 períodos que componen el año.

**Tabla 22.** Costo de operación anual para el proceso actual.

Costo mensual	Costo anual
5'872.099,00	70'465.188,00

Para determinar los costos de operación actuales a lo largo de cinco años se realiza con base a un porcentaje de incremento del 5% en el costo de operación del año anterior. En la **Tabla 23** se presentan estos costos para el proceso actual de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 23.** Costos totales actuales anuales de operación – COP.

Período (Año)	Costo de Operación	Incremento de costo	Costo total de operación
1	70'465.188,00	0.00	70'465.188,00
2	70'465.188,00	3'523.259,40	73'988.447,40
3	73'988.447,40	3'699.422,37	77'687.869,77
4	77'687.869,77	3'884.393,49	81'572.263,26
5	81'572.263,26	4'078.613,16	85'650.876,42

**6.2.2 Proceso propuesto.** Para el proceso propuesto no son tenidos en cuenta los costos de tratamiento del material contaminado debido a que con la inversión propuesta el tratamiento del agua residual es más efectivo que el actual, adicionalmente no se requieren los servicios de dos operarios por lo que el costo de la mano de obra se reduce. La **Tabla 24** presenta los costos de operación mensuales para este proceso de tratamiento de aguas residuales propuesto.

**Tabla 24.** Costos de operación mensuales para el nuevo proceso.

Descripción de costo	Costo en COP
Energía	197.645,00
Agua	172.086,00
Mano de obra	2'675.434,00
<b>Costo total de operación actual</b>	<b>3'045.165,00</b>

En la **Tabla 25** se presenta el costo anual de operación obtenido a partir de la multiplicación del costo mensual por los 12 períodos que componen el año.

**Tabla 25.** Costos de operación anuales para el proceso propuesto.

Costo mensual	Costo anual
3'045.165,00	36'541.980,00

Para determinar los costos de operación a lo largo de cinco años para este proceso, se utiliza la misma metodología empleada en la sección anterior con el mismo porcentaje de incremento de costo del 5%. En la **Tabla 26** se presentan estos costos para el proceso de tratamiento de aguas residuales propuesto.

**Tabla 26.** Costos totales anuales de operación con la implementación del proyecto – COP.

Período (Año)	Costo de Operación	Incremento de costo	Costo total de operación
1	36'541.980,00	0,00	36'541.980,00
2	36'541.980,00	1'827.079,00	38'369.079,00
3	38'369.079,00	1'918.453,95	40'287.532,95
4	40'287.532,95	2'014.376,65	42'301.909,60
5	42'301.909,60	2'115.095,48	44'417.005,08

### 6.3 EVALUACIÓN FINANCIERA

Para realizar la evaluación financiera del proyecto es necesario tener en cuenta los costos de inversión, los costos de operación actuales y de implementación de los proyectos obtenidos anteriormente, a partir de esto se determina la viabilidad financiera por medio del indicador Valor Presente Neto (VPN).

**6.3.1 Valor Presente Neto (VPN).** “Es el equivalente en pesos (\$) actuales de todos los ingresos y egresos, presentes y futuros, que constituyen el proyecto”<sup>29</sup>. El Valor Presente Neto se calcula con la **Ecuación 5** presentada a continuación.

**Ecuación 5.** Valor Presente Neto (VPN).

$$VPN(i) = \sum -A + (F/(1+i)^n)$$

**Fuente:** BACA, Guillermo. Ingeniería económica. Bogotá: Fondo educativo panamericano, 2005.p.197.

Dónde:

- VPN corresponde al Valor Presente Neto a encontrar.
- A corresponde a la inversión realizada en el proyecto.
- F corresponde al valor del flujo de caja neto.
- i corresponde a la tasa de interés de oportunidad (TIO) la cual es la tasa de retorno que se necesita sobre una inversión, esta tasa es la encargada de descontar el monto capitalizado de interés del total de ingresos a percibir en el futuro.
- n corresponde al número de periodos que existen para la evaluación del proyecto.

Cuando el VPN es mayor a cero indica que el proyecto es viable debido que a pesos de hoy los ahorros son mayores que los egresos, cuando es menor a cero indica que los ingresos son menores que los egresos lo cual indica que el proyecto no se

<sup>29</sup> BACA, Guillermo. Ingeniería económica. Bogotá: Fondo educativo panamericano, 2005.p.197.

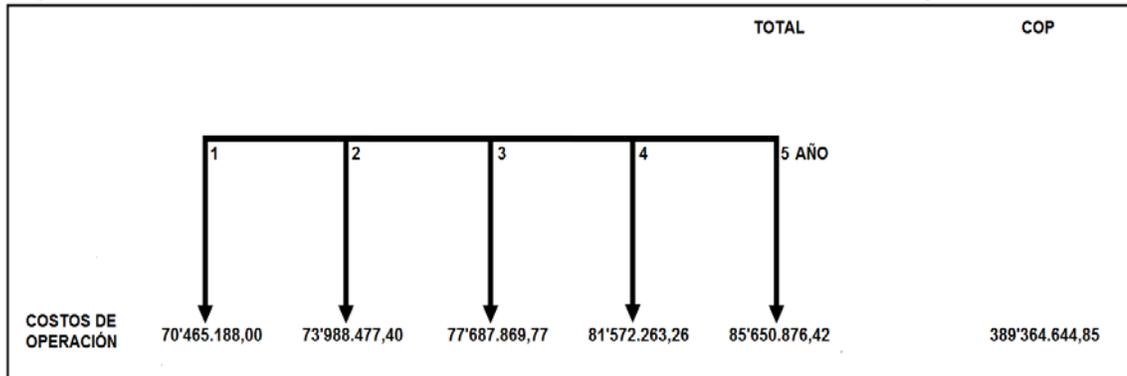
debe realizar, finalmente cuando el VPN es igual a cero indica que los ingresos son iguales a los egresos y financieramente le es indiferente al inversionista.

Para calcular el Valor Presente Neto (VPN) de este proyecto se estableció una Tasa de Interés de Oportunidad (TIO) del 11% la cual es empleada en los proyectos de inversión de la compañía, como se mencionó al inicio del capítulo, se utiliza como unidad monetaria corriente pesos Colombianos y un tiempo de validez de cinco años.

- **Flujo de Caja.** Es la representación gráfica de los ingresos y egresos en una línea horizontal correspondiente a un período de tiempo determinado, donde se ubican los ingresos en la parte superior de la línea y los egresos en la parte inferior de la línea. Par este proyecto el flujo de caja representa los ahorros en los 5 periodos de tiempo al ser implementado el proyecto.

**6.3.1.1 Valor Presente Neto para el proceso actual de tratamiento de aguas residuales.** En la **Figura 21** se observan los flujos de efectivo para el proceso actual de aguas residuales, adicionalmente se presentan los cálculos del Valor Presente Neto y los resultados obtenidos para este proceso.

**Figura 21.** Flujo de efectivo para el proceso actual de tratamiento de aguas residuales.



$$\begin{aligned}
 VPN (11\%) = & -(70'465.188,00) * (1 + 0,11)^{-1} - (73'988.477,40) * (1 + 0,11)^{-2} \\
 & - (77'687.869,77) * (1 + 0,11)^{-3} - (81'572.263,26) * (1 + 0,11)^{-4} \\
 & - (85'650.876,42) * (1 + 0,11)^{-5}
 \end{aligned}$$

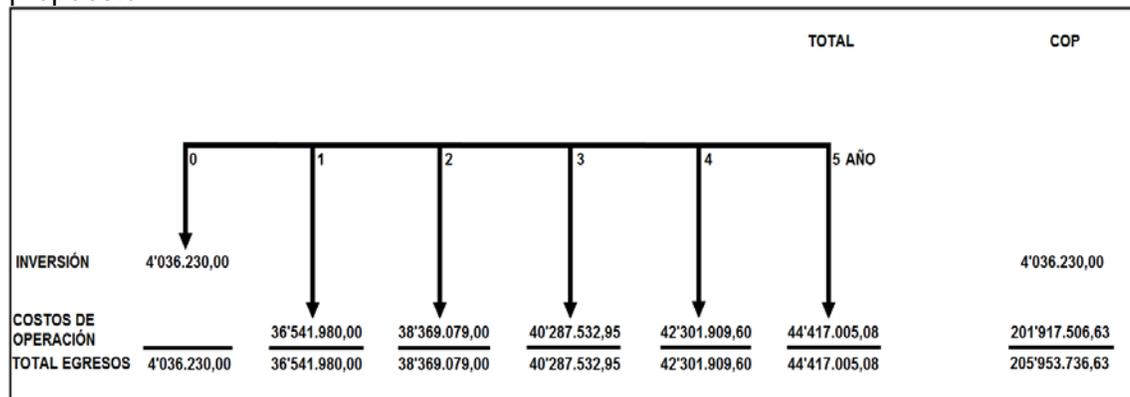
$$\begin{aligned}
 VPN (11\%) = & -(63'482.151,35) - (60'050.683,71) - (56'804.700,81) \\
 & - (53'734.176,44) - (50'829.626,36)
 \end{aligned}$$

El Valor Presente Neto calculado para el proceso actual de tratamiento de aguas residuales corresponde al valor de – 284'901.338,67 COP.

