

FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DE AGUA  
PARA LA EMPRESA SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU  
SUCURSAL COLOMBIA.

JUAN SEBASTIAN DELGADO CARVAJAL  
CAMILA ANDREA MARTINEZ AVILA

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

FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DE AGUA  
PARA LA EMPRESA SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU  
SUCURSAL COLOMBIA.

JUAN SEBASTIAN DELGADO CARVAJAL  
CAMILA ANDREA MARTINEZ AVILA

Proyecto integral de grado para optar el título de  
INGENIERO QUÍMICO

Director  
CAMILA ALEJANDRA SUESCUN HERRERA  
Ingeniero Químico

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

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

Ing. Elizabeth Torres

---

Ing. Diana Cuesta

---

Ing. Felipe Correa

Bogotá D.C. noviembre de 2018

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro:

**Dr. JAIME POSADA DIAZ**

Vice-rector de Desarrollo y Recursos Humanos:

**Dr. LUIS JAIME POSADA GARCA-PEÑA**

Vice-rectora Académica y de Posgrados:

**Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS**

Decano Facultad de Ingeniería:

**Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI**

Director Programa de Ingeniería Química:

**Ing. 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 a los autores.

## AGRADECIMIENTO

*A Dios, que es Él, el que me da la fuerza para avanzar en mi camino y estar siempre de la mano con mi familia.*

*A mis Padres: Rafi y Lilicita. Que son mi vida; sin ellos, sin sus palabras, y sin su amor, no podría vivir. Gracias a ellos soy lo que soy. Y mi vida y esta carrera, es por ellos y para ellos. Son el orgullo de mi vida y el motor para levantarme cada día y seguir adelante. Los amo mis viejos. Dios me los tenga mucho tiempo a mi lado.*

*A mis hermanos: Mi tigre y Nanita. A ellos les digo: son las mejores personas que conozco. Gracias por apoyarme siempre, por consentirme siempre, por quererme y brindarme tantas cosas. Hayan las peleas que hayan siempre los voy a amar. Infinitas gracias a ustedes por mis "muchachos". Son la mayor alegría. Mati, Juani y Tommy.*

JUAN SEBASTIAN DELGADO CARVAJAL

## AGRADECIMIENTO

A mi madre, mis tíos Josefa, Yuda y Martincho y Lucho, por su apoyo incondicional durante este proceso y especialmente a mi nonita que con su amor y ejemplo me dieron la fuerza para nunca rendirme.

CAMILA ANDREA MARTINEZ AVILA

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Grupo SOIL COLOMBIA, por permitir el desarrollo de este proyecto dentro de las instalaciones que opera. A todas las personas que laboran allí por su colaboración.

A la ingeniera Elizabeth Torres por su apoyo y guía, en el desarrollo de este proyecto.

A la ingeniera Camila Suescun por su apoyo, paciencia y colaboración en el desarrollo de este proyecto.

A todas las personas que de una universidad que de una u otra forma brindaron apoyo técnico y académico para la orientación de este proyecto

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	17
OBJETIVOS	18
1. MARCO DE REFERENCIA	19
1.1 MAR-CO TEORICO	19
1.1.1 Características generales de las aguas residuales	19
1.1.2 Tratamiento de aguas residuales industriales	19
1.1.3 Pretratamiento	22
1.1.4 Tratamiento primario	22
1.1.5 Tratamiento secundario	22
1.1.6 Tratamiento ternario o avanzado	22
1.2 MARCO LEGAL	22
1.2.1 Ley 373 de 1997	23
1.2.3 Resolución 2115 de 2007	24
1.2.4 Resolución 631 de 2015	24
2. DIAGNOSTICO	25
2.1 GENERALIDADES	25
2.2 PROCESO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS OPERADAS POR SOIL COLOMBIA EN UNA PLANTA DE BENEFICIO BOVINO Y PORCINO	25
2.2.1 Planta de Tratamiento de Agua Potable	25
2.2.2 Planta de Tratamiento de Aguas para el Reuso	27
2.2.3 Planta de Tratamiento de Agua Residual	29
2.2.4 Fuente de captación	30
2.3 PROCESO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL OPERADA POR SOIL COLOMBIA EN UNA PLANTA DE BENEFICIO AVÍCOLA	30
2.3.2 Fuente de captación	32
2.4 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA	32
2.4.1 Planta de tratamiento de agua potable (planta de beneficio bovino y porcino)	33
2.4.2 Planta de tratamiento de aguas para el reuso (planta de beneficio bovino y porcino)	34
2.4.4 Planta de tratamiento de agua residual (planta de beneficio avícola)	36
2.5.1 Balance hídrico en la planta de tratamiento de agua potable.	38
2.5.2 Balance hídrico en la planta de tratamiento de aguas para el reuso	39
2.5.3 Balance hídrico en la planta de tratamiento de agua residual	40
2.5.4 Balance hídrico en la planta de tratamiento de agua residual (Planta de beneficio avícola)	41
2.5.5 Consumos domésticos en las oficinas de Grupo Soil	43
2.6 FUGAS	44

2.7 ANÁLISIS DEL DIAGNÓSTICO.	44
3. ALTERNATIVAS DE REDUCCION Y USO EFICIENTE DEL RECURSO HIDRICO	46
3.1 DISPOSITIVOS DE AHORRO	46
3.1.1 Fluxómetros	46
3.1.2 Hidrolavadoras	47
3.1.3 Grifería	47
3.1.4 instalación de medidores	48
3.1.5 Mantenimiento	48
3.2 SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS PARA LA PLANTA DE BENEFICIO AVÍCOLA	48
3.2.1 Área de recolección de agua lluvia	49
3.2.2 Pluviosidad	49
3.2.3 Volumen de agua a captar en la planta de beneficio avícola	53
3.2.4 Caracterización del agua lluvia	54
3.2.6 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento	57
3.3 CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS EN LA PLANTA DE BENEFICIO BOVINO Y PORCINO	60
3.3.1 Área de recolección de aguas lluvias	60
3.3.2 Pluviosidad	60
3.4 CUADRO DE ALTERNATIVAS DE AHORRO	61
3.5.1 Prácticas de comportamiento	63
3.5.2 Sistemas ahorradores	63
4. DOCUMENTACION	64
4.1.1 Indicadores y metas específicas.	64
4.1.2 Metas generales	66
5. ANALISIS FINANCIERO	67
5.1 COSTOS DE AGUA EN PLANTA DE BENEFICIO BOVINO Y PORCINO	67
5.1.1 Inversión inicial dispositivos de ahorro	68
5.1.3 Ahorro en pesos por los dispositivos de ahorro	68
5.1.4. Inversión inicial Captación de aguas lluvias	69
5.1.5 Ahorro en pesos para la captación de aguas lluvias	69
5.2 Costos del agua en la planta de beneficio avícola	70
5.2.1 Inversión inicial para la PTALL	71
5.2.2 Ahorro en pesos para la PTALL	71
6. CONCLUSIONES	78
7. RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFIA	77
ANEXOS	79

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Caracterización de las aguas extraídas del pozo 1 y 2.	33
Tabla 2. Caracterización del agua potable.	34
Tabla 3. Caracterización del agua captada para tratar en la planta de tratamiento de aguas para el reuso	34
Tabla 4. Caracterización del agua a la entrada de la PTAR.	35
Tabla 5. Caracterización del agua a la salida del DAF.	35
Tabla 6. Rendimientos de eliminación.	36
Tabla 7. Caracterización del agua a la entrada de la GEM.	36
Tabla 8. Caracterización del agua a la salida de la GEM	37
Tabla 9. Rendimientos de eliminación de la GEM.	37
Tabla 10. Corrientes de agua en la planta de tratamiento de agua potable.	38
Tabla 11. Corrientes de agua en la planta de tratamiento de aguas para el reuso	39
Tabla 12. Consumos de agua potable en la PTAR	40
Tabla 13. Corrientes de agua en la planta de tratamiento de agua residual.	41
Tabla 14. Balance hídrico en la PTAR (Planta de beneficio avícola)	42
Tabla 15. Corrientes de agua en la planta de tratamiento de agua residual	43
Tabla 16. Consumo doméstico de Grupo Soil.	43
Tabla 17. Índice estacional y precipitación característica	51
Tabla 18. Estadísticas descriptivas por mes para la variable pluviosidad periodo 2004-2018.	53
Tabla 19. Volumen de agua captada al mes y su % de ahorro	54
Tabla 20. Caracterización fisicoquímica del agua lluvia en Bogotá.	54
Tabla 21. Caracterización microbiológica y bacteriológica del agua lluvia en Bogotá.	55
Tabla 22. Dimensionamiento del filtro a presión	59
Tabla 23. Volumen de agua captado al mes.	61
Tabla 24. Precio del agua	67
Tabla 25. Consumo del agua	67
Tabla 26. Inversión para los dispositivos de ahorro.	68
Tabla 27. Ahorro en pesos para los dispositivos de ahorro	68
Tabla 28. Inversión para la captación de aguas lluvias.	69
Tabla 29. Ahorro en pesos para la captación de aguas lluvias.	69
Tabla 30. Flujo de caja para las alternativas de ahorro propuestas en la planta de beneficio bovino y porcino.	70
Tabla 31. Costo aproximado del agua en la planta de beneficio avícola	70
Tabla 32. Inversión inicial PTALL.	71
Tabla 33. Ahorro en pesos para la PTALL	71
Tabla 34. Flujo de caja para la alternativa de ahorro propuesta para la planta de beneficio avícola	72

## LISTA DE CUADROS

**pág.**

Cuadro 1. Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias	20
Cuadro 2. Contaminantes y razón de importancia	20
Cuadro 3. Alternativas de ahorro	62
Cuadro 4. Indicadores de gestión y metas	64

## LISTA IMAGENES

	<b>pág.</b>
magen 1. GEM	32
Imagen 2. Fluxómetro.	46
Imagen 3. Hidrolavadora.	47
Imagen 4. Grifería.	47
Imagen 5. Medidor de caudal.	48
Imagen 6. Gráficas de caudal Q vs Presión o Cabeza H.	57
Imagen 7. Características generales de la bomba.	58
Imagen 8. Bomba centrífuga	58

## LISTA DE DIAGRAMAS

	<b>pág.</b>
Diagrama 1. Proceso de tratamiento de agua potable.	27
Diagrama 2. Proceso de tratamiento de aguas para el reuso.	28
Diagrama 3. Proceso de tratamiento de agua residual	30
Diagrama 4. Balance hídrico.	37
Diagrama 5. Balance hídrico en la PTAP.	38
Diagrama 6. Balance hídrico en la planta de tratamiento de aguas para el reuso.	39
Diagrama 7. Balance hídrico en la PTAR.	40
Diagrama 8. Balance hídrico en la PTAR (Planta de beneficio avícola).	42

## GLOSARIO

**POZO:** perforación mecánica vertical, por lo regular en forma cilíndrica (diámetro 2 a 16 pulgadas) revestidos de tubería metálica o PVC. Se realizan mediante hincados de tubería o perforación con taladros y se dotan de sistemas de extracción (electrobombas o compresores).

**CAUDAL:** volumen de agua que pasa a través de una sección transversal de un cuerpo de agua en una unidad de tiempo.

**INDICADORES:** cifras o datos que expresan, cuantifican y simplifican la descripción de un fenómeno y ayudan a entender realidades complejas.

**BALANCE DE MASAS:** contabilidad de los pesos de los materiales que entran y salen de una unidad de procesamiento.

**CONSUMO RESPONSABLE:** consumo de servicios, recursos naturales y/o servicios basados en el concepto de desarrollo sostenible.

**DEMANDA DE AGUA:** volumen del agua, expresado en metros cúbicos, que consume un suscriptor del servicio.

**FUGAS:** salida o escape de un líquido, por lo general no deseada, por una abertura producida accidentalmente en el recipiente que las contiene o en el conducto por el que circulan.

**PROGRAMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA:** conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar los usuarios del recurso hídrico.

**PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – PTAR.:** equipos y procesos para descontaminación de aguas residuales.

**LAGUNAJO:** Charco que queda en un campo después de haber llovido o de haberse inundado después del aguacero

## RESUMEN

**TÍTULO DEL PROYECTO:** FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DE AGUA PARA LA EMPRESA SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

En la actualidad la empresa SOIL COLOMBIA no ha implementado un programa de ahorro y uso eficiente de agua que permita cumplir con la normatividad vigente sobre uso eficiente de agua, con el mejoramiento de los procesos de gestión ambiental y la promoción de la conservación del recurso hídrico. El presente trabajo de grado desarrolla la formulación de un programa de ahorro y uso eficiente de agua para la empresa SOIL COLOMBIA, para los sistemas de tratamientos de aguas de una planta de beneficio bovino y porcino y una planta de beneficio avícola.

Inicialmente se realizó la caracterización del estado del consumo, la cual permito establecer caudales promedios mensuales de entrada y salida de los procesos, así como las pérdidas generadas por lodos. Partiendo del diagnóstico y apoyándose en información secundaria se plantearon alternativas de ahorro para los sistemas de tratamiento de aguas, operados por SOIL COLOMBIA, entre los que se encuentran dispositivos ahorradores enfocados a la actualización de equipamientos sanitarios, hidrolavadoras y actualización de griferías (beneficio bovino y porcino), el diseño de una planta de tratamiento de aguas lluvias (planta de beneficio avícola), la captación de aguas lluvias para ser tratadas en la planta de tratamiento de aguas para el reúso (beneficio bovino y porcino) y el reúso del agua de vertimiento de la planta de tratamiento de agua residual, para lo que se muestran varias alternativas.

Por último, se realizó un análisis de los costos, teniendo en cuenta los equipos e instrumentos requeridos para la implementación de las alternativas de ahorro propuestas a corto, mediano y largo plazo en el proyecto, estableciéndose los beneficios financieros y ambientales alcanzados con la propuesta.

Palabras clave: programa de ahorro y uso eficiente de agua, sistemas de tratamiento de aguas, diagnostico, alternativas de ahorro, análisis de costos.

## INTRODUCCION

La empresa SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA hace parte de un grupo multinacional español, llegado a Colombia en el año 2013, se especializa en el tratamiento de aguas, residuos y servicios de consultoría e ingeniería, relacionados con el medio ambiente. Es la encargada del tratamiento de las aguas en diferentes empresas, entre las que se encuentran una planta de beneficio bovino y porcino y una planta de beneficio avícola.

En este trabajo se propone un programa de ahorro y uso eficiente del agua, para las plantas de tratamiento de agua que actualmente son operadas por SOIL COLOMBIA en una planta de beneficio bovino y porcino y una planta de beneficio avícola, con el fin de implementar y mantener indicadores que permitan cumplir con la normatividad vigente y seguir con el mejoramiento continuo de su gestión ambiental, ser competitivos ante sus clientes y promover la conservación de los recursos naturales.

En la fase inicial del proyecto se realiza un seguimiento a los procesos de tratamiento de las aguas desde su extracción en pozos subterráneos hasta su paso por la PTAR y vertimiento, por medio de medición de parámetros fisicoquímicos en muestras de agua tomadas al ingreso y a la salida de cada tratamiento, se analizan los efectos sobre la calidad de agua y se contrastan con la normatividad vigente. Los resultados son un insumo para la formulación del diagnóstico del estado actual del sistema de tratamiento.

La medición del volumen de agua tratado se soporta en información recopilada diariamente en medidores de caudal instalados en algunos puntos del proceso, los valores obtenidos son consignados en planillas de seguimiento y control, a partir de las cuales se establecen los caudales promedio con los cuales se realiza el balance hídrico.

Basado en el diagnóstico elaborado se detecta la necesidad de adecuación de equipamientos con tecnologías de ahorro de agua, la ausencia de mediciones exactas de los volúmenes de agua procesados en la planta de tratamiento de agua residual y la no implementación de captación de aguas lluvias y de estrategias para la reutilización de aguas del vertimiento. Se propone así un programa de ahorro y uso eficiente del agua planteando alternativas de ahorro a corto, mediano y largo plazo, que son evaluadas financieramente para conocer el costo de inversión y el ahorro monetario que representa en un periodo de 5 años.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar el programa de ahorro y uso eficiente de agua en las plantas de tratamiento operadas por la Empresa Soil Tratamiento de Aguas Industriales SLU sucursal Colombia.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar usos del recurso hídrico en las plantas de Tratamientos de Aguas.
- Establecer alternativas de reducción y uso eficiente del recurso hídrico.
- Generar la documentación del programa de ahorro y uso eficiente de agua.
- Determinar los costos de implementación de los programas de ahorro y uso eficiente de agua.

## 1. MARCO DE REFERENCIA

### 1.1 MARCO TEORICO

En este capítulo se describe el aspecto conceptual para desarrollo de este proyecto; el cual contemplara características del recurso hídrico, posibles contaminantes o agentes externos. Además de ello se verán reflejadas, las normativas colombianas de uso del recurso hídrico, vertimiento de este, entre otros.

En la toda industria se producen residuos tanto líquidos como sólidos. La parte líquida (aguas residuales) procede del suministro de agua a los diferentes procesos, por lo cual después de haber sido utilizado se generan contaminantes a este recurso. Al ser aguas contaminadas (aguas residuales) no pueden ser utilizadas nuevamente, por lo tanto, deben tener un proceso de vertimiento para lo cual se debe hacer un previo tratamiento siguiendo los parámetros de las leyes colombianas. Por ello, tener un manejo adecuado de las aguas residuales, evitara sanciones por parte de la legislación colombiana y su vez se tendrán los permisos necesarios vigentes para el continuo funcionamiento de la industria o empresa encargada.

**1.1.1 Características generales de las aguas residuales.** Las aguas residuales son cualquier tipo de agua la cual sus características esenciales se ven afectadas por cualquier contaminante. Estas aguas residuales pueden ser provenientes de uso doméstico, urbano, industrial, entre otros usos. La importancia de las aguas el tal que se requieren sistemas específicos de tratamiento, canalización y despojo.<sup>1</sup>

**1.1.2 Tratamiento de aguas residuales industriales.** Para el tratamiento de aguas residuales podemos tener cambios tanto químicos como físicos, en los cuales se tienen operaciones y procesos unitarios. En los tratamientos encontramos un pretratamiento, tratamientos primarios, tratamientos secundarios y tratamientos terciarios o avanzados.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> METCALF y EDDY, INC. Ingeniera sanitaria. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales.2 ed. Barcelona1994. 60p.

<sup>2</sup> ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 3 ed. Bogotá D.C. ILLERA, Luis, 2008. p. 28-71

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

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PROCEDENCIA</b>
Sólidos totales	Agua de suministro, Agua residuales domésticas e industriales, erosión del suelo infiltración y conexiones incontroladas
Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales
Agentes Tensoactivos	Aguas residuales domésticas e industriales
Fenoles	Vertidos industriales
Grasas y aceites	Aguas residuales domésticas e industriales
pH	Vertidos Industriales
Metales pesados	Vertidos Industriales
Turbiedad	Aguas residuales domesticas e industriales

**Fuente:** METCALF y EDDY, INC. Ingeniera sanitaria. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales. 2 ed. Barcelona 1994. 60p.

La razón por la cual, el recurso hídrico debe ser tratado, es por el tipo de contaminantes y nivel de afectación al mismo, por lo cual es necesario conocer en que modifican los contaminantes las características naturales del agua.

Cuadro 2. Contaminantes y razón de importancia.

<b>CONTAMINANTES</b>	<b>RAZON DE IMPORTANCIA</b>
Sólidos en suspensión	Los sólidos en suspensión pueden conducir al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas carbohidratos grasas animales la materia orgánica biodegradable se mide la mayoría de las veces en términos de la demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas

Cuadro 2. (Continuación)

<b>CONTAMINANTES</b>	<b>RAZON DE IMPORTANCIA</b>
Patógenos	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas patógenas presentes en el agua residual.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo junto con el carbono son nutrientes esenciales para el crecimiento cuando se vierten al entorno acuático estos nutrientes pueden llevar el crecimiento de una vida acuática no deseada cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas también pueden conducir a la contaminación del agua subterránea.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a reducir los métodos convencionales de tratamiento ejemplos típicos son los agentes termo activos fenoles y pesticidas agrícolas
Metales pesados	Los materiales pesados son añadidos frecuentemente al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales y puede que deben ser eliminados si se va a reducir el agua residual
Sólidos inorgánicos disueltos	los Constituyentes orgánicos tales como el calcio sodio y los sulfatos añaden al agua de suministro como resultado del uso del agua y puede que deben eliminarse si se va a reutilizar el agua residual

Fuente: METCALF y EDDY, INC. Ingeniera sanitaria. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales. 2 ed. Barcelona 1994. 60p.

**1.1.3 Pretratamiento.** Con esta etapa de pretratamiento se busca por medio de procesos físicos y mecánicos separar el agua de materiales gruesos y grasas en general. Es para eliminar materiales de gran tamaño lo cual es importante, ya que de no cumplirse esto podría afectar el proceso produciendo daños graves en los equipos siguientes y en el funcionamiento de la planta. Entre los procesos de pretratamiento se encuentran unidades de operación como sedimentación, filtración entre otras., lo cual tienen como objetivo eliminar o retener grasas que flotan, mientras que el agua clarificada sigue a la siguiente etapa.<sup>3</sup>

**1.1.4 Tratamiento primario.** Esta nueva etapa sirve para eliminar el resto de los materiales flotantes y sólidos suspendidos (coloides, ácidos y bases fuertes, metales pesados, grasas, y aceites) que no fueron removidos en la etapa de pretratamiento. Este tratamiento puede presentar diferentes alternativas, como procesos de sedimentación, filtración, floculación, neutralización, entre otros.<sup>4</sup>

**1.1.5 Tratamiento secundario.** En este tratamiento se busca tener una la disminución máxima posible de materia biodegradable, por medio de procesos físicos y químicos. Para este tratamiento se pueden contar mecanismos como lodos activados, biofísico, lagunaje, entre otros.<sup>5</sup>

**1.1.6 Tratamiento terciario o avanzado.** Con este tratamiento lo que se busca es remover contaminantes específicos y generalmente se aplica este tratamiento cuando se busca la recuperación de agua residual para otro fin. Se tiene como objetivo la eliminación de compuestos tóxicos y materia orgánica.<sup>6</sup>

## **1.2 MARCO LEGAL**

El gobierno nacional a lo largo de los años ha generado cierta normativa, la cual se encarga de regular el manejo de vertimientos, para lo cual se establecen algunos parámetros mínimos que estas aguas utilizadas (residuales) deben cumplir para no tener problemas legales con las autoridades competentes.

Las normativas, leyes y decretos, a las que la empresa GRUPO SOIL Colombia y este proyecto se acera para el desarrollo de este son:

---

<sup>3</sup> *Ibíd.*, p.2-31

<sup>4</sup> *Ibíd.*, p. 2-31.

<sup>5</sup> *Ibíd.*, p. 2-31.

<sup>6</sup> *Ibíd.*, p. 2-31.

**1.2.1 Ley 373 de 1997.** Esta ley establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua, la cual se especifica en los siguientes artículos<sup>7</sup>:

- Artículo 1. Programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Se entiende por programa para el uso eficiente y ahorro de agua el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.
- Artículo 2. Contenido del programa de uso eficiente y ahorro del agua. El programa de uso eficiente y ahorro de agua, será quinquenal y deberá estar basado en el diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua, y contener las metas anuales de reducción de pérdidas, las campañas educativas a la comunidad, la utilización de aguas superficiales, lluvias y subterráneas, los incentivos y otros aspectos que definan las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales, las entidades prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, las que manejen proyectos de riego y drenaje, las hidroeléctricas y demás usuarios del recurso, que se consideren convenientes para el cumplimiento del programa.
- Artículo 4. Reducción de pérdidas. Dentro del Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico fijará metas anuales, para reducir las pérdidas en cada sistema de acueducto. Las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales competentes fijarán las metas del uso eficiente y ahorro del agua para los demás usuarios en su área de jurisdicción. Las metas serán definidas teniendo en cuenta el balance hídrico de las unidades hidrográficas y las inversiones necesarias para alcanzarlas.
- Artículo 5. Reúso obligatorio del agua. Las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socioeconómico y las normas de calidad ambiental. El Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Desarrollo Económico reglamentarán en un plazo máximo de (6) seis meses, contados

---

<sup>7</sup> MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Ley 373 de 1997. República de Colombia.

a partir de la vigencia de la presente ley, los casos y los tipos de proyectos en los que se deberá reutilizar el agua.

- Artículo 6. De los medidores de consumo. Todas las entidades que presten el servicio de acueducto y riego, y demás usuarios que determine la Corporación Autónoma Regional o la autoridad ambiental competente, disponen de un plazo de un año contado a partir de la vigencia de la presente ley, para adelantar un programa orientado a instalar medidores de consumo a todos los usuarios, con el fin de cumplir con lo ordenado por el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 y el artículo 146 de la Ley 142 de 1994.

**1.2.3 Resolución 2115 de 2007.** Por medio de la cual se especifican características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.<sup>9</sup>

**1.2.4 Resolución 631 de 2015.** Por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115, Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá: Ministerio de protección social. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2007. República de Colombia.

<sup>10</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 631, por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones, 2015. República de Colombia.