### 6.3.1.2 Valor Presente Neto para el tratamiento de aguas residuales propuesto.

En la **Figura 22** se observan los flujos de efectivo para el proceso de aguas residuales propuesto, adicionalmente se presentan los cálculos del Valor Presente Neto y los resultados obtenidos para este proceso.

**Figura 22.** Flujo de efectivo para el proceso de tratamiento de aguas residuales propuesto.



$$\begin{aligned}
 VPN(11\%) = & -4'036.230,00 - (36'541.980,00) * (1 + 0,11)^{-1} - (38'369.079,00) \\
 & * (1 + 0,11)^{-2} - (40'287.532,95) * (1 + 0,11)^{-3} - (42'301.909,60) \\
 & * (1 + 0,11)^{-4} - (44'417.005,08) * (1 + 0,11)^{-5}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VPN(11\%) = & -4'036.230,00 - (32'920.702,70) - (31'141.205,26) \\
 & - (29'457.896,87) - (27'865.578,12) - (26'359.330,65)
 \end{aligned}$$

El Valor Presente Neto calculado para el proceso de tratamiento de aguas residuales propuesto corresponde al valor de – 151'780.943,60 COP.

## 6.4 CONCLUSIÓN DE LA EVALUACIÓN FINANCIERA

La mejor opción para la compañía es implementar el proceso de tratamiento de aguas residuales propuesto ya que representa a la empresa a cinco años, un ahorro del 46,72% (133'120.395,07 COP) en los costos de operación; este ahorro es

originado en la disminución de los costos de la mano de obra y en el tratamiento del material contaminado.

## 7. CONCLUSIONES

- Se identificó y diagnosticó el funcionamiento actual del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa Wellquem de Colombia SAS evidenciando que el sistema correspondiente al proceso de Coagulación –floculación y filtro, no se encontraban funcionando de forma correcta, por lo cual se contacta a una empresa externa llamada M.I.F Mineraguas ingeniería y filtración.
- Se planteó el cambio del tratamiento químico con el fin de obtener la disminución de los parámetros que no se están cumpliendo teniendo en cuenta la Resolución 631 del 2015 utilizando diferentes coagulantes y floculantes a través del ensayo de jarras.
- Se evaluaron las alternativas de mejora para el tratamiento químico obteniendo una disminución de % de remoción de DBO<sub>5</sub> del 40 %, DQO del 48 %, Grasas y Aceites del 73 % respectivamente.
- La interacción del hidroxiclورو de Aluminio a una concentración de 2.640 ppm y el ALW250 a una concentración de 3.000 ppm generaron porcentajes de remoción de turbiedad del 77% y de sólidos suspendidos de 75% así como una disminución en el tiempo de sedimentación de 30 segundos y un pH de 7,9 indicando la mejor combinación a utilizar para este tipo de agua.
- Se evaluó el impacto financiero del proyecto mediante una comparación de costos entre la situación actual con un gasto anual de \$70'465.188,00 y la alternativa seleccionada con un costo anual de \$36'541.980,00, evidenciando la reducción de costos en un 48 % que Wellquem de Colombia SAS proceso que si se implementara para el mejoramientos del sistema de tratamientos de aguas residuales.
- Es viable la implementación de la propuesta planteada para Wellquem teniendo en cuenta que la inversión inicial son de \$ 4'036.230,00, evitando así la imposición de multas las cuales generarían a la empresa un ahorro.

## 8. RECOMENDACIONES

- Es necesario realizar el mantenimiento de los equipos que conforman este tratamiento para evitar interrupciones inesperadas en el proceso de producción, se recomienda realizar el mantenimiento de forma semestral en especial al filtro verificando que se encuentren funcionando de forma correcta y no se presenten taponamientos con los sólidos generados.
- Realizar el escalamiento a planta piloto con el fin de constatar los resultados obtenidos a nivel laboratorio para tener una perspectiva de lo que podría ser este sistema a nivel industrial.
- Usar la dosificación evaluada para el proceso de coagulación-floculación, debido a que esta puede ocasionar alteraciones en la cantidad de sólidos generando así obstrucciones en el sistema de tratamiento, cabe aclarar que para ello se solicitó la implementación de una bomba dosificadora con el fin de evitar daños que impliquen gastos adicionales para la empresa.
- Hacer la verificación de la calidad del agua clarificada y la posibilidad de recircular el efluente tratado para que este pueda ser utilizado en otras actividades que se encuentran involucrados en la empresa y requieran de su uso, logrando disminuir el costo del agua proveniente del acueducto de la sabana.
- Es necesario que la empresa tenga en cuenta los niveles de producción de acuerdo a la demanda debido a que los parámetros pueden variar teniendo en cuenta que nos es un proceso continuo.

## BIBLIOGRAFÍA

ALIADOS EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD. Resolución 631 del 2015. [Citado 10 de Septiembre de 2017]. [En línea: <<http://atcalsas.com/normatividad/page/norma/norma/resolucion-631-de-2015.>>]

AREVALO GARCÍA, Zayda Carolina & CAMACHO TORRES, María Angélica. Propuesta de mejoramiento para el sistema de tratamiento de aguas residuales en Khemra Technologies. Trabajo de grado Ingeniería Química. Bogotá DC.: Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Programa Ingeniería Química. 2012.

ÁVILA ÁVILA, Nazly Valentina & TENJO RODRÍGUEZ, Martha Natalia. Desarrollo de una propuesta de mejoramiento a la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR de la empresa Recticar. Trabajo de grado de Ingeniería Química. Bogotá DC.: Universidad de América. Facultad de ingeniería. Programa de ingeniería química. 2014.

COGOLLO FLORES Juan Miguel, clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso de hidroxiclورو de aluminio, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Ingeniería de alimentos, 2010, 2 p.

CORTINA DOMÍNGUEZ, Carlos Fortino & MÁRQUEZ ORTÍZ, Ricardo. Alternativa de tratamiento de aguas residuales de la industria textil. Ed. Instituto politécnico nacional escuela superior de ingeniería y arquitectura. 2008. 115 p.

ETAP. Características de las aguas residuales, físicas, químicas y biológicas. [En Línea: <<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.pdf>>]

HERNÁNDEZ ARIZALA, Diana Marcela & LEAL ROJAS, Paula Catherine. Ingeniería básica de un sistema para el tratamiento de aguas residuales en Cárnicos Rico Jamón. Trabajo de grado de Ingeniería Química. Bogotá DC.: Universidad de América. Facultad de ingeniería. Programa de ingeniería química. 2009.

INGENIERO AMBIENTAL. Efluentes industriales. [En Línea: <<http://www.ingenieroambiental.com/?>>]. 835 p.

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

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

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

ORELLANA A. Jorge; Ingeniería sanitaria; Tratamiento de las aguas, Unidad 6, 56 p.

REPORTERO INDUSTRIAL. Limpiadores, desengrasantes y desinfectantes para la industria. [En Línea: <[www.reporteindustrial.com/temas/Limpiadores-desengrasantes-y-desinfectantes-para-la-industria+117829](http://www.reporteindustrial.com/temas/Limpiadores-desengrasantes-y-desinfectantes-para-la-industria+117829)>]

RODIER, J. Análisis de Aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua del mar. Omega, Barcelona, [En Línea: <[http://www.upct.es/~minaees/analisis\\_aguas.pdf](http://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf)>]. 32 p.

RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, ALBA, Antonio et al. Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. CEIM, Dirección general de Universidad e Investigación. España. [En Línea: <[https://www.madridmasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2\\_Tratamientos\\_avanzados\\_de\\_aguas\\_residuales\\_industriales.pdf](https://www.madridmasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2_Tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf)>]. 2006. 19 p.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales, Teoría y principios de diseño. 645 p.