## 2. DIAGNOSTICO

### 2.1 GENERALIDADES

La empresa SOIL COLOMBIA hace parte de un grupo multinacional español, llegado a Colombia en el año 2013 especializada en el tratamiento de aguas, residuos y servicios de consultoría e ingeniería, relacionados con el medio ambiente. Es la encargada del tratamiento de las aguas en diferentes empresas de Colombia, de los sectores de beneficio animal, extracción de aceite, metalmecánica y tratamiento térmico, alimentos, entre otros. Presta servicios de operación de sistemas de tratamientos de agua potable, residual, reusó industrial. Diseño y montaje de plantas de tratamientos de aguas.

Actualmente la empresa SOIL COLOMBIA se encuentra en proceso de documentación del sistema de gestión ambiental. La empresa busca fortalecer la información de los programas, implementar y mantener indicadores que permitan cumplir legalmente y seguir con el mejoramiento continuo de su gestión ambiental, ser competitivos ante sus clientes y promover la preservación de los recursos naturales. En este proyecto se desarrollará la formulación del programa de ahorro y uso eficiente del agua, para las plantas de tratamiento de las aguas provenientes de las actividades en una planta de beneficio bovino y porcino y una planta de beneficio avícola operadas por SOIL COLOMBIA, partiendo de la caracterización del estado del consumo, y estableciendo actividades que permitan reducir y fortalecer el consumo de agua de manera sostenible.

### 2.2 PROCESO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS OPERADAS POR SOIL COLOMBIA EN UNA PLANTA DE BENEFICIO BOVINO Y PORCINO

La empresa SOIL COLOMBIA es la encargada de la operación de las plantas de tratamiento de aguas una planta de beneficio bovino y porcino.

La planta de beneficio bovino y porcino cuenta con tres plantas de tratamiento: planta de tratamiento de agua potable (PTAP), planta de tratamiento de aguas para el reuso (PTAREC); recibe su nombre debido a que es la encargada de tratar aguas resultantes del proceso productivo de esta planta que se pueden reutilizar posterior a un tratamiento y planta de tratamiento de agua residual (PTAR). A continuación, se describe el proceso que SOIL COLOMBIA lleva a cabo en cada una.

**2.2.1 Planta de Tratamiento de Agua Potable.** Trabaja un caudal de entrada aproximado de 34.254 m<sup>3</sup>/mes (dato calculado utilizando información suministrada por la empresa en planillas de seguimiento y control diarios). Se lleva a cabo un tratamiento convencional haciendo uso de agentes químicos como Peróxido de hidrogeno, cal, Polímero Aniónico y Policloruro de aluminio. El proceso inicia extrayendo agua de dos pozos a 120 metros de profundidad, que por medio de

bombas es llevada a la PTAP en donde los procesos se llevan a cabo de la siguiente manera:

- Aireación: se lleva a cabo en la torre de aireación donde se da la eliminación de propiedades organolépticas principalmente olor y color que son dadas por gases disueltos como metano y ácido sulfhídrico, algunos metales como hierro, magnesio y manganeso, entre otros, además de sales. En esta etapa se pasa el agua por carbón coque empacado, este material absorbe y elimina gases disueltos y sales. Se agrega peróxido de hidrógeno al 35%, el cual oxida los metales generando su precipitación y posteriormente su remoción.<sup>11</sup>
- Agitación: en un tanque de agitación se da la coagulación de la mezcla, la agitación permite que el coagulante se disperse rápida y uniformemente a través de todo el flujo de agua. Es importante el orden de adición de los productos químicos. Primero se agrega la cal, la cual regula el pH y corrige en caso de que se presente déficit de alcalinidad y dureza. Seguido se agrega Polímero Aniónico al 0,1% y Policloruro de Aluminio al 1% (concentraciones establecidas por SOIL COLOMBIA), los cuales ayuden a la coagulación. Durante este proceso la mezcla tiene el tiempo para generar el floc que debido a que el agua sigue en movimiento este se mantiene suspendido.<sup>12</sup>
- Sedimentación: en un sedimentador ocurre este proceso también conocido como clarificación o espesamiento, el floc anteriormente formado por el tratamiento químico tiene el suficiente tiempo de retención para que el material sólido se deposite en las piscinas.<sup>13</sup>
- Filtración: en los procesos de coagulación y floculación se remueve cerca del 90% de la turbiedad y el color presente en el agua, la cantidad de impurezas que no son removidas como sólidos finos, floc en suspensión y la mayoría de los microorganismos se retiran por medios porosos, en un filtro de arena y grava siendo los microorganismos de gran importancia debido a que muchos son resistentes a la desinfección y no a la filtración.<sup>14</sup>
- Desinfección: Finalmente se realiza la desinfección del agua adicionando cloro, el cual asegura la eliminación de patógenos.

---

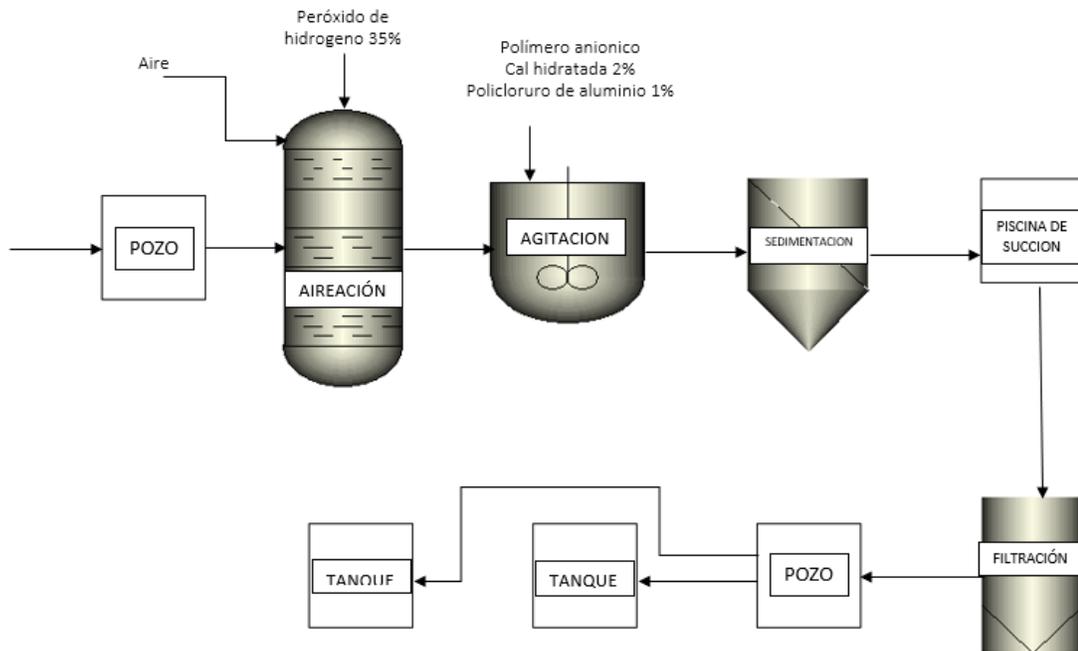
<sup>11</sup> ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Acuípurificación. Diseño de sistemas de purificación de aguas, Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995, p. 28.

<sup>12</sup> *Ibíd.*, p. 48.

<sup>13</sup> *Ibíd.*, p. 112.

<sup>14</sup> *Ibíd.*, p. 182.

Diagrama 1. Proceso de tratamiento de agua potable.



Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

**2.2.2 Planta de Tratamiento de Aguas para el Reuso.** Trata las aguas recuperadas del lavado de canales de vacunos y del retro lavado que se hace a los filtros, a la cual se le realiza un tamizado de finos mediante tamiz rotativo y después va a un depósito para su posterior bombeo. El agua producto de este proceso se utiliza en los corrales de vacunos y porcinos (lavados), para la ducha de ganado en pie y los bebederos.

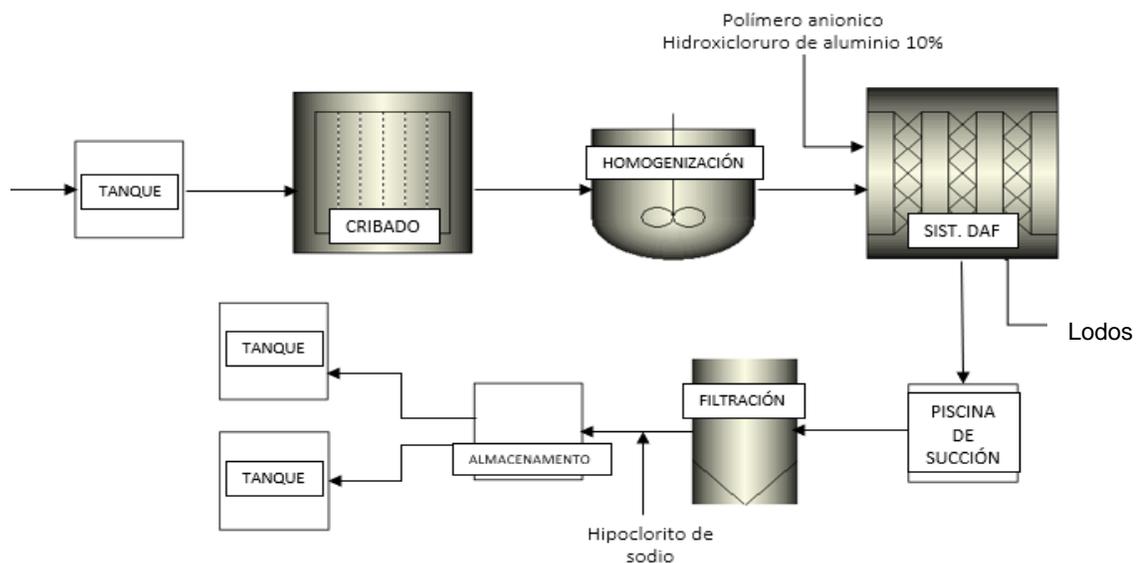
Trata un caudal promedio de  $3.027\text{m}^3/\text{mes}$  (dato calculado utilizando información suministrada por la empresa en planillas de seguimiento y control diarios). El tratamiento se describe a continuación:

- **Cribado:** por medio de un tamiz de tambor rotativo, se consigue la eliminación de residuos sólidos de tamaño pequeño, este es un proceso físico. El sistema es autolimpiable permitiendo sustituir desbastes, desarenados. Los sólidos retirados se recogen en un contenedor para su posterior retirada de la planta de tratamiento de agua residual y el vertimiento tamizado pasa por gravedad al siguiente proceso.<sup>15</sup>

<sup>15</sup> SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA. Procedimiento para la operación de las plantas de tratamiento de agua.

- Homogenización: en este se consigue la homogenización de la mezcla en su carga contaminante y del caudal por medio de agitación, la cual a su vez evita la aparición de olores no deseados, este proceso se da en un tanque de agitación.<sup>16</sup>
- Flotación: se da el tratamiento fisicoquímico, este se lleva a cabo en el DAF en el cual empieza con la coagulación de la mezcla, inicialmente se adiciona Soda (dilución 10%) debido a que es importante mantener un pH adecuado para la formación del floc, después se agrega Hidroxicloruro de Aluminio y Polímero Aniónico (coagulantes), seguido se da el proceso de floculación. Finalmente se realiza la clarificación del agua en este equipo de flotación de 20-25 m<sup>3</sup>/h, los sólidos suspendidos son retirados por medio de un sistema de rasquetas.<sup>17</sup>
- Filtración: para eliminar los sólidos suspendidos que puedan quedar en el agua, se lleva a cabo una filtración a presión en un filtro de grava y arena.

Diagrama 2. Proceso de tratamiento de aguas para el reúso.



Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

<sup>16</sup> *Ibíd.*, p 22.

<sup>17</sup> *Ibíd.*, p 35.

**2.2.3 Planta de Tratamiento de Agua Residual.** Esta planta trabaja un caudal promedio de 37.146 m<sup>3</sup>/mes (dato calculado utilizando información suministrada por la empresa en planillas de seguimiento y control diarios), el proceso se detalla a continuación:

- **Bombeo:** las aguas provenientes de las actividades y operaciones de la planta de beneficio bovino y porcino son llevadas al tanque de bombeo que cuenta con 3 bombas sumergibles de 75 HP cada una, antes de ser llevadas al presedimentador se toma una muestra de entrada del proceso cada hora, y se realiza medición de pH, Sólidos Suspendidos y Sólidos Sedimentables, con el fin de controlar el volumen de los agentes químicos.
- **Sedimentación simple:** en este proceso los sólidos más pesados sedimentan, en el equipo conocido como presedimentador con el fin de disminuir la carga de sólidos sedimentables antes de la coagulación<sup>19</sup>.

Después por rebose el agua pasa a la canaleta, donde se adiciona Polímero Aniónico y Cloruro Férrico (coagulantes), en este punto se realiza otra toma de muestra para verificar entre otros parámetros el pH. Se da la primera salida de lodos, los cuales van a lechos de secado. El agua se pasa a un tanque regulador para obtener una mejor separación de los flocs y por rebose pasa a los sedimentadores.

- **Sedimentación después de coagulación y floculación:** es la operación por la cual se remueven los sólidos sedimentables que han sido producidos por el tratamiento químico. la cual continúa en el DAF<sup>20</sup>.
- **Flotación:** en el DAF por medio de microburbujas de aires se separa el sólido del agua, este queda suspendido y es retirado por un sistema de rasquetas.  
A la salida del DAF, se toman muestras cada hora y se realizan los siguientes análisis pH, Sólidos Sedimentables y Sólidos Suspendidos<sup>21</sup> para poder monitorear que se cumpla con la resolución 631/15<sup>22</sup>. Los lodos que se producen anteriormente caen en un tanque, para ser tratados con una solución de polímero catiónico.

---

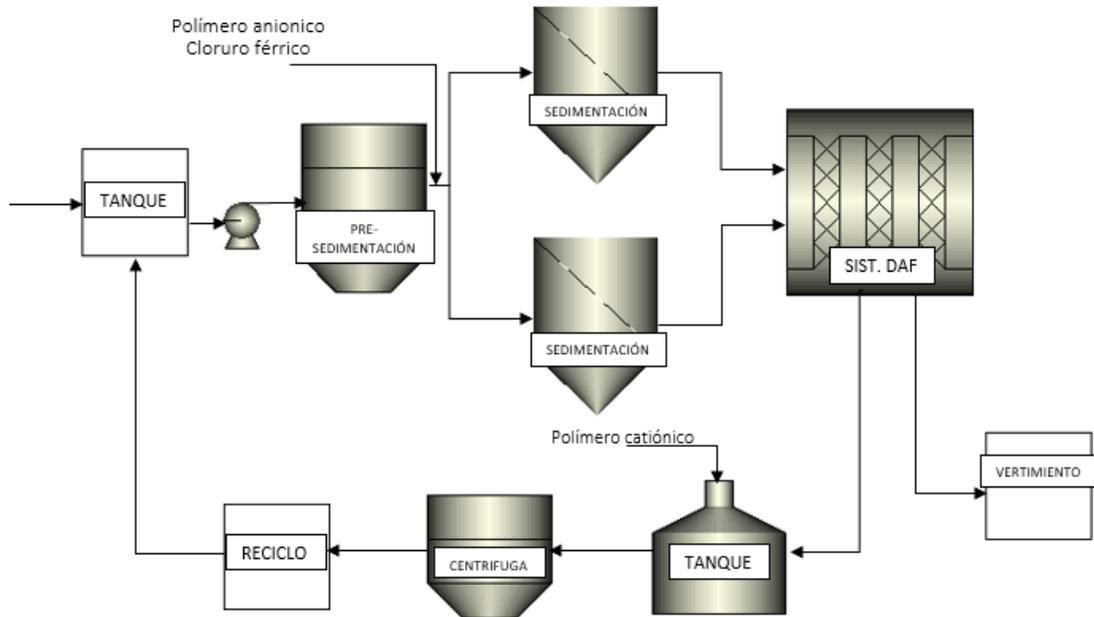
<sup>19</sup> ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Acuípurificación. Diseño de sistemas de purificación de aguas, Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995, p. 113.

<sup>20</sup> *Ibid.*, p 112.

<sup>21</sup> SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA. Procedimiento operacional tratamiento de aguas residuales.

<sup>22</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 631, por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones, 2015. República de Colombia.

Diagrama 3. Proceso de tratamiento de agua residual



Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRTAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

**2.2.4 Fuente de captación.** Esta planta de beneficio bovino y porcino cuenta con dos fuentes de agua, la primera que se describió anteriormente es agua subterránea proveniente de la extracción de dos pozos a 120 metros de profundidad que es tratada en la PTAP con el fin de cumplir con lo establecido en la Resolución 2115 de 2007. La segunda fuente de consumo de agua proviene de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, como medida de contingencia general para garantizar el suministro oportuno de agua.

### 2.3 PROCESO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL OPERADA POR SOIL COLOMBIA EN UNA PLANTA DE BENEFICIO AVÍCOLA

La planta de beneficio avícola cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, SOIL COLOMBIA es la encargada de operar esta planta.

**2.3.1 Planta de Tratamiento de Agua Residual (beneficio avícola).** El equipo principal con el que se trabaja es conocido como GEM (Gas Energy Mixing), cuenta con una capacidad de 12,5 L/s. Las aguas provenientes de los procesos de la planta de beneficio animal además de las aguas negras son tratadas por este para su posterior vertimiento.

GEM (Gas Energy Mixing): esta unidad de floculación y floración es un nuevo equipo con un enfoque similar al de un sistema de flotación por aire disuelto). Esta unidad GEM tiene la capacidad de manejar una alta carga de contaminante y a su vez producir sólidos más secos, además de que su estructura es favorable, ya que el espacio utilizado por este es mucho menor.

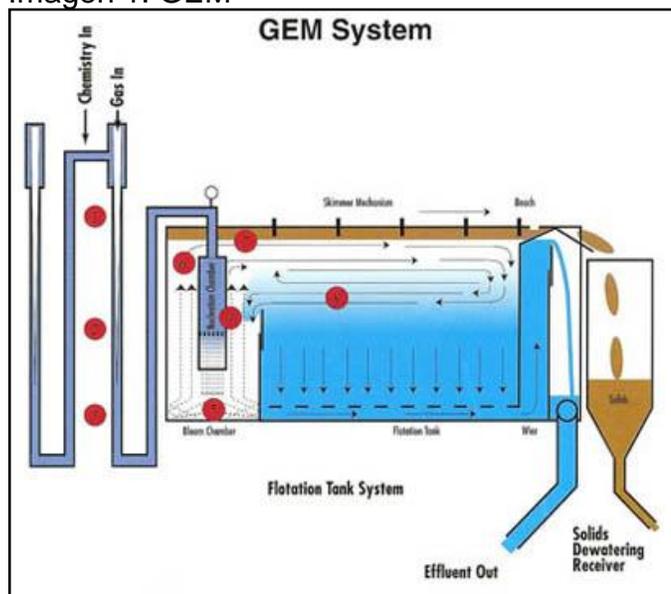
El sistema GEM sobredimensiona en términos de eficiencia y operación de flotación. Cuando una unidad DAF normalmente opera bajo la teoría del “método de colisión” para la flotación, el sistema GEM está diseñado para arrastrar aire a la estructura del floculo y el lodo, conocido como el “método de siembra en floculo”. En el sistema GEM, el método de siembra de floculo, se lleva a cabo con los siguientes pasos:<sup>23</sup>

- El 100% de la corriente de desechos se envía al sistema GEM.
- La corriente de desechos está expuesta a alta presión (100-120 psi).
- El aire se disuelve en la corriente de desechos utilizando la tecnología LSGM (Liquid/Solid/Gas Mixer).
- Los productos químicos de floculación se inyectan en la corriente de desechos utilizando la tecnología LSGM (Liquid/Solid/Gas Mixer).
- El floculo que se forma en las aguas residuales está enriquecido con aire.
- El aire disuelto está atrapado dentro de la estructura del floculo.
- La presión del agua se reduce a ambiente.
- El aire disuelto en la estructura del floculo sale de la solución.
- El aire dentro del floculo se expande, empujando el agua.
- Los flocs flotan solos, ya que están “huecos”.
- El agua limpia y los flocs flotantes se entregan al tanque de flotación.

---

<sup>23</sup> TRATAMIENTO DE AGUAS. Sistema de tratamiento primario: tratamiento primario avanzado de gas energy mixing (gem system) [en línea]. Consultado en junio 4 de 2018. Disponible en: <http://tratamientosdeaguas.com/residuales.html>

Imagen 1. GEM



Fuente: PACT, Gas Energy Mixing, [En línea], disponible en <http://cort.as/-AokA>

**2.3.2 Fuente de captación.** Esta planta de beneficio avícola cuenta como única fuente de suministro de agua la proveniente de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

## 2.4 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA

Para evaluar las condiciones del tratamiento que se lleva a cabo en las plantas de tratamiento de aguas operadas por Grupo Soil Colombia, se realizó una corrida operacional durante el mes de marzo del presente año de las condiciones de las diferentes aguas estos parámetros son medidos diariamente por los operarios con toma de datos como lo son pH, color aparente, turbidez, sólidos suspendidos totales, dureza, alcalinidad total, DBO5, DQO, grasas y aceites, entre otros.

Las plantas de tratamiento de agua potable, agua residual y aguas para el reuso, ubicadas en la planta de beneficio bovino y porcino y la planta de aguas residuales en la planta de beneficio avícola cuentan con diferentes equipos o dispositivos los cuales permiten medir estos parámetros por medio de peachímetros, colorímetros, espectrofotómetros, test de jarras e instrumentación.

Los peachímetros son los encargados de realizar una medida de acidez o alcalinidad en una disolución esto al igual que los otros parámetros son comparados con la normativa para verificar que el tratamiento está siendo efectivo. Además de esto cuenta con un equipo de test de jarras el cual es un método que determina la dosis óptima de coagulante en dichas plantas de tratamiento especialmente cuando la calidad del agua floclula rápidamente de igual forma para

establecer las dosis óptimas de polímero que deben ser utilizados en los procesos para la deshidratación de lodos. Con este método podemos determinar fácilmente cuáles son las condiciones a escala pequeña para el adecuado funcionamiento de la operación.

De igual forma se cuenta con un espectrofotómetro el cual es un instrumento utilizado para la cuantificación de sustancias y microorganismos. Este espectrofotómetro por medio de longitud de onda y relación entre valores de una misma magnitud fotométrica logra proporcionar información sobre la naturaleza del agua en la muestra, lo cual nos ayuda a observar parámetros como turbidez sólidos suspendidos entre otros

**2.4.1 Planta de tratamiento de agua potable (planta de beneficio bovino y porcino).** Debido a que los pozos 1 y 2 no se utilizan simultáneamente, se realizó la caracterización química de las aguas para cada pozo, los promedios mensuales de estas mediciones para cada parámetro analizado son presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Caracterización de las aguas extraídas del pozo 1 y 2.

<b>Parámetros</b>	<b>Pozo 1</b>	<b>Pozo 2</b>
<b>Ph</b>	7,00	6,38
<b>Color aparente (Pt/Co)</b>	32	24
<b>Turbidez (ppm NTU)</b>	10,12	25,92
<b>Sólidos suspendidos totales</b>	0	0
<b>Dureza (mg/LCaCO<sub>3</sub>)</b>	382	310
<b>Alcalinidad Total (mg/LCaCO<sub>3</sub>)</b>	160	140

Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

El agua que entra a la PTAP es tratada como se muestra en la descripción del proceso (diagrama 1), al finalizar la potabilización del agua las características resultantes se comparan con la resolución 2115 de 2007<sup>24</sup>, como se muestran en la tabla 2.

<sup>24</sup> MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115, Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá: Ministerio de protección social. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2007. República de Colombia.

Tabla 2. Caracterización del agua potable.

Parámetros	Agua Potable (Pozo 1)	Agua Potable (Pozo 2)	Limites según la resolución 2115/07
pH	7,41	6,70	6,5 – 9,0
Residual de Cloro (ppm Cl <sub>2</sub> )	0,80	0,80	0,3 – 2,0
Color Aparente (Pt/Co)	0	0	15
Turbidez (ppm NTU)	1,1	0,82	2
Solidos suspendidos Totales	0	0	0
Dureza (ppm)	90	95	300
Alcalinidad (ppm)	100	100	200

Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

Las características del agua potabilizada se encuentran dentro de los rangos permitidos por la norma, por lo que la hace apta para el uso de las operaciones productivas de la planta de beneficio bovino y porcino.

**2.4.2 Planta de tratamiento de aguas para el reuso (planta de beneficio bovino y porcino).** El agua captada para tratar en la planta de tratamiento de aguas para el reuso presento las siguientes características señaladas en la tabla 3.

Tabla 3. Caracterización del agua captada para tratar en la planta de tratamiento de aguas para el reuso

Parámetros	Valor
pH	6,92
Color (Pt/Co)	1397
Hierro (mg/L Fe)	6,09
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	145
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	382
Turbidez (NTU)	82,1
Solidos suspendidos (ppm)	121

Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

Al finalizar el tratamiento el agua resultante debe cumplir con los requisitos de agua para el reuso, establecidos en la resolución 1207/14<sup>25</sup>. Debido a que no se cuenta

<sup>25</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1207, Por medio de la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de las aguas residuales tratadas. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2014. República de Colombia

con la información de los parámetros establecidos en la resolución no se realiza la comparación.

**2.4.3 Planta de tratamiento de agua residual (planta de beneficio bovino y porcino).** Se miden los parámetros las aguas a la entrada de la PTAR, reportando los resultados indicados en la tabla 4.

Tabla 4. Caracterización del agua a la entrada de la PTAR.