R. S, Ramalho. Tratamiento de aguas residuales, Editorial REVERTÉ S.A, Faculty of Science and Engineering. 86 p.

SAINZ SASTRE, Juan Antonio. Tecnologías para sostenibilidad: procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales. [Citado 13 marzo 2017.] [En Línea: <[https://books.google.com.co/books?id=r9aKUttDU8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.co/books?id=r9aKUttDU8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true)>]

VARGAS OLAYA, Cristian Camilo & OÑATE FUENTES, Darío Andrés. Ingeniería Básica de la planta de tratamiento de aguas residuales en la empresa Lácteos Santa Lucía. Trabajo de grado Ingeniería Química. Bogotá DC.: Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Programa Ingeniería Química. 2006.

WELLQUEM DE COLOMBIA SAS. Líder en mantenimiento Industrial de Calidad. [En Línea: <<http://wellquem.com/productos.htm> />]

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### FICHAS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS MÁS COMERCIALIZADOS

Figura 1. Shampoo para lavado de vehículos.

 	
<b>FICHA TECNICA SHAMPOO PARA LAVADO DE VEHICULOS AUTOWELL</b>	
<b>I. DESCRIPCION</b>	Es un compuesto para lavado de autos. Consiste en una mezcla de agentes humectantes penetrantes y acondicionadores químicos que rebajan la tensión superficial y permite remover fácilmente la suciedad de autos, y en general todo equipo automotor.
<b>II. CARACTERISTICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Fácil enjuague.</li> <li>&gt; No deja residuos.</li> <li>&gt; Biodegradable.</li> </ul>
<b>III. APLICACIONES</b>	Mezcle con 30 a 60 partes de agua. Puede usarse en forma manual o en equipos de lavado automático.
<b>IV. USOS</b>	Efectivo para eliminar la suciedad, manchas de aceites, lodos y gasolina, sin afectar la cera del acabado, restableciendo el brillo sin mayor esfuerzo. Efectivo aún en zonas donde las aguas son duras.
<b>V. ESPECIFICACIONES FISICOQUIMICAS</b>	
Apariencia.	Líquido viscoso, transparente, color amarillo.
Olor.	Ligeramente a manzana.
Gravedad Especifica.	1.05 +/- 0.05
PH (100%).	10 +/- 0.5
Solubilidad en Agua.	Soluble en agua en todas proporciones.
Viscosidad.	130 – 300 cps.
Punto de Inflamación.	Ninguno.
Estabilidad.	Hasta un año bajo condiciones normales de almacenamiento.
Presentación.	Envase plástico de 20, 60 y 208 litros.
<b>VI. PRECAUCIONES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se recomienda el lavado del vehículo por partes y sin dejar secar el AUTOWELL, enjuagar.</li> <li>• Mantener lejos del alcance de los niños.</li> </ul>
<p>ÚDER EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CON CALIDAD</p> <hr/> <p>AUTOPISTA MEDELLIN KM 2,5 VÍA SIBERIA 200 MTS ENTRADA TITÁN – PARQUE INDUSTRIAL PORTOS SABANA 80 BODEGA 130 /          PBX 8237787          Correo: <a href="mailto:gerencia@wellquem.com">gerencia@wellquem.com</a> – <a href="http://www.wellquem.com">www.wellquem.com</a>          COTA</p>	

Figura 2. Bactericida y fungicida.







**FICHA TECNICA  
BACTERICIDA Y FUNGICIDA  
WGT**

<b>I. DESCRIPCION.</b>	Líquido bactericida de efectiva acción contra bacterias, (gram positiva, gram negativa), virus y hongos. Por su contenido de surfactantes presenta un gran poder de limpieza a la vez que desinfecta. Su poderosa acción microbiológica es brindada por el contenido de glutaraldehído lo cual lo hace altamente eficiente a concentraciones muy bajas.
<b>II. CARACTERISTICAS.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Actúa sobre un amplio espectro de bacterias tales como Pseudomonas aeruginosas, Escherichia coli y Staphylococcus aureus,</li> <li>&gt; Destruye los virus del SIDA, tuberculosis, y hepatitis en ropas, utensilios y áreas contaminadas</li> <li>&gt; Compuesto no corrosivo y biodegradable.</li> <li>&gt; Desinfectante de alta potencia para superficies duras y equipos médicos.</li> </ul>
<b>III. APLICACIONES.</b>	<p>Limpieza y desinfección general de pisos, paredes, baños etc. Se diluye el bactericida W-GT en diluciones de 1:5 litros, 1:10 dependiendo del grado de suciedad.</p> <p>Desinfección y sanitización de uniformes en hospitales y clínicas, agregue el bactericida en proporción 1:50 al enjuague, sumerja por un tiempo de 20 minutos y luego enjuague.</p> <p>Desinfección y control de malos olores en establos, gallneros, basureros, desagües y recintos cerrados utilice el bactericida en dilución de 1:50, aplique por roscado y permita que el producto actúe por un tiempo de 1hora antes de liberar el área.</p>
<b>IV. USOS.</b>	<p>En la prevención de contagios en gimnasios, duchas, vestuarios, saunas en clubes sociales, colegios, hoteles etcétera.</p> <p>Desinfectante y bactericida en programas de sanitización en las Industrias de Alimentos y farmacéutica.</p>

**LÍDER EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CON CALIDAD**

---

AUTOPISTA MEDELLIN KM 2,5 VÍA SIBERIA 200 MTS ENTRADA TITÁN – PARQUE INDUSTRIAL PORTOS SABANA 80 BODEGA 130 /  
 PBX 8237787  
 Correo: [gerencia@wellquem.com](mailto:gerencia@wellquem.com) – [www.wellquem.com](http://www.wellquem.com)  
 COTA

Figura 3. Desengrasante industrial.

  	
<b>FICHA TECNICA DESENGRASANTE INDUSTRIAL CLEAN S-9</b>	
<b>I. DESCRIPCION.</b>	Limpiador desengrasante hidrosoluble biodegradable, compuesto por una mezcla de agentes penetrantes, solventes e Inhibidores de corrosión. Formulado para remover rápidamente grasa, cera, hollín, tintas, etcétera
<b>II. CARACTERISTICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No es corrosivo.</li> <li>➤ No es inflamable.</li> <li>➤ No es abrasivo.</li> <li>➤ No produce vapores tóxicos.</li> <li>➤ Seguro en la mayor parte de superficies.</li> <li>➤ Económico.</li> <li>➤ Fácil de usar.</li> <li>➤ Altamente biodegradable.</li> </ul>
<b>III. APLICACIONES.</b>	Desengrasante general para toda la industria de alimentos, plásticos, metalmeccánica, imprenta, institucional y Aeronaval.
<b>IV. USOS.</b>	<p>Limpeza de máquinas y herramientas para estampar, troqueles, imprenta linotipos, maquinaria procesadora en panaderías, pastelerías, conservas alimenticias, asadero de pollos, embotelladoras, maquinaria textil y similar.</p> <p>Limpeza de depósitos de aceites en tomos, fresadoras, rectificadoras, maquinarias de corte, etcétera.</p> <p>Desengrase de pisos de hormigón, concreto y baldosa.</p> <p>Limpeza de Filtros y campanas extractoras en cocinas.</p> <p>Desengrase de motores, fuselajes, partes en aeronaves y vehículos.</p>
<b>V. MODO DE EMPLEO.</b>	Diluya 1 parte de Clean S-9 con 3 a 15 partes de agua, dependiendo del grado de suciedad, aplique rociando, permita que la solución actúe por 3 a 4 minutos, restriegue y luego enjuague.
<b>LÍDER EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CON CALIDAD</b>	
<hr/> <small>                 AUTOPISTA MEDELLIN KM 2,5 VÍA SIBERIA 200 MTS ENTRADA TITÁN – PARQUE INDUSTRIAL PORTOS SABANA 80 BODEGA 130 /                  PBX: 8237787                  Correo: <a href="mailto:gerencia@wellquem.com">gerencia@wellquem.com</a> – <a href="http://www.wellquem.com">www.wellquem.com</a>                  COTA             </small>	

Figura 4. Detergente líquido industrial neutro biodegradable.