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>
<b>pH</b>	6,38
<b>Sólidos suspendidos totales</b>	2351
<b>Sólidos Sedimentados</b>	30
<b>DQO</b>	3755
<b>Color</b>	782

Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

Se realiza la caracterización del agua a la salida del DAF, por ser el último proceso antes del vertimiento se compara con la resolución 631/15,<sup>27</sup> como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Caracterización del agua a la salida del DAF.

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Limites según la resolución 631/15</b>
<b>pH</b>	6,43	6,00 a 9,00
<b>Sólidos suspendidos totales</b>	199	225,00
<b>Sólidos Sedimentados</b>	0,1	5,00
<b>DQO</b>	732	800
<b>Color</b>	182	Análisis y reporte

Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

Se evidencia que el tratamiento que se realiza a las aguas residuales cumple con los límites de la resolución 631/15.

<sup>27</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 631, por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones, 2015. República de Colombia.

Para evaluar la efectividad del proceso que se realiza en la PTAR, se calculan los rendimientos de eliminación, obtenidos por la comparación de los parámetros de entrada y de salida que se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Rendimientos de eliminación.

<b>Parámetros</b>	<b>Rendimientos de eliminación (%)</b>
<b>pH</b>	91,54
<b>Solidos suspendidos totales</b>	5,86
<b>Solidos Sedimentados</b>	99,677
<b>DQO</b>	80,51
<b>Color</b>	76,73

Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

**2.4.4 Planta de tratamiento de agua residual (planta de beneficio avícola).** El agua resultante de las actividades de esta empresa, entran a la GEM con las siguientes características presentadas en la tabla 7.

Tabla 7. Caracterización del agua a la entrada de la GEM.

<b>Parámetros</b>	<b>Valor entrada de la GEM</b>
<b>DBO5</b>	1173,00
<b>Grasas y aceites</b>	185,35
<b>DQO</b>	4982,20
<b>Fenoles</b>	0,35
<b>Cloruros</b>	179,33
<b>Sulfatos</b>	83,33

Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

A la salida del proceso se realiza la caracterización del agua que va al vertimiento y comparándose con los límites de la resolución 631 de 2015, se evidencio que el proceso cumple con la normatividad vigente.

**Tabla 8. Caracterización del agua a la salida de la GEM**

Parámetros	Valor a la salida de la GEM	Limites según la resolución 631/15
<b>DBO5</b>	224,65	300
<b>Grasas y aceites</b>	40,00	40,00
<b>DQO</b>	637,60	650,00
<b>Cloruros</b>	141,67	250,00
<b>Sulfatos</b>	104,92	250,00

Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA

Por medio de los rendimientos de eliminación mostrados en la tabla 11 se tiene control de la efectividad del proceso para cada parámetro.

Tabla 9. Rendimientos de eliminación de la GEM.

Parámetros	Rendimientos de eliminación %
<b>Grasas y aceites</b>	65
<b>DQO</b>	85
<b>Cloruros</b>	18

Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

## 2.5 BALANCE HÍDRICO

Para realizar el balance hídrico en las plantas de tratamiento de aguas, de una planta de beneficio bovino y porcino y una planta de beneficio avícola , operados por la empresa SOIL COLOMBIA se desarrolló la misma metodología que consistió en identificar las entradas y salidas del proceso, las pérdidas y los puntos donde se presenta consumo de recurso hídrico (diagrama 4).

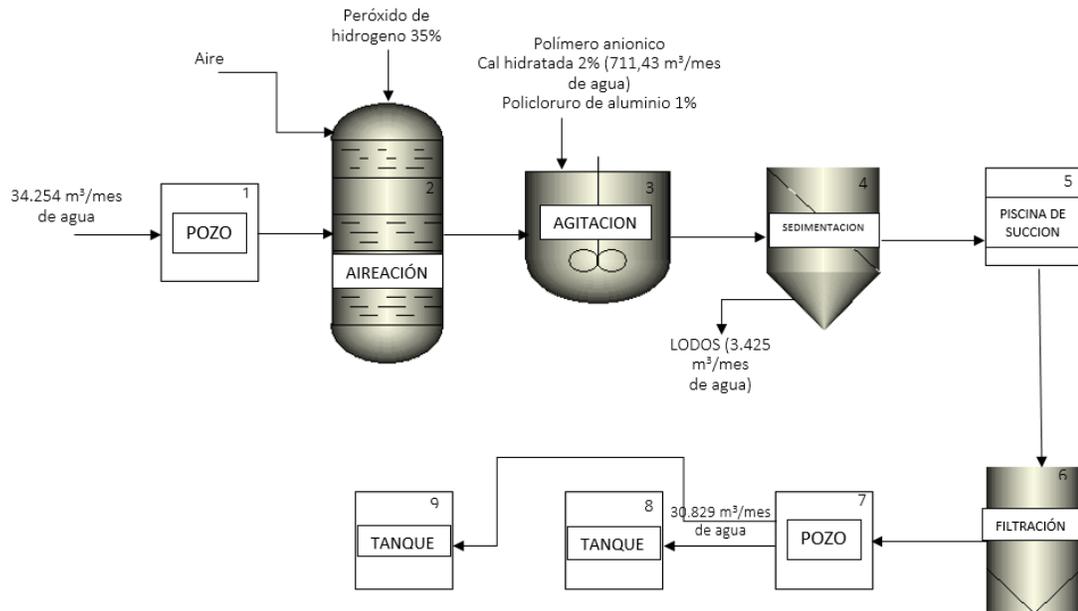
Diagrama 4. Balance hídrico.



Fuente: elaboración propia

**2.5.1 Balance hídrico en la planta de tratamiento de agua potable.** Se determinaron las corrientes de entrada y salida del proceso de potabilización de las aguas subterráneas (datos suministrados por planillas de seguimiento y control), se estimaron las pérdidas por lodos en un 10% (dato suministrado por la SOIL COLOMBIA), se encuentran en la tabla 10 y adicionalmente se calculó el caudal promedio mensual de cal hidratada al 2%. En el diagrama 5 se muestra el balance hídrico realizado para la PTAP.

Diagrama 5. Balance hídrico en la PTAP.



Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

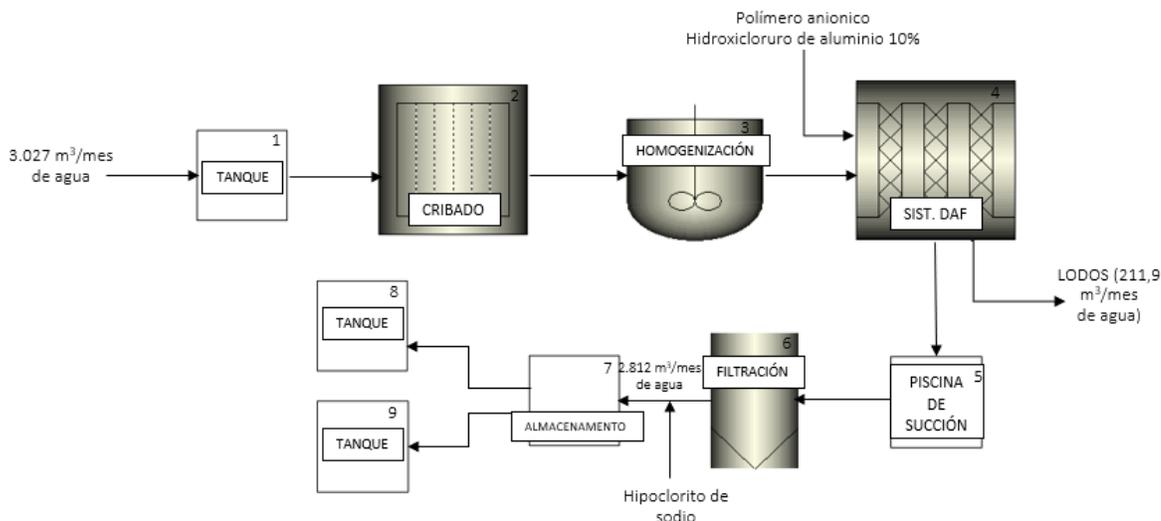
Tabla 10. Corrientes de agua en la planta de tratamiento de agua potable.

Salida/Entrada de equipo	Nombre	Caudal (m³/mes)
1	Agua de pozo 1 y 2	34.254
3	Preparación de cal	711,43
4	Perdida por lodos (10%)	3.425
7	Agua potable	30.829

Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

**2.5.2 Balance hídrico en la planta de tratamiento de aguas para el reuso.** Se calculo un caudal promedio mensual de entrada y salía para la PTAREC (datos suministrados por planillas de seguimiento y control), las perdidas por lodos se tomaron del 7% (dato suministrado por la SOIL COLOMBIA) se muestra en la tabla 11, el resultado se muestra en el diagrama 6.

Diagrama 6. Balance hídrico en la planta de tratamiento de aguas para el reuso.



Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA

Tabla 11. Corrientes de agua en la planta de tratamiento de aguas para el reuso.

Salida/Entrada de equipo	Nombre	Caudal (m³/mes)
1	Agua recuperada del lavado de canales de vacunos y del retro lavado de los filtros.	3.027
4	Perdida por lodos (7%)	211,9
6	Agua para el reuso	2.815

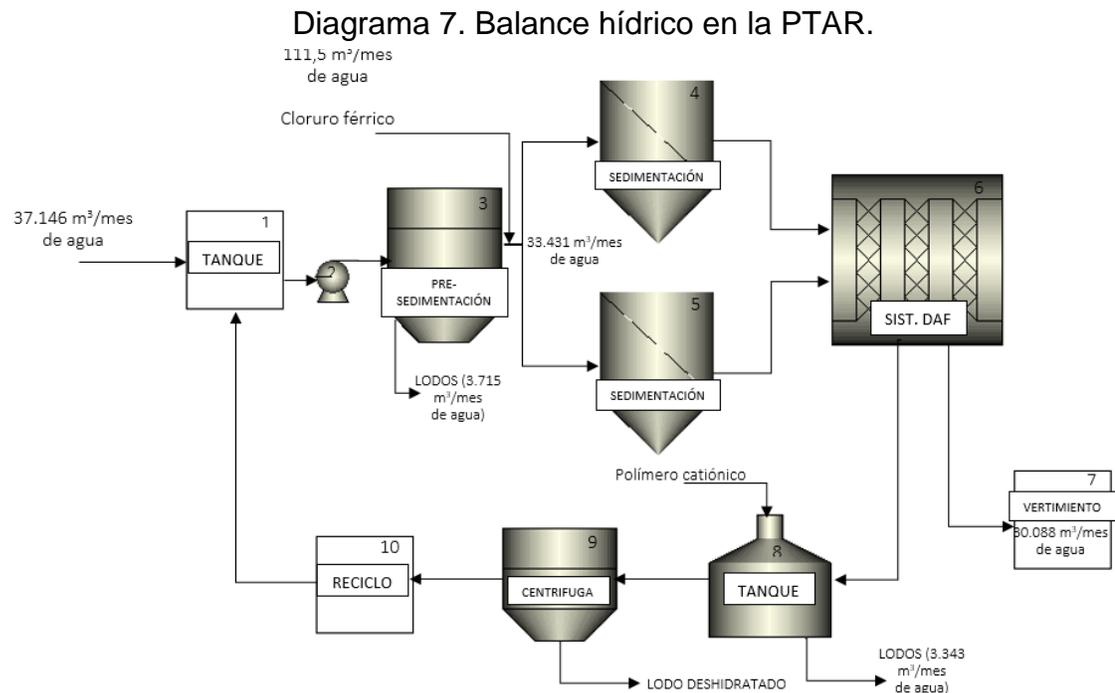
Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

**2.5.3 Balance hídrico en la planta de tratamiento de agua residual.** Se determinaron las entradas y salidas del proceso por medio del cálculo de caudales promedios mensuales (datos suministrados por planillas de seguimiento y control), las perdidas por lodos se tomaron en 10% (dato suministrado por la SOIL COLOMBIA) que se encuentran en la tabla 13, adicionalmente se cuantifica el consumo del recurso hídrico en la preparación de soluciones, el uso de baterías sanitarias, el lavado de la planta y otros como el consumo en los grifos del laboratorio y el lavado esporádico realizado en la planta, apoyados en datos suministrados por un contador de agua que fue instalado con el fin de medir el suministro de agua potable que entra a la PTAR para el desarrollo de sus actividades como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Consumos de agua potable en la PTAR

Consumo de agua potable					
Registro por contador (m <sup>3</sup> /mes)	Preparación de polímero aniónico (m <sup>3</sup> /mes)	Preparación de polímero catiónico (m <sup>3</sup> /mes)	Doméstico 80L / Trabajador (m <sup>3</sup> /mes)	Lavado de la Planta (25%) (m <sup>3</sup> /mes)	Consumo otros (75%) (m <sup>3</sup> /mes)
722	111,46	494,77	10,08	26,44	79,26

Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU



Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA

Tabla 13. Corrientes de agua en la planta de tratamiento de agua residual.

Salida/Entrada de equipo	Nombre	Caudal (m <sup>3</sup> /mes)
	Acueducto general	2.503
	Acueducto EFEG	176,7
1	Agua Potable	30.829
	Lodos PTAP	3.425
	Lodos PTAREC	211,9
	Agua residual (Total)	37.146
3	Perdidas por lodos (10%)	3.715
3	Salida del pre-Sedimentador	33.431
8	Perdida por lodos	3.343
7	Vertimiento	30.088
3	Polímero Aniónico	111,5
8	Polímero catiónico	494,8

Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

**2.5.4 Balance hídrico en la planta de tratamiento de agua residual (Planta de beneficio avícola).** Con el fin de conocer los caudales de entrada y salida de la PTAR de esta empresa, se cuantificaron caudales promedios mensuales (datos suministrados por planillas de seguimiento y control), las pérdidas por lodos se estimaron en 10% (dato suministrado por SOIL COLOMBIA) como se muestra en la tabla 15.

Se instaló un medidor que permite el registro diario de la entrada de agua potable en la PTAR con el fin de cuantificar las actividades que involucran el uso del recurso hídrico como la preparación de soluciones, lavados de la planta y consumos domésticos como se muestra en la tabla 14. Por medio de planillas de consumo de productos químicos suministrados por la empresa y el volumen de los tanques donde se lleva a cabo la preparación de cada solución, se estimó un caudal mensual promedio para el polímero aniónico y catiónico. Respecto al consumo doméstico que se da por el operario en turno se calculó en base a la NTC 1500.

Tabla 14. Balance hídrico en la PTAR (Planta de beneficio avícola)

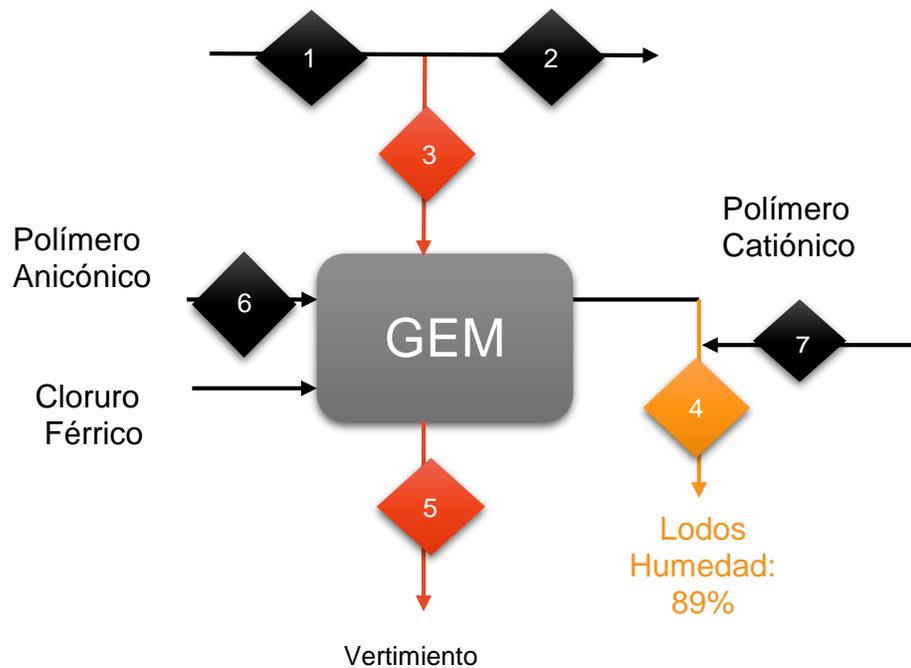
Consumo de agua potable

Registro por contador (m <sup>3</sup> /mes)	Preparación de polímero aniónico (m <sup>3</sup> /mes)	Preparación de polímero catiónico (m <sup>3</sup> /mes)	Domestico 80L / Trabajador (m <sup>3</sup> /mes)	Lavado de la Planta (25%) (m <sup>3</sup> /mes)	Consumo otros (75%) (m <sup>3</sup> /mes)
183	16,5	95,36	6	16,28	48,85

Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

En el diagrama 8 se representa las corrientes de entrada y salida del proceso en la PTAR.

Diagrama 8. Balance hídrico en la PTAR (Planta de beneficio avícola).



Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA

Tabla 15. Corrientes de agua en la planta de tratamiento de agua residual

Salida/entrada del equipo	Nombre	Caudal (m <sup>3</sup> /mes)
1	Agua utilizada en la Planta de Beneficio Animal	13.920
2	Lavados de canastillas, pisos, paredes, plumas.	2.534
3	Aguas Residuales (corrientes de desechos).	11.387
4	Perdida por lodos (10%)	1.139
5	Vertimiento	10.248
6	Polímero Aniónico	16,5
7	Polímero catiónico	116,8

Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

**2.5.5 Consumos domésticos en las oficinas de Grupo Soil.** Basados en la NTC 1500, se estableció el consumo doméstico en las oficinas de Grupo Soil como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Consumo doméstico de Grupo Soil.

APARATOS, EQUIPOS O SISTEMAS	CANTIDAD POR USO
Inodoros	6 L/ descarga
Orinales	3.8 L/ descarga
Grifos sin dosificadores	9,6 L/ minuto
Grifos de dosificación	0,95 L/ ciclo
Grifos de cocina	9,6 L/ minuto
Boquilla de ducha	9,6 L/ minuto
Industrias	80 L/ trabajador
Oficina	90 L/ persona / día
Restaurantes	4 L/ día/ comida

Tabla 16. (Continuación)

APARATOS SANITARIOS	
Llaves de manguera	0,32 L/ segundo
Lavamanos	0,19 L/ segundo
Lavaplatos	0,28 L/ segundo

Fuente: Consumos domésticos. SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

Para la oficina principal del grupo SOIL COLOMBIA en base a la norma NTC 1500 se tiene un gasto aproximado de 90 L/día por trabajador por ello se estima que el gasto mensual para 7 empleados es de 126 m<sup>3</sup>/mes.

**2.6 FUGAS.** Por medio de una inspección visual a las plantas de tratamiento de aguas en sus sistemas de tuberías no se encontraron fugas evidentes. Sin embargo, se tomó como base para el seguimiento de las fugas las siguientes categorías:

- Perdidas por goteos generados por malas prácticas de cierre de válvulas.
- Perdidas por estado de deterioro de grifos y mangueras.

## 2.7 ANÁLISIS DEL DIAGNÓSTICO.

- Los procesos realizados en las diferentes plantas de tratamientos de aguas operadas por SOIL COLOMBIA en una planta de beneficio bovino y porcino y una planta de beneficio avícola, se ajustan a los criterios establecidos por la normatividad del sector
- A partir de la información registrada en la planillas de seguimiento y control de la PTAP, se calcula un caudal de entrada promedio de 34.254 m<sup>3</sup>/mes, al ser tratados se estima que el 10% son perdidas por lodos, por lo tanto ingresan a la planta de beneficio bovino y porcino 30.829 m<sup>3</sup>/mes de agua potable para las actividades de la empresa, de los cuales se recuperan del lavado de canales de vacunos y porcinos (lavados) 3.027 m<sup>3</sup>/mes, dato calculado por medio de información registrada en las planillas de seguimiento y control de la PTAREC, durante el tratamiento se generan lodos por lo que se estima una pérdida del 7% (dato suministrado por SOIL COLOMBIA), en total se recuperan en promedio 2.815 m<sup>3</sup>/mes, que son utilizados para la ducha de ganado en pie y bebederos.
- En la PTAR se tratan las aguas provenientes de las actividades de la planta de beneficio bovino y porcino, estimadas por medio del balance hídrico en: un caudal promedio de 30.839 m<sup>3</sup>/mes de agua tratada en la PTAP, un

caudal de 2.503 m<sup>3</sup>/mes de agua para la central de carnes y 176,7 m<sup>3</sup>/mes para las actividades de sacrificio, suministradas por el acueducto, además de los lodos provenientes de PTAP y de la planta de tratamiento de aguas para el raso, calculados en 3.425 y 211,9 m<sup>3</sup>/mes respectivamente, tratándose en total 37.146 m<sup>3</sup>/mes, de los cuales van a vertimiento 30.088 m<sup>3</sup>/mes por las pérdidas generadas por lodos estimadas en 10% (dato suministrado por SOIL COLOMBIA). Sin embargo, no se dispone de mecanismos de medición del caudal de ingreso a la entrada y salida de la PTAR, siendo un insumo importante para la determinación del volumen de lodos que se generan y por tanto para controlar la adición de agentes químicos necesarios para el tratamiento de estas aguas.

- La planta de beneficio avícola no cuenta con una PTAP, por lo tanto, utiliza para su proceso agua suministrada por el acueducto. Se utilizan en promedio 13.920 m<sup>3</sup>/mes, parte de esta agua es utilizada en el lavado de canastillas, pisos, paredes y plumas, se estima un caudal promedio de 2.534 m<sup>3</sup>/mes por lo tanto a la GEM ingresan en promedio 11.387 m<sup>3</sup>/mes y de vertimiento en promedio 10.248 m<sup>3</sup>/mes, debido a la pérdida generada por lodos que se estima en 10% (dato suministrado por SOIL COLOMBIA) del caudal de entrada.
- De las visitas realizadas a las plantas de tratamiento de aguas provenientes de una planta de beneficio bovino y porcino, se establece la necesidad de instalación de equipamientos con tecnologías ahorradoras de agua.

### 3. ALTERNATIVAS DE REDUCCION Y USO EFICIENTE DEL RECURSO HIDRICO

En este capítulo se presentan las alternativas de ahorro para las plantas de tratamiento de aguas de una planta de beneficio bovino y porcino y una planta de beneficio avícola, operadas por la empresa SOIL COLOMBIA, efectuados en el balance hídrico. Para cada alternativa se realizó un análisis que permitió evaluar el posible ahorro y el tiempo de ejecución.

#### 3.1 DISPOSITIVOS DE AHORRO

El agua es un recurso hídrico finito el cual es de suma importancia velar por su ahorro, no solamente para reducir el costo que este, sino para reducir su impacto ambiental. Para iniciar con este ahorro es importante la conciencia del manejo del recurso hídrico, sin embargo, existen dispositivos que pueden ayudar a disminuir el gasto de agua. Para las plantas de tratamiento de aguas de una planta de beneficio bovino y porcino, operadas por SOIL COLOMBIA, se propone la instalación de equipamientos sanitarios, hidrolavadoras y actualización de griferías.

**3.1.1 Fluxómetros.** Los fluxómetros son dispositivos de descarga de agua el cual es utilizado en inodoros. Su mecanismo es de ahorro ya que utiliza ciertos litros de agua por cada uso. Este ahorro se ve reflejado mediante la alta presión con la cual se emite la descarga. El gasto por descarga para estos sistemas es de 2 a 4 litros de agua (aproximadamente), mientras que un inodoro convencional la descarga puede de 10 hasta 12 litros por descargas. Por lo anterior el porcentaje de ahorro utilizando en este sistema está entre un 60-80%.<sup>29</sup>

Imagen 2. Fluxómetro.



Fuente: [http://cort.as/-Ar\\_G](http://cort.as/-Ar_G)

---

<sup>29</sup> QUIMICANET. Funcionamiento y componentes del fluxómetro [en línea]. Consultado en Agosto 2 de 2018. Disponible en: <http://cort.as/-Ad8t>.

**3.1.2 Hidrolavadoras.** Las hidrolavadoras son un sistema el cual se utiliza para hacer algún tipo de limpieza. Se recomienda un tipo de hidrolavadoras industriales, ya que la presión que proporcionan estas máquinas es mayor a las convencionales. El ahorro que suministran estas en comparación a las hidrolavadoras convencionales entre un 60-70% ya que el caudal aproximado es de 10- 15 L/min y las convencionales es de 30- 45 L/min.<sup>30</sup>

Imagen 3. Hidrolavadora.



Fuente: Ferrepat, [En línea], disponible en [http://cort.as/-Ar\\_x](http://cort.as/-Ar_x)

**3.1.3 Grifería.** La grifería es uno de los ahorros más evidentes que se puede hacer a la hora de realizar cambios. Un grifo convencional, tiene un caudal por minuto de aproximadamente 9,6 L mientras que el mismo grifo con el accesorio, el cual reduce su caudal, aumenta la presión y aumenta el área de riego, tiene un caudal aproximado de 2 L/min.<sup>31</sup>

Imagen 4. Grifería.



Fuente: Por el clima, dispositivos ahorradores de agua, [en línea], disponible en: <http://cort.as/-Ar-S>

---

<sup>30</sup> DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS. ¿Cómo funciona la hidrolavadora? [en línea]. Consultado en agosto 2 de 2018 Disponible en: <http://cort.as/-Ad8V>

<sup>31</sup>GRIVAL. Las griferías ahorradoras, además de contribuir a la preservación del medio ambiente, representan un beneficio económico (en línea). Consultado en agosto 2 de 2018 Disponible en: <http://cort.as/-Ad8i>.