**FICHA TECNICA**  
**DETERGENTE LÍQUIDO INDUSTRIAL NEUTRO BIODEGRADABLE**  
**WELLGRASS**

<b>I. DESCRIPCIÓN</b>	Mezcla líquida de agentes tensoactivos y desengrasantes que proporcionan un alto poder de detergencia y limpieza. Remueve toda la mugre y suciedad adherida, logrando una acción de lavado más rápida, efectiva y segura.
<b>II. CARACTERÍSTICAS.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fácil de usar.</li> <li>➤ Biodegradable.</li> <li>➤ Muy seguro en todo tipo de superficies.</li> <li>➤ No daña la pintura.</li> </ul>
<b>III. APLICACIONES.</b>	<p><b>FRIGORIFICOS.</b> Es utilizado para el desengrase de pisos, paredes, máquinas en mataderos y plantas distribuidoras de carne y pollo. Dado su alto contenido de ingrediente activo permite diluciones hasta de 40 partes en agua y tiempos de contacto con la superficie entre 5 a 10 minutos dependiendo del grado de suciedad.</p> <p><b>RESTAURANTE Y HOTELES.</b> Por su composición de detergentes activos emulsifica grasas, suciedades, pintura de labios, en los útiles de cocina como: platos, vasos, sartenes, copas y cristales en general. Aplicar en dilución de 1 parte de WELLGRASS por 20 hasta 100 partes de agua.</p> <p><b>INDUSTRIA LACTEA.</b> Para eliminar sustancias grasas de pisos, paredes, ordenadores eléctricos, baldes, cantinas y recipientes. Aplicar en dilución de 5 al 10 % de WELLGRASS en agua.</p> <p><b>INDUSTRIA METALMECÁNICA.</b> Diluciones del 10 % de WELLGRASS son utilizadas para el desengrase de pisos, maquinaria, partes mecánicas y herramientas. Al secar las piezas no muestran oxidación.</p> <p><b>INDUSTRIA DEL TRANSPORTE.</b> Para limpieza de carrocerías de autobuses, camiones y vehículos livianos. Permite diluciones hasta de 1:50 partes de agua. Mantiene el brillo original de la pintura. En lavado de motores de gasolina ó Diesel se prepara una mezcla de 2 partes de WELLGRASS por 3 partes de solvente (kerosene ó ACPM) y esta mezcla se diluye al 10 % con agua.</p> <p><b>HOSPITALES Y CLINICAS.</b> Limpieza de uniformes y dotación de empleados de planta, etc.</p>

**LÍDER EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CON CALIDAD**

---

AUTOPISTA MEDELLIN KM 2,5 VÍA SIBERIA 200 MTS ENTRADA TITÁN – PARQUE INDUSTRIAL PORTOS SABANA 80 BOGOTÁ 130 /  
 PBX 8237787

Correo: [ventas@wellquem.com](mailto:ventas@wellquem.com) – [www.wellquem.com](http://www.wellquem.com)  
 COTA

Figura 5. Solvente dieléctrico.

 	
<b>FICHA TECNICA SOLVENTE DIELECTRICO ELECTRIWELL</b>	
I. DESCRIPCION.	Mezcla de solventes químicamente balanceados para la limpieza de equipos eléctricos aun en funcionamiento. Su poderosa acción disuelve acumulación de suciedades, grasas y extrae la humedad sin riesgos como corrosión, daño en plásticos, pinturas o aislantes
II. CARACTERISTICAS.	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Rigidez dieléctrica 25 KV.</li> <li>&gt; Evaporación controlada.</li> <li>&gt; No contiene tetracloruro de carbono, benceno ni tricloroetileno.</li> <li>&gt; No es corrosivo.</li> <li>&gt; Disminuye riesgos de incendio y paradas por reparaciones</li> </ul>
III. APLICACIONES.	Para limpieza y desengrase de motores y tableros eléctricos, sistemas de alarmas, transformadores, generadores, equipos de ignición, interruptores, condensadores, etcétera.
IV. USOS	Remueva los residuos con aire seco. Aplique ELECTRIWELL por inmersión o con rociador llegando a todas las partes internas de los equipos. Evite salpicaduras.
<b>V. ESPECIFICACIONES FISICOQUIMICAS.</b>	
Apariencia.	Líquido no viscoso transparente e incoloro.
Olor.	Característico.
Gravedad específica.	1,02 +/- 0,05
Punto de inflamación.	58°C
Punto de ebullición.	39°C
Toxicidad. (TLV)	400 ppm. Úsese con buena ventilación.
Estabilidad.	Un año bajo condiciones normales de almacenamiento.
Presentación.	Recipientes metálicos de 20, 60 y 208 litros.
VI. PRECAUCIONES	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Conservar alejado de toda fuente de calor.</li> <li>&gt; Evitar contacto con ojos y piel.</li> <li>&gt; Mantener lejos del alcance de los niños.</li> <li>&gt; En caso de ventilación insuficiente, use equipo respiratorio adecuado.</li> </ul>
LÍDER EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CON CALIDAD	
AUTOPISTA MEDELLIN KM 2,5 VÍA SIBERIA 300 MTS ENTRADA TITÁN – PARQUE INDUSTRIAL PORTOS SABANA 80 BODEGA 130 / PBX 8237787 Correo: <a href="mailto:gerencia@wellquem.com">gerencia@wellquem.com</a> – <a href="http://www.wellquem.com">www.wellquem.com</a> COTA	

Figura 6. Desengrasante emulsificante hidrosoluble biodegradable.





**FICHA TECNICA**  
**DESENGRASANTE EMULSIFICANTE HIDROSOLUBLE BIODEGRADABLE**  
**WQ - 9487**

<b>I. DESCRIPCIÓN</b>	Es una mezcla de agentes limpiadores y humectantes, detergentes, agentes secuestrantes y fosfatos disueltos en medio acuoso.
<b>II. CARACTERÍSTICAS.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Rápida y poderosa acción de penetración.</li> <li>&gt; No es inflamable.</li> <li>&gt; No deja residuos o película residual aceitosa.</li> </ul>
<b>III. APLICACIONES.</b>	Se emplea en la limpieza y desengrase de maquinaria y en general en toda clase de superficies. Como el producto es concentrado, se recomienda diluirlo hasta en 50 partes de agua dependiendo de la cantidad de grasa o suciedad a eliminar. Deje que transcurra unos minutos para que penetre adecuadamente, de ser necesario use un cepillo, trapero, etc. Aplíquelo tantas veces como sea necesario. Dilúyalo hasta obtener la potencia deseada, al limpiar el aluminio, enjuague o frote rápidamente para evitar las manchas, si duda en la aplicación sobre pinturas o plásticos especiales experimente en un área pequeña para asegurarse de su compatibilidad.
<b>IV. USOS.</b>	Puede utilizarse sobre superficies metálicas, metálicas pintadas, cemento, plásticos, cauchos, telas, cueros, plexiglas, neopreno o nylon, es efectivo para suciedades superficiales en pisos con acabados acrílicos.
<b>V. ESPECIFICACIONES FÍSICOQUÍMICAS.</b>	
Apariencia.	Líquido no viscoso transparente
Gravedad específica.	1.05 +/- 0.05
Punto de ebullición.	100°C.
Olor.	Característico.
PH (100)	12 +/- 0.5
Estabilidad.	Un año bajo condiciones normales de almacenamiento.
Biodegradabilidad.	Totalmente biodegradable.
Presentación.	Envase plástico de 20, 60, y 208 litros.
<b>VI. PRECAUCIONES.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Evitar el contacto con ojos y piel.</li> <li>En caso de ventilación insuficiente, use equipo respiratorio adecuado.</li> <li>Mantener lejos del alcance de los niños.</li> </ul>	

**LÍDER EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CON CALIDAD**

AUTOPISTA MEDELLIN KM 2,5 VÍA SIBERIA 200 MTS ENTRADA TITÁN - PARQUE INDUSTRIAL PORTOS SABANA 80 BODEGA 130 /  
 PBX 8237787

Correo: [generald@wellquem.com](mailto:generald@wellquem.com) - [www.wellquem.com](http://www.wellquem.com)  
 COTA

Figura 7. Limpiador no ácido para aluminio.