**3.1.4 instalación de medidores.** En un programa de ahorro y uso eficiente del agua es necesario la instalación de medidores, debido a que es importante tener control del consumo de agua. En este programa, se realiza la instalación de dos medidores para tener un control de la entrada de agua potable en la PTAR una planta de beneficio bovino y porcino y la PTAR de una planta de beneficio avícola (Imagen 5), lo cual permite a la empresa hacer un seguimiento respecto el consumo de agua en la preparación de soluciones, el consumo doméstico (baños, lavamanos), el lavado de la planta y otros.

Imagen 5. Medidor de caudal.



Fuente: elaboración propia.

Estos representan resultados en metros cúbicos ( $m^3$ ). El seguimiento de este gasto será importante para observar si las metas propuestas en el programa son cumplidas o no.

**3.1.5 Mantenimiento.** Es necesario llevar a cabo un esquema de mantenimiento y seguimiento del adecuado funcionamiento de los accesorios, equipos, y maquinas, con el fin de prevenir fugas.

## **3.2 SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS PARA LA PLANTA DE BENEFICIO AVÍCOLA**

La propuesta de disminución del consumo de agua del acueducto se basa en el diseño de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias. El análisis de la serie tiempo correspondiente a los datos de pluviosidad mensual de la estación Doña Juana suministrados por la Corporación Autónoma Regional (CAR)<sup>32</sup>, muestra un comportamiento variable durante el año, destacándose dos periodos con mayor intensidad de lluvias durante el año.

---

<sup>32</sup> CAR. Pluviosidad mensual. Estación meteorológica Doña Juana (en línea) Consultado en agosto 3 de 20018 Disponible en: <http://cort.as/-Ad8N>.

**3.2.1 Área de recolección de agua lluvia.** De acuerdo con información suministrada por la empresa el área del techo de las instalaciones de la planta de beneficio avícola es de 642 m<sup>2</sup>.

**3.2.2 Pluviosidad.** Basándose en los datos de pluviosidad mensual de la estación Doña Juana suministrados por la Corporación Autónoma Regional (CAR)<sup>35</sup> ver anexo B, se estimó la pluviosidad mensual durante un periodo de 13 años.

El tratamiento de los datos se realiza empleando la desestacionalización de la serie de tiempo, la cual consiste en aislar las componentes que influyen en cada valor de la serie, la variación estacional se refiere a un patrón de comportamiento más o menos estable que aparece anualmente y que se repite con periodicidad<sup>36</sup>, las componentes de tendencia ( $T_i$ ), estacional ( $E_i$ ) e irregular ( $I_i$ ) se encuentran utilizando el modelo multiplicativo como se muestra en la ecuación 1.

Ecuación 1. Modelo multiplicativo

$$Y_i = T_i \times S_i \times I_i$$

La serie pluviosidad es representada en la gráfica 1, evidenciándose una alta variabilidad en los valores obtenidos, y un promedio histórico mensual para los datos correspondiente a 62,83 mm.

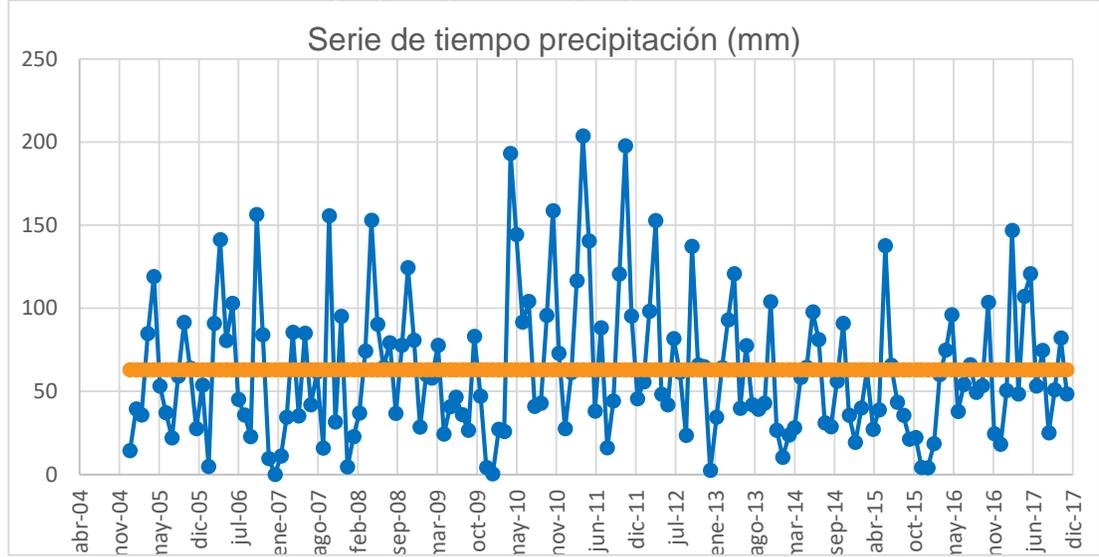
---

<sup>35</sup>

CAR. Pluviosidad mensual. Estación meteorológica Doña Juana (en línea) Consultado en agosto 3 de 2018 Disponible en: <http://cort.as/-Ad8N>.

<sup>36</sup> HANKE, John E. y WICHERN, Dean W. Pronósticos en los negocios, Pearson Educación, 2006, p 168.

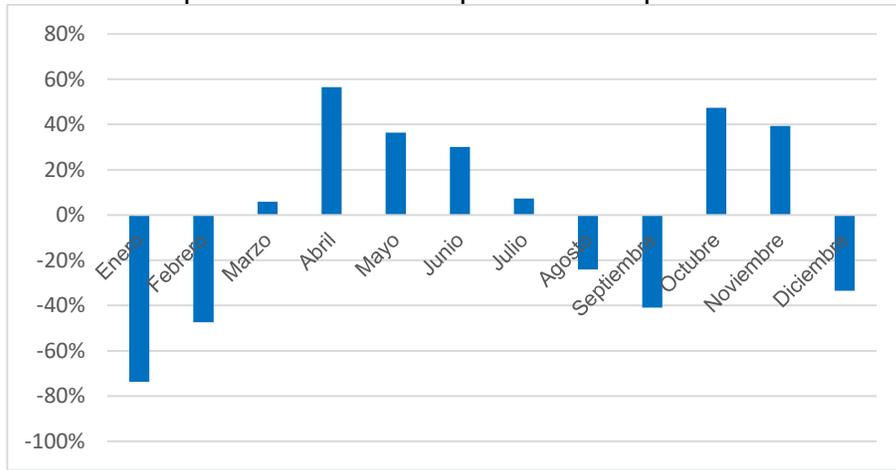
Grafica 1. Serie de tiempo precipitación (mm)



Fuente: elaboración propia basado en CAR. Pluviosidad mensual. Estación meteorológica Doña Juana (en línea) Consultado en agosto 3 de 2018 Disponible en: <http://cort.as/-Ad8N>

La componente estacional para la serie pluviométrica se presenta en la gráfica 2 y en la tabla 17.

Grafica 2. Componente estacional para la serie pluviométrica



Fuente: elaboración propia basado en CAR. Pluviosidad mensual. Estación meteorológica Doña Juana (en línea) Consultado en agosto 3 de 2018 Disponible en: <http://cort.as/-Ad8N>

Tabla 17. Índice estacional y precipitación característica

<b>Mes</b>	<b>Índice Estacional</b>	<b>Precipitación característica (mm)</b>
<b>Enero</b>	-0,737	16,527
<b>Febrero</b>	-0,475	32,990
<b>Marzo</b>	0,059	66,546
<b>Abril</b>	0,565	98,342
<b>Mayo</b>	0,365	85,775
<b>Junio</b>	0,301	81,753
<b>Julio</b>	0,073	67,426
<b>Agosto</b>	-0,241	47,694
<b>Septiembre</b>	-0,409	37,138
<b>Octubre</b>	0,474	92,624
<b>Noviembre</b>	0,394	87,597
<b>Diciembre</b>	-0,334	41,850

Fuente: elaboración propia basado en CAR. Pluviosidad mensual. Estación meteorológica Doña Juana (en línea) Consultado en agosto 3 de 20018 Disponible en: <http://cort.as/-Ad8N>

Los valores representan números índice asociados a la precipitación promedio mensual, por lo anterior se establece un primer periodo de lluvias bajas durante los meses de Diciembre, Enero y Febrero, con un 33,4% de precipitación por debajo del promedio anual durante Diciembre, un 73,7% de precipitación por debajo del promedio anual en Enero, por encima del promedio anual se encuentran las precipitaciones correspondientes a los meses abril, mayo y junio, de igual forma para el periodo respectivo a los meses octubre y noviembre.

Los datos de pluviosidad proporcionados para la serie climatológica permiten determinar un promedio estimado mensual de 62,8 mm (Grafica 1), así se tiene un valor característico para enero de 16,5 mm, los valores correspondientes a los demás meses son presentados en la tabla 17.

Los resultados anteriores se encontraron a partir de la información suministrada por la CAR para la estación Doña Juana, los índices estacionales para cada mes se utilizan para definir condiciones características de pluviosidad en el sector. De esta manera se calcula el volumen de agua captada por mes de acuerdo con el área de recolección en cada planta beneficio animal.

Un análisis descriptivo de la serie de tiempo pluviosidad por mes (gráfica 3 y tabla 18), muestra las precipitaciones medias más altas en los meses de abril, mayo,

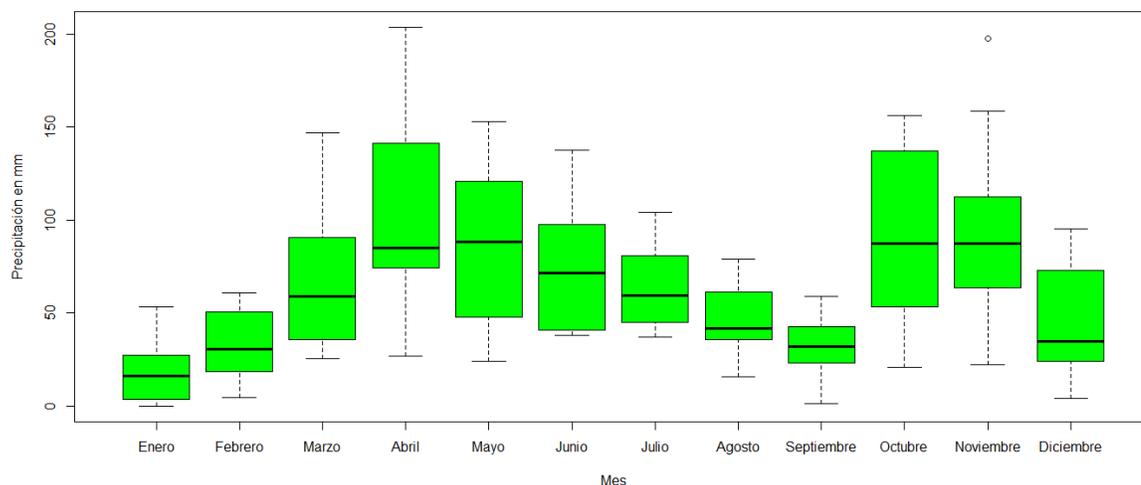
octubre y noviembre, coincidente con los periodos de lluvia señalados en el análisis de la serie de tiempo.

Las precipitaciones históricas mínimas se registraron en los meses de enero y septiembre, y las máximas durante abril, adicionalmente se encontró un valor considerado como atípico durante un mes de noviembre en el cual las lluvias estuvieron considerablemente por encima de los valores usuales del mes.

En el gráfico de caja (grafica 3) se identifican las variaciones en precipitación más altas durante abril y noviembre, coincidente con las desviaciones estándar para estos meses reportadas en la tabla 18. Para los meses de enero y septiembre el comportamiento de la variable pluviosidad indica valores similares durante el periodo de estudio, sin variaciones significativas.

El gráfico Box plot incluye los valores correspondientes a las medianas, dividiendo cada caja y el conjunto de valores en un número de datos iguales, así por ejemplo durante el 50% de los meses de abril incluidos en el análisis las precipitaciones estuvieron por encima de 85,15 mm, en los meses de mayo 50% de los registros de precipitación están por encima de 88,45 mm, el valor de las medianas más bajo se presenta en el mes de enero, con 50% de los registros por debajo de 16,2 mm.

Gráfica 3. Box plot pluviosidad por mes para el periodo 2004-2018.



Fuente: elaboración propia basado en CAR. Pluviosidad mensual. Estación meteorológica Doña Juana (en línea) Consultado en agosto 3 de 2018 Disponible en: <http://cort.as/-Ad8N>. Utilizando el software R versión 3.5.1 Copyright (C) 2018 The R Foundation for Statistical Computing.