							
<b>FICHA TECNICA LIMPIADOR NO ÁCIDO PARA ALUMINIO BRILLALUM</b>							
<b>I. DESCRIPCIÓN.</b>		Es una mezcla en base acuosa de agentes surfactantes, secuestrantes y abrillantadores alcalinos.					
<b>II. CARACTERÍSTICAS.</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Económico, se diluye con 10 a 25 partes de agua.</li> <li>➢ Seguro, no contiene ácidos.</li> <li>➢ Rápida acción.</li> </ul>					
<b>III. APLICACIONES.</b>		<p>Este producto está formulado para la limpieza y abrillantado de serpentines de aluminio para sistemas de aire acondicionado. También se emplea para la limpieza de radiadores de máquinas compresoras y para la limpieza de furgones y tanques de aluminio.</p> <p>INSTRUCCIONES: Diluya una parte de BRILLALUM con 10 a 25 partes de agua, aplíquelo, use rociador o cepillo. Deje actuar por 3 ó 5 minutos y enjuague con abundante agua, preferiblemente a presión.</p>					
<b>IV. USOS</b>		Limpia serpentines de aluminio en equipos de aire acondicionado y enfriamiento. Reacción espumosa que desaloja la suciedad, dejando en pocos minutos las superficies limpias y brillantes.					
<b>V. ESPECIFICACIONES FÍSICOQUÍMICAS.</b>							
Apariencia.		Líquido no viscoso, transparente color rojo.					
Gravedad específica.		1.2 +/- 0.5					
Solubilidad.		Soluble en agua en todas proporciones.					
Olor.		Característico.					
PH (100%)		12 +/- 0.5					
Estabilidad.		Un año bajo condiciones normales de almacenamiento.					
Biodegradabilidad.		Totalmente biodegradable.					
Presentación.		Envase plástico de 20, 50, y 208 litros.					
Equipo necesario.		Para usar el producto se puede utilizar rociador manual, un equipo a baja presión o simplemente impregnar la superficie.					
<b>VI. PRECAUCIONES.</b>							
<p>Puede causar quemaduras fuertes en la piel, por lo cual se recomienda usar guantes, botas de caucho y protección facial cuando se use el producto.</p> <p>Evitar contacto con ojos y piel.</p> <p>Mantener lejos del alcance de los niños.</p> <p>No use en aluminio anodizado, ni en acabados decorativos.</p>							
LÍDER EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CON CALIDAD							
AUTOPISTA MEDELLIN KM 2,5 VÍA SIBERIA 200 MTS ENTRADA TITÁN – PARQUE INDUSTRIAL PORTOS SABANA BO BOCEGA 130 / PBX: 8237787 Correo: <a href="mailto:gerencia@wellquem.com">gerencia@wellquem.com</a> – <a href="http://www.wellquem.com">www.wellquem.com</a> COTA							

Figura 8. Limpiador de aluminio y acero inoxidable.






**FICHA TECNICA  
 LIMPIADOR DE ALUMINIO Y ACERO INOXIDABLE  
 LSA-2**

<b>I. DESCRIPCION.</b>	Mezcla balanceada de surfactantes, tensoactivos y limpiadores activos, diseñado para remover suciedad, óxido, corrosión y brillar superficies de aluminio y acero inoxidable. El L.S.A.2 está formulado para que actúe rápida y efectivamente sobre óxidos, manchas, hollín y todo tipo de suciedad sin afectar las superficies.
<b>II. CARACTERISTICAS.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; No es corrosivo.</li> <li>&gt; No es inflamable.</li> <li>&gt; No es abrasivo.</li> <li>&gt; No produce vapores tóxicos.</li> <li>&gt; Seguro en la mayor parte de superficies.</li> <li>&gt; Fácil de usar.</li> <li>&gt; Altamente biodegradable.</li> </ul>
<b>III. APLICACIONES.</b>	Limpieza de serpentines de aire acondicionado. Limpieza y abrillantamiento de furgones. Limpieza de superficies de acero inoxidable en los equipos de procesos en la industria de alimentos. L.S.A.-2 es seguro en la limpieza externa de tubería que conduce gas, oxígeno, puesto que después de enjuagar no deja ningún tipo de residuo. L.S.A. 2 no debe usarse en superficies de aluminio adonizado, abrillantado ni en vidrio o porcelana.
<b>IV. USOS.</b>	Empresas de mantenimiento de equipos de aire acondicionado. En la industria de alimentos para limpieza de equipos. Empresas de Mantenimiento de equipos y líneas transportadoras de gas oxígeno
<b>V. MODO DE EMPLEO.</b>	Diluya el L.S.A.-2 hasta con 10 partes de agua, dependiendo de la suciedad a quitar, permita actuar el producto de 3 a 5 minutos, frote con un cepillo y enjuague suficientemente con agua. Cuando se aplica L.S.A.2 sobre superficies verticales es importante aplicar el producto de abajo hacia arriba, pues de lo contrario es posible que aparezcan rayas por donde baja el producto.

**LÍDER EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CON CALIDAD**

AUTOPISTA MEDELLIN KM 2,5 VÍA SIBERIA 200 MTS ENTRADA TITÁN – PARQUE INDUSTRIAL PORTOS SABANA 80 BODEGA 130 /  
 PBX 8237787

Correo: [ventas@wellquem.com](mailto:ventas@wellquem.com) – [www.wellquem.com](http://www.wellquem.com)

COLOMBIA

## ANEXO B

### PLANO ACTUAL DE LA EMPRESA WELLQUEM DE COLOMBIA S.A.S

Figura 1. Plano actual de la empresa.

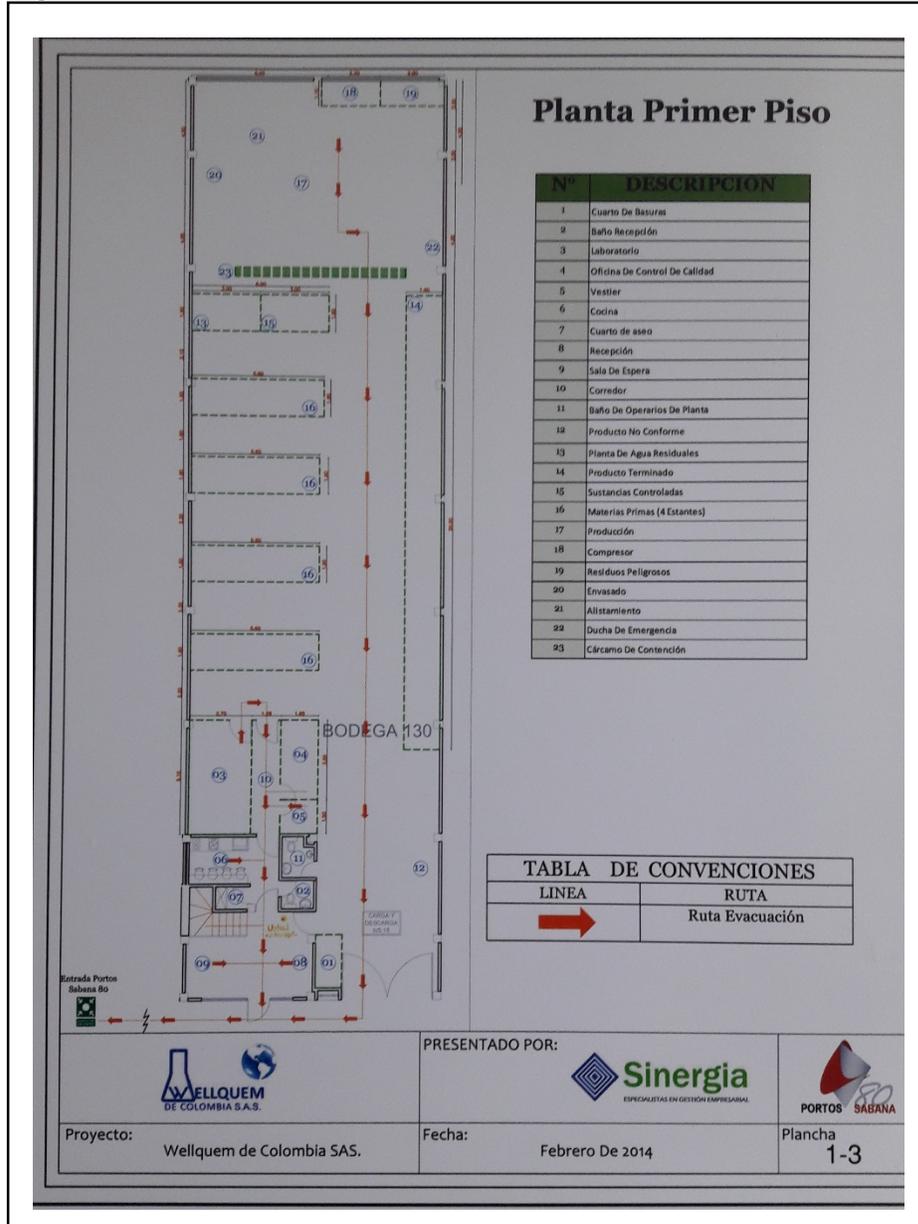


Figura 1. (Continuación).



Figura 1. (Continuación).



## ANEXO C

# GASTOS Y CONTROL POR DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR LA EMPRESA ECOFUEL

**Figura 1.** Gastos por disposición de aguas residuales por la empresa Ecofuel.

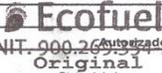
		<b>FACTURA DE VENTA No. 143052</b>			
NIT 900269354-2		ECO FUEL S.A.S KM 19 20 BRR ANTIGUA TRONCALDE OCCIDENTE MCP MOSQUERA Tel. 8290800 Fax. 114			
REGIMEN COMUN AGENTE RETENEDOR DE IVA Tarifa ICA MOSQUERA 6xMIL ACTIVIDAD ECONOMICA 4861 Factura elaborada por computador según RESOLUCIÓN DIAN No. 320001347925 2015/12/18 DESDE 100001 Hasta 200000					
CLIENTE: WELLQUEM DE COLOMBIA SAS DIRECCION: CR 111 A 16 I 06 - . BOGOTA DESPACHO: CR 111 A 16 I 06 - . BOGOTA - BOGOTÁ Tel: 4134404		COD CLIENTE 40000058	FECHA 17.01.2017	VENCIMIENTO 16.02.2017	
ORDEN DE COMPRA 190078419		NIT 8000052830	PEDIDO 1128754	FEC.PEDIDO 29.12.2015	
ZONA Bogota	CODIGO 14	CONDICIONES DE PAGO Fecha de vencimiento en 30 dias		ENTREGA 80170819	
CONSIGNAR EN CUENTA CORRIENTE # 031 491 848 44 BANCOLOMBIA					
REF.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	PRECIO UNI.	VALOR
80389	GEST DE LIQUIDOS ALCALINO CONT	226	KG	850	192.100
80380	GEST MATERIAL CONTAMINADO DISP INCINERAC	152	KG	1.700	258.400
Observaciones: RADICAR EN KM 2.5 VIA SIBERIA COTA-PARQUE EMPRESARIAL PORTOS SABANA 80,FECHA LIMITE 20 ENERO.					SUBTOTAL 460.500
					FLETE 0
					IVA 85.596
					RETE. FUENTE 18.020
					RETE. IVA 0
					RETE. ICA 0
					TOTAL 518.075
<b>VALOR EN LETRA: QUINIENTOS DIECIOCHO MIL SETENTA Y CINCO PESOS M/CTE</b>					
Esta Factura tiene la calidad de Título valor en los términos de la Ley 1231 de 2006 y el Decreto Reglamentario 3327 de 2009, y las normas relativas a la letra de cambio.					
<b>IMPORTANTE</b> Manifestamos que hemos sido informados sobre la procedencia de los Bienes y/o servicios que estamos adquiriendo de ECOFUEL S.A., conocemos por tanto el origen del servicio y/o material adquirido, siendo este ultimo de origen reciclado y por tanto puede no tener características de material original y presentar imperfecciones y/o heterogeneidad en su composición. ECOFUEL S.A. hará su mejor esfuerzo en comercializar material de óptima calidad. Sin embargo, en caso tal de presentarse defectos no atribuibles a negligencia o descuido de ECOFUEL S.A., el cliente acepta que no habrá devoluciones y/o cambio del material. La firma y/o sello sobre esta factura es señal de haber sido irrevocablemente aceptada, así como de haber recibido a satisfacción, de manera real y materialmente, los servicios y/o material proporcionado por ECOFUEL S.A. Reclamamos por diferencias en el pedido, montos facturados y/o servicios, se aceptarán hasta diez (10) días después de recibida la presente factura. Después de vencida esta factura cobraremos intereses de mora a la tasa máxima legal permitida.					
KATHERINE ZAPATA Elaborado		 NIT. 900269354-2 Original		ENCAJONADO Firma Y/O Sello Aceptada	
Página 1 de 1					

Figura 1. Control de residuos líquidos.

WELLQUEM		CONTROL DE RESIDUOS GENERADOS					FPG-PG-14 VERSION 3	
FECHA	KG RESIDUOS COMUNES	KG RECICLAJE	AGUA REUTILIZADA	ENVASES REUTILIZADOS				
01-MAR-14	35.5 K	5 K						
08-ABR-14					211 K			420-3
08-ABR-14						169 K		08/07/2014-14711-01
10-ABR-14		190 K						
16-ABR-14	15 K							
19-MAY-14	14 K							
03-JUN-14	24 K	142 K						
12-JUN-14					658 K			2,154 3
12-JUN-14						199 K		1909/2014-15089-0
16-JUL-14	18 K	6.4 K						
18-JUL-14						83.6 K		10/10/2014-15221-1
18-JUL-14					1046 K			2,154 1
28-JUL-14	26 K	7.2 K						
01-AGO-14		149 K						
15-AGO-14	22 K	11.5 K						
01-SEP-14	10 K	13 K						
29-SEP-14		163 K						
29-OCT-14	10 K	15 K						
05-NOV-14						298 K		05/12/2014-15529-67
14-NOV-14	14.5 K	11 K						
17-DIC-14	18 K	15 K						
22-ENE-15	12 K	-						
25-FEB-15	22 K	7 K						
26-FEB-15					637 K			3,267 5
26-FEB-15						340 K		10/03/2015-30438-12
10-MAR-15	18 K							
22-ABR-15	20 K							
20-MAY-15	16 K							
26-JUN-15	18 K							

Figura 1. (Continuación).

W		QUEM		CONTROL DE RESIDUOS GENERADOS					FPG-PG-14 VERSION 3	
FECHA	KG RESIDUOS COMUNES	KG RECICLAJE	AGUA REUTILIZADA	ENVASES REUTILIZADOS						
01-Jul-2015										
04-Jul-2015	16 K	211 K					252 K			
21-Jul-2015	10 K	—							16/07/2015-2 136-21	
13-Ago-2015	14 K	206 K								
20-Sep-2015	18 K	—								
19-Oct-2015	20 K	366 K								
16-Oct-2015	—	—								
28-Oct-2015	—	117 K					196 K		06/11/2015-2 784-31	
28-Oct-2015	20 K	—								
23-Nov-2015	14 K	—								
15-Dic-2015	18 K	—								
23-Dic-2015	—	234 K					143 K		04/01/2016-3: 078-6	
29-Dic-2015	—	186 K								
30-Dic-2015	—	170 K								
21-Ene-2016	13 K	—								
11-Feb-2016	15 K	—								
03-Mar-2016	—	—								
03-Mar-2016	—	—		104 K			438 K			
18-Mar-2016	20 K	256 K		—			138 K		32972	
21-Abr-2016	—	63 K								
14-May-2016	58 K	—								
23-Jun-2016	65 K	—		1						
21-Jul-2016	35 K	—		104 K			367 K		36279	
17-Ago-2016	40	—								
23-Sep-2016	40	—								
20-Oct-2016	45	—		208 K			300 K		36266	
29-Dic-2016	—	—								
07-Abr-2017	—	—		226 K			152 K		38085	
				416 kg			2.35 kg			

## ANEXO D

### CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA EXTERNA HIDROLAB

**Figura 1.** Caracterización de la empresa externa Hidrolab.

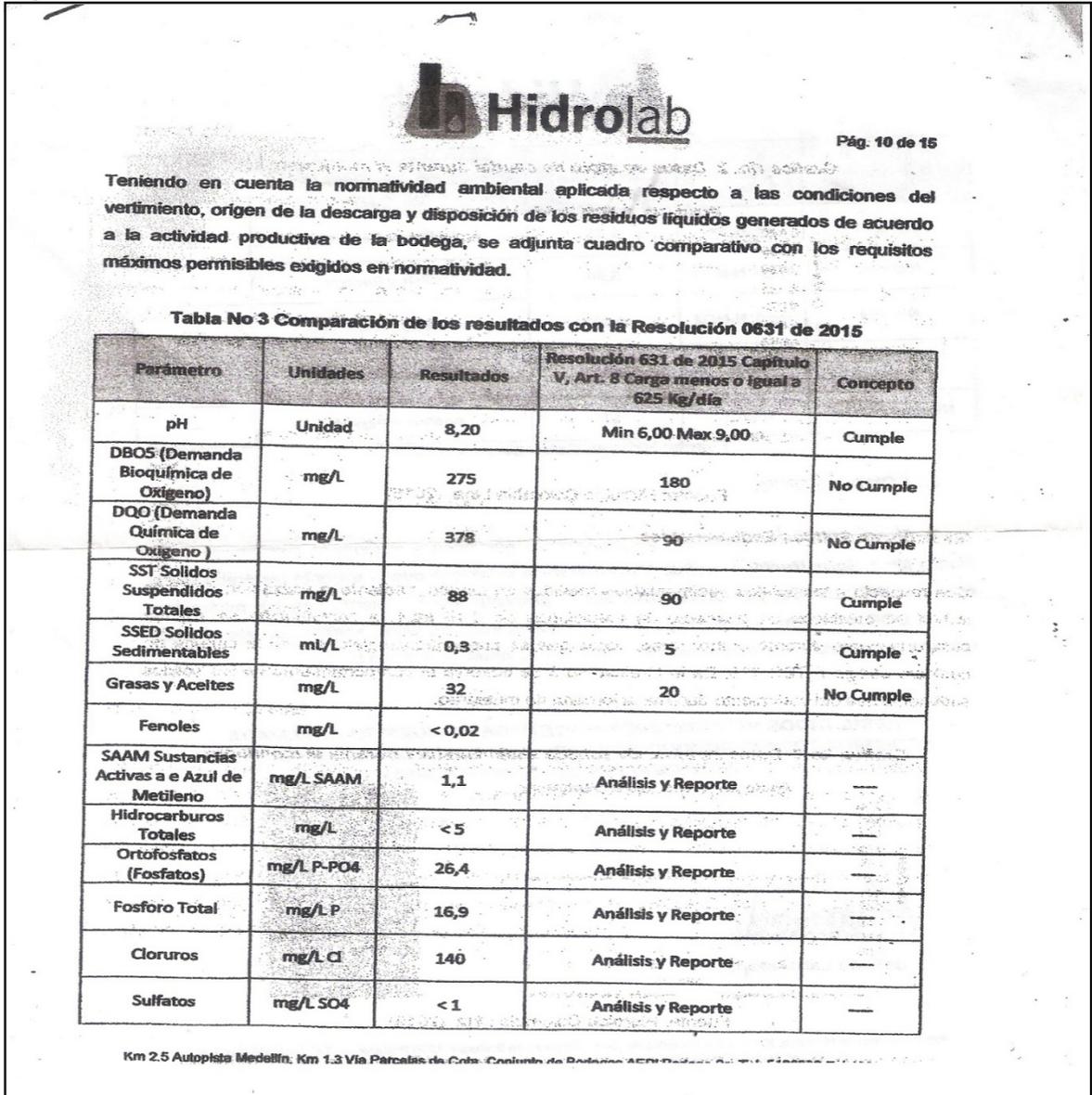
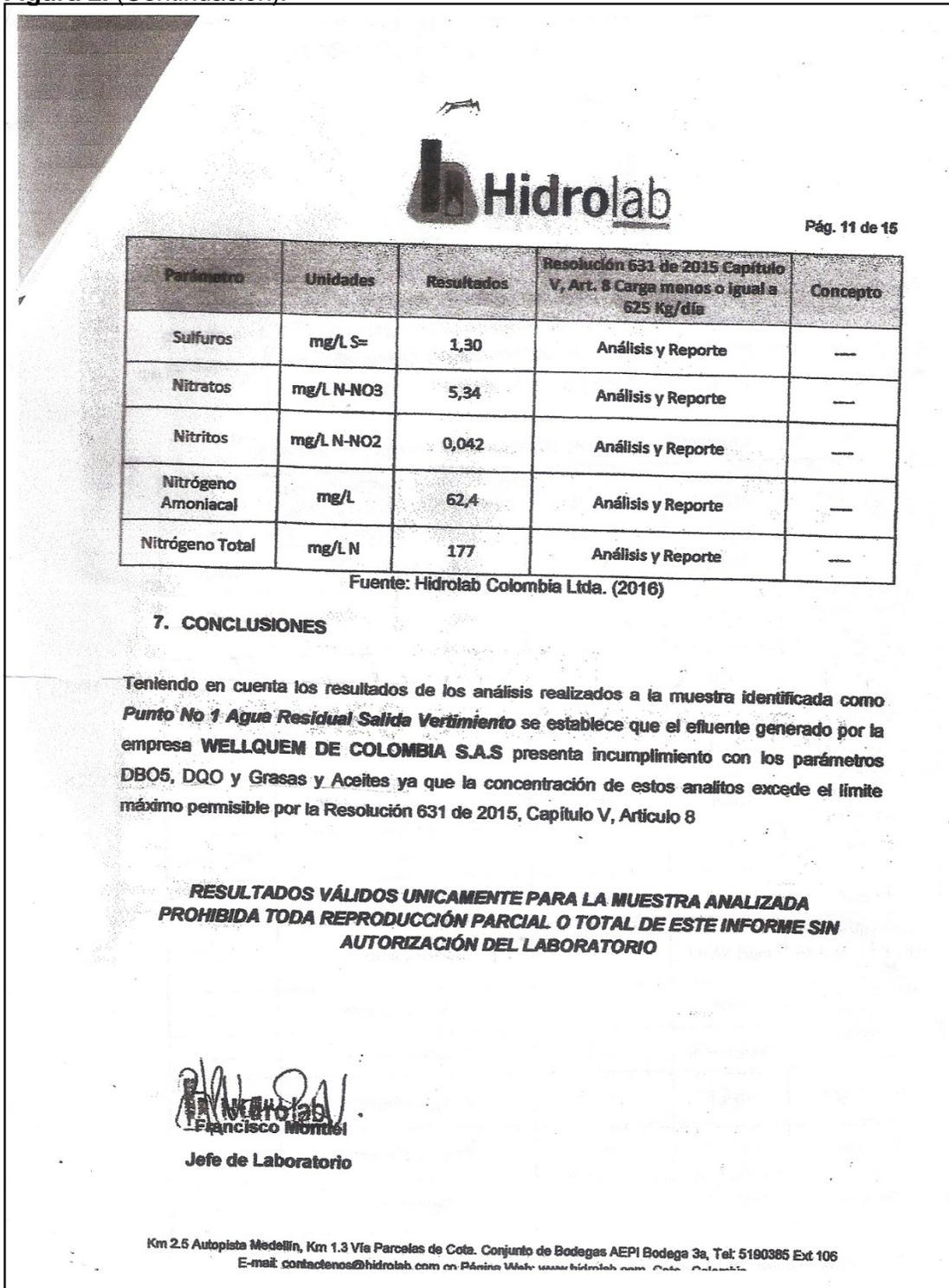


Figura 2. (Continuación).



## ANEXO E

### CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LA EMPRESA EXTERNA LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL

**Figura 1.** Caracterización inicial de la empresa externa laboratorio ingeniería ambiental.




**LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL**  
**INFORME DE RESULTADOS**

LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL  
 INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES DE MEDIANEZA  
 VÍA DEL COMERCIO 23 4A  
 05003 BOGOTÁ, COLOMBIA  
 TELÉFONO: 322 2706843  
 FAX: 322 2706843

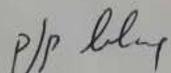
INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Cliente:	LEN NAYARY GONZÁLEZ MUÑOZ	ANÁLISIS N°:	33893
Persona a contactar:	SRITA. LEN NAYARY GONZÁLEZ MUÑOZ	Cotización N°:	167-2017
Dirección / Ciudad:	CALLE 28 No. 33- 15 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	053-2017
Teléfono Fijo/Fax/Movil:	322 2706843	Recibida por:	C.COY
Fecha de Registro:	2017-05-26	Fecha de Entrega:	2017-06-09

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Municipio:	BOGOTÁ	Departamento:	CUNDINAMARCA
Procedencia:	WELLQUEM DE COLOMBIA S.A.S.	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	TANQUE DE RECOLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES	Tipo de Muestra:	AGUA RESIDUAL
Fecha de Toma de Muestra:	2017-05-26	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL

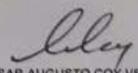
RESULTADOS				
Parámetro	Unidades	Método	Fecha análisis	Resultado
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SM 2540 D	2017-06-08	2500
Grasas y Aceites	mg/L	SM 5520 D	2017-06-05	50
DBO <sub>5</sub>	mg/L O <sub>2</sub>	SM 5210 B	2017-05-26	330
DDO	mg/L O <sub>2</sub>	SM 5220 C	2017-06-08	860

**OBSERVACIONES:**

La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente válidos para esta muestra

  
 Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ  
 Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental



  
 Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDIA  
 Responsable Técnico. M.P. Q-3246

(Pag 1 de 1) FIN DEL INFORME. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LIA-FT-096 V.01  
 Edificio 406-Instituto de Ensayos e Investigaciones I.E.I. 2do piso. oficina 228, Telefax 3165551, Conmutador 3165000 Ext.a 13322-13333, Email: labingamb@unab.edu.co

## ANEXO F

### FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO ALW 250

Figura 1. Acondicionador de lodos – coagulante y floculante.

  	
<b>FICHA TÉCNICA</b> <b>ACONDICIONADOR DE LODOS – COAGULANTE Y FLOCULANTE</b> <b>ALW-250</b>	
<b>I. DESCRIPCIÓN.</b>	<p>Polímero desestabilizador de cargas que permite una completa coagulación de sólidos presentes en el agua y posterior floculación que permite obtener los niveles de turbidez y de color que se requieren. Excelente en la remoción de hierro y para clarificar aguas con altos niveles de color.</p> <p>Entre las muchas ventajas del ALW-250 con respecto a otros coagulantes floculantes es su menor contenido de Aluminio residual, soporta amplios rangos de pH, mucho menos corrosivo que otros coagulantes, su poder floculante hace innecesario el uso de floculantes de alto peso molecular.</p>
<b>II. APLICACIONES.</b>	<p>ALW-250 ha sido formulado para uso en aguas residuales e industriales, en la industria papelera para el control de la pegajosidad en mallas y filtros, en la industria petrolera para obtener una sedimentación más rápida de los lodos que causan turbidez y dificultan la extracción de petróleo.</p>
<b>III. DILUCIONES</b>	<p>Dependiendo del uso final se aplica 1 parte de ALW-250 por cada 2.000 a 2.500 partes de agua.</p> <p><b>PRUEBA DE JARRAS</b>          Determina exactamente la cantidad de ALW-250 a utilizar así como los tiempos de floculación y sedimentación de los sólidos suspendidos.</p>
<b>IV. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
Apariencia	Líquido color amarillento
Olor	Característico
pH solución al 15%	4,5 +/- 1,0
Contenido de AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,5 +/- 1,0
Gravedad específica	1,30 +/- 0,05
Presentación	Envases plásticos de 20 litros.
<b>VII. PRECAUCIONES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Almacenar en área ventilada, bajo techo y lejos del calor.</li> <li>➤ Evite el contacto con la piel y los ojos. No ingerir, en caso de suceder enjuagar con bastante agua y acudir al médico.</li> <li>➤ Consulte la hoja de seguridad para los elementos de protección personal.</li> </ul>
<p><b>LÍDER EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CON CALIDAD</b></p> <p>AUTOPISTA MEDELLIN KM 2,5 VÍA SIBERIA 200 MTS ENTRADA TITÁN – PARQUE INDUSTRIAL PORTOS SABANA 80 BODEGA 130 /          PBX 8237787          Correo: <a href="mailto:general@wellquem.com">general@wellquem.com</a> – <a href="http://www.wellquem.com">www.wellquem.com</a>          COCA</p>	

## ANEXO G

### COTIZACIÓN BOMBA DOSIFICADORA

Figura 1. Cotización bomba dosificadora.

 <b>SERVICOLOR</b> NIT 860.353.061-4		Profesionales en dosificación de químicos, equipos de medición en líneas y de caudal, en procesos para tratamientos de agua potable, residual e industrial. Carrera 47A N° 103 - 40 - Bogotá D.C., Colombia PBX: 57(1) 6235670 Fax: 57(1) 62 13852 info@servicolor.com WWW.servicolor.com		
<b>SEÑORES:</b> _____ _____ _____		<b>Fecha:</b> febrero 14 de 2014		
		<b>UNIDAD:</b> N00037/02/2014		<b>PÁGS.:</b> 1
		<b>Validez de la Oferta:</b> Trenta (30) días		
		<b>Entrega:</b> Inmediato Salvo Venta Previa		
<b>Solicitud por:</b> Natalia Tenjo		<b>E. de pago:</b> Anticipado para proceder al despacho		
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	<b>BOMBA DOSIFICADORA DE SULFATO DE ALUMINIO</b> <b>CAUDAL : 1,6 L/mín. P: 18Bar</b>  Bomba dosificadora de productos químicos líquidos para trabajo industrial tipo diafragma mecánico marca <b>OBL</b> modelo <b>MB121PP</b> de fabricación europea. Combina las características de una bomba de pistón (tasa de flujo lineal a cualquier contra-presión) con la exactitud en la dosificación de una bomba de diafragma. <b>Características técnicas:</b> * Rata de dosificación - Mínima 12,1 litros/hora - Máxima 121 litros/hora * Presión máxima de descarga: 6 bar (87PSI) * Precisión: 2% * Motor eléctrico trifásico, tipo jaula de ardilla industrial de 0,3 H.P., 60Hz, 220VAC, y grado de protección IP 55. * Material del diafragma: PTFE (Teflón) * Cabezal en PP reforzado en fibra de vidrio. * Válvula en esfera de vidrio Pírex. * Asiento de la válvula en PVC * Sellos de la válvula en Vitón * Sellos de la válvula en Vitón * Conexión Roscada 3/8" * Peso: 10 Kg. * Viscosidad máxima- <b>500 Cps</b>	1	€ 1.370	€ 1.370
				
<b>OBSERVACIONES:</b> <b>ADICIONAL EL IVA</b> La tasa del euro se liquida a fecha de facturación del equipo				
Gerencia	Ing. Mauricio Pinzon J. Gerente Comercial	Ing. Natalia Collazos G. Asesor Técnico Comercial		

## ANEXO H

### CARACTERIZACIÓN FINAL DE LA EMPRESA EXTERNA LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL

**Figura 1.** Caracterización final de la empresa externa laboratorio ingeniería ambiental.




**LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL**  
**INFORME DE RESULTADOS**

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Cliente:	LEN NAYARY GONZÁLEZ MUÑOZ	ANÁLISIS N°:	33893
Persona a contactar:	SRITA. LEN NAYARY GONZÁLEZ MUÑOZ	Cotización N°:	167-2017
Dirección / Ciudad:	CALLE 28 No. 33- 15 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	053-2017
Teléfono Fijo/Fax/Movil:	322 2706843	Recibida por:	C.COY
Fecha de Registro:	2017-05-26	Fecha de Entrega:	2017-06-09

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Municipio:	BOGOTÁ	Departamento:	CUNDINAMARCA
Procedencia:	WELLQUEM DE COLOMBIA S.A.S.	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	TANQUE DE RECOLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES	Tipo de Muestra:	AGUA RESIDUAL
Fecha de Toma de Muestra:	2017-05-26	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL

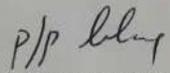
  

RESULTADOS				
Parámetro	Unidades	Método	Fecha análisis	Resultado
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SM 2540 D	2017-06-08	630
Grasas y Aceites	mg/L	SM 5520 D	2017-06-05	13,5
DBO <sub>5</sub>	mg/L O <sub>2</sub>	SM 5210 B	2017-05-26	200
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	SM 5220 C	2017-06-08	450

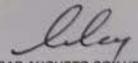
  

**OBSERVACIONES:**

La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente válidos para esta muestra

  
**Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ**  
Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental



  
**Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDIA**  
Responsable Técnico M.P. Q-3246

(Pag 1 de 1)      FIN DEL INFORME. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO      LIA-FT-096 V.01  
 Edificio 406-Instituto de Ensayos e Investigaciones I.E.I. 2do piso, oficina 226, Telefax 3165551, Comutador 3165000 Ext. 13322-13333, Email: labingamb\_fibog@unal.edu.co

# ANEXO I

## DIAGRAMA DE LA EMPRESA EXTERNA MIF

Figura 1. Diagrama de la empresa externa MIF.



 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

## AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Nosotros Len Nayary González Muñoz y Lady Paola Ruiz Ubaque en calidad de titulares de la obra Desarrollo de una propuesta de mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) para la empresa Wellquem de Colombia SAS, elaborada en el año 2016, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establecemos las siguientes condiciones de uso de nuestra obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input checked="" type="checkbox"/>

Licencias completas: [http://co.creativecommons.org/?page\\_id=13](http://co.creativecommons.org/?page_id=13)

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a sus autores.

De igual forma como autores autorizamos la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	X	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	X	

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaremos, en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		X

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá DC, a los 7 días del mes de Noviembre del año .2017

**LOS AUTORES:**

**Autor 1**

<b>Nombres</b>	<b>Apellidos</b>
Len Nayary	González Muñoz
<b>Documento de identificación No</b>	<b>Firma</b>
1032441900	<i>Len Gonzalez M.</i>

**Autor 2**

<b>Nombres</b>	<b>Apellidos</b>
Lady Paola	Ruiz Ubaque
<b>Documento de identificación No</b>	<b>Firma</b>
1020753276	<i>Lady Paola Ruiz Ubaque.</i>

Nota: Incluya un apartado (copie y pegue el cuadro anterior), para los datos y la firma de cada uno de los autores de la obra.