Tabla 18. Estadísticas descriptivas por mes para la variable pluviosidad periodo 2004-2018.

Mes	Precipitación Mínima (mm)	Precipitación Máxima (mm)	Mediana para precipitación (mm)	Precipitación Media (mm)	Desviación estándar (mm)
<b>Enero</b>	0	53,7	16,2	17,69	16,55
<b>Febrero</b>	4,8	61,1	30,7	33,19	18,42
<b>Marzo</b>	25,8	146,8	59	65,43	35,87
<b>Abril</b>	27,1	203,7	85,15	103,13	53,09
<b>Mayo</b>	24,2	152,9	88,45	89,49	43,08
<b>Junio</b>	37,9	137,6	71,7	73,98	33,86
<b>Julio</b>	37	104,1	59,35	63,20	20,50
<b>Agosto</b>	16	79,2	41,9	46,87	19,88
<b>Septiembre</b>	1,2	59	32,05	32,16	14,79
<b>Octubre</b>	21,1	156,3	87,25	91,51	44,34
<b>Noviembre</b>	22,2	197,7	87,4	91,97	47,68
<b>Diciembre</b>	4,2	95,2	34,8	44,49	32,05

Fuente: elaboración propia basado en CAR. Pluviosidad mensual. Estación meteorológica Doña Juana (en línea) Consultado en agosto 3 de 20018 Disponible en: <http://cort.as/-Ad8N>

**3.2.3 Volumen de agua a captar en la planta de beneficio avícola.** El aprovechamiento de aguas lluvias en la planta de beneficio avícola considera su uso en las actividades realizadas en la PTAR tales como la preparación de soluciones, el lavado de la planta y otros, con una demanda estimada en 183 m<sup>3</sup>/mes. Parte de esta demanda se puede suplir con la utilización de las aguas lluvias a captar dependiendo de la variación estacional estimada. La tabla 19, muestra el volumen de aguas potencialmente captables sobre el área de diseño de 642 m<sup>2</sup> correspondientes al techo de la planta, y el porcentaje de ahorro que se alcanza en la demanda bajo la utilización de las aguas lluvia captadas.

Los datos estimados de captación de aguas lluvias mensuales son valores característicos calculados a partir de los números índices resultantes de la desestacionalización de la serie de tiempo, sin embargo, las variaciones climáticas actuales pueden incrementarlos o disminuirlos dependiendo de los fenómenos naturales que se presenten.

Tabla 19. Volumen de agua captada al mes y su % de ahorro

Mes	Volumen de agua captada por mes (m3)	Porcentaje de Ahorro máximo
Enero	10,610	5,8%
Febrero	21,180	11,6%
Marzo	42,722	23,3%
Abril	63,136	34,5%
Mayo	55,067	30,1%
Junio	52,485	28,7%
Julio	43,287	23,7%
Agosto	30,620	16,7%
Septiembre	23,842	13,0%
Octubre	59,465	32,5%
Noviembre	56,237	30,7%
Diciembre	26,868	14,7%

Fuente: elaboración propia basado en CAR. Pluviosidad mensual. Estación meteorológica Doña Juana (en línea) Consultado en agosto 3 de 20018 Disponible en: <http://cort.as/-Ad8N>

**3.2.4 Caracterización del agua lluvia.** Para la caracterización de aguas lluvias se utilizaron elementos bibliográficos de la tesis “*Evaluación de una planta portátil potabilizadora de agua lluvia en Postobon S.A*”<sup>37</sup> en este documento se encuentra la caracterización detallada del agua lluvia teniendo en cuenta propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Esta revisión bibliográfica se hace con el fin de determinar el tratamiento adecuado para la potabilización de esta. A continuación, en la tabla 20, se establece una tabla resumen de la recolección de los análisis fisicoquímicos realizados en el trabajo de grado anteriormente mencionado.

Tabla 20. Caracterización fisicoquímica del agua lluvia en Bogotá.

Agua lluvia (entrada)	
<b>Análisis fisicoquímico</b>	
Temperatura °C	17,6
turbiedad (NTU)	2,23
Conductividad (µSiemens/cm)	31,8
Solidos totales (mg/L de TDS)	15,82

<sup>37</sup> CADENA Triana, Luisa M. y CUERVO López, Jessica A. Evaluación de una planta portátil potabilizadora de agua lluvia en Postobon S.A. Trabajo de grado Ingeniero químico. Bogotá D.C.: Fundación Universidad América. Facultad de ingenierías. Programa de ingeniería química, 2018. 51-75 p.

Tabla 20. (Continuación)

<b>Sólidos sedimentables -2 (ml)</b>	<b>0,8</b>
<b>Sólidos sedimentables -1 (ml)</b>	0,3
<b>pH</b>	6,8
<b>Dureza Total (mg/L) de CaCO<sub>3</sub></b>	12,61
<b>Alcalinidad total (mg/L) CaCO<sub>3</sub></b>	8,5
<b>Hierro (mg/L)</b>	0,03
<b>Manganeso (mg/L)</b>	0,013
<b>Cloro</b>	0

Fuente: elaboración propia basado en CADENA Triana, Luisa M. y CUERVO López, Jessica A. Evaluación de una planta portátil potabilizadora de agua lluvia en Postobon S.A. Trabajo de grado Ingeniero químico. Bogotá D.C.: Fundación Universidad América. Facultad de ingenierías. Programa de ingeniería química, 2018. 51-75 p.

En la tabla 21 se presenta la caracterización microbiológica y bacteriológica del agua lluvia en Bogotá.

Tabla 21. Caracterización microbiológica y bacteriológica del agua lluvia en Bogotá.

<b>Agua lluvia (entrada)</b>	
<b>Análisis microbiológico y bacteriológico</b>	
<b>Coliformes totales y fecales</b>	presencia/100 ml
<b>Bacterias mesófilas</b>	310 UFC/100 ml
<b>Pseudomonas Aeruginosa</b>	ausencia/100 ml

Fuente: elaboración propia basado en CADENA Triana, Luisa M. y CUERVO López, Jessica A. Evaluación de una planta portátil potabilizadora de agua lluvia en Postobon S.A. Trabajo de grado Ingeniero químico. Bogotá D.C.: Fundación Universidad América. Facultad de ingenierías. Programa de ingeniería química, 2018. 51-75 p.

Al observar las características fisicoquímicas (tabla 20) evaluadas del agua lluvia, como la turbiedad medida en 2,23 NTU y comparando contra los límites establecidos en la Resolución 2115/07 de agua potable para turbiedad en 2 NTU, se evidencia que no se requiere un tratamiento fisicoquímico para la remoción de sólidos, por lo que un proceso de filtración sería la opción a proponer. Adicionalmente en la caracterización microbiológica y bacteriológica (tabla 21) se muestra la presencia de coliformes totales y fecales y de bacterias mesófilas, por lo que es necesaria la desinfección.<sup>38</sup>

<sup>38</sup> ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Acuípurificación. Diseño de sistemas de purificación de aguas, Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995, p 15.

**3.2.5 Planta de tratamiento de agua lluvia.** Para este proyecto se propone una *“Planta para un suministro pequeño con agua cruda de buena calidad”*<sup>39</sup> para operar por lotes (discontinuo). El caudal de diseño se estima en 0,83 L/s, se obtuvo del volumen máximo de agua que se puede captar mensualmente que según la tabla 21 se da en abril con 63,136 m<sup>3</sup> por mes, tomando este valor como referencia se establece un caudal diario de 3 m<sup>3</sup>, por lo que el volumen del tanque de almacenamiento se establece con este volumen. El tratamiento que se le dará al agua lluvia es convencional; el cual estará dado por: almacenamiento, un sistema de bombeo, filtración rápida, cloración, y almacenamiento.

- Almacenamiento: Con el fin de garantizar el caudal de 3 m<sup>3</sup>/día para el tratamiento de estas aguas se propone un sistema discontinuo.
- Sistema de bombeo: Las bombas centrifugas son equipos con los cuales se puede obtener grandes volúmenes de caudal y presión o cabeza, son muy utilizados en la industria debido a su facilidad de instalación.
- Filtración: La selección del sistema filtrante de la planta debe ser cuidadosa, debido a que generalmente se conoce como filtro a un tamiz o a una microfibra. Como el fluido a filtrar es agua, generalmente habrá agentes diferentes al agua que se pueden mezclar y pasar por esos sistemas convencionales. La selección más acertada es un filtro a presión y el tipo de lecho filtrante a utilizar es la arena. Los filtros a presión se utilizan principalmente para pequeñas plantas y la arena generalmente se utiliza para filtrar aguas con bajas o medianas cargas de contaminantes. Estos filtros se encargan de la retención de partículas de hasta 20 micras de tamaño. El material recomendado para este tipo de filtro es el acero, debido a que debe resistir las presiones.
- Cloración: es un método y eficaz para desinfectar el agua ya que es un potente oxidante y este, al mezclarse con agua, quema en un tiempo corto (aprox. 30 min) partículas orgánicas. Este método consiste en la adición de cloro (pastillas de cloro, lejía, etc.) que, al hacer contacto con el agua y sus contaminantes, elimina contaminantes. Según la organización mundial de la salud (OMS) la concentración de cloro libre en el agua tratada debe estar entre 0,2 y 0,5 mg/l.<sup>42</sup> se propone utilizar pastillas de cloro para la desinfección.

---

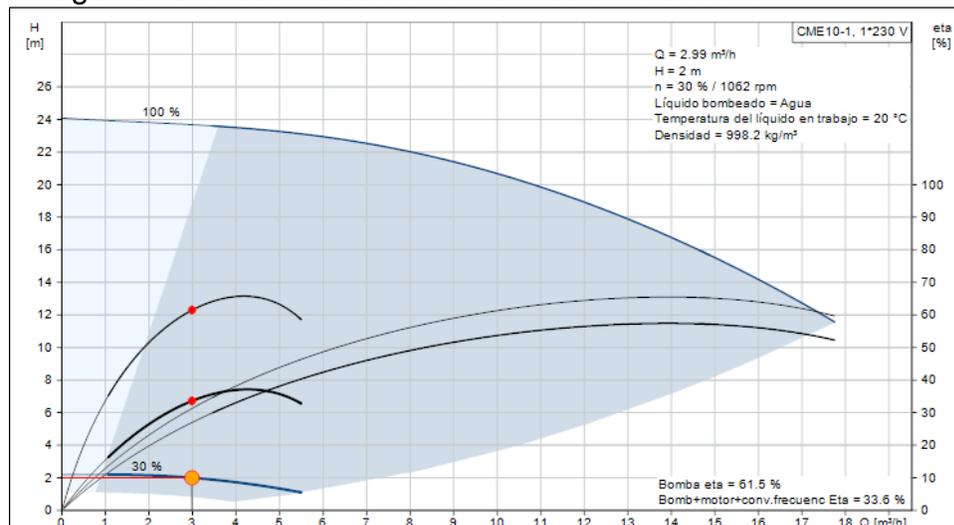
<sup>39</sup> ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Acupurificación. Diseño de sistemas de purificación de aguas, Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995, p. 22.

<sup>42</sup> *Ibid.*, p 2-55.

**3.2.6 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento.** El volumen del tanque de almacenamiento se toma a partir del análisis de pluviosidad que se realizó para estimar el volumen máximo de captación que se da para los meses de abril con  $63,136 \text{ m}^3$ , por lo que se estima un caudal de  $3\text{m}^3/\text{días}$ .

**3.2.7 Dimensionamiento del sistema de bombeo.** Para la selección de la bomba centrífuga que mejor se adapte al sistema hidráulico actual es necesario conocer los datos de caudal y presión (o cabeza), estos datos de entrada del sistema son: caudal igual a  $0.83 \text{ L/s}$  ( $3 \text{ m}^3/\text{h}$ ) y  $2 \text{ m}$  de Cabeza. Con estos datos se puede seleccionar la bomba a través de los catálogos que las diferentes compañías ofrecen a los usuarios, catálogos en donde se observan las gráficas de caudal Q vs Presión o Cabeza H, para este caso se seleccionó el catálogo de las bombas Grundfos, a continuación, se puede ver la selección de la bomba, en la imagen 6.<sup>43</sup>

Imagen 6. Gráficas de caudal Q vs Presión o Cabeza H.



Fuente: GRUNDFOS. CM, grupo de presión CME. [en línea]. Consultado en Noviembre 7 de 2018. Disponible en: <http://cort.as/-BwMo>.

La bomba que mejor se adapta a las condiciones de operación propuesta de caudal de  $0.83 \text{ L/s}$  y presión o cabeza de  $2 \text{ m}$ , es la bomba de referencia Grundfos CME 10-1, también se puede observar que en la medida que el sistema lo requiera la bomba puede trabajar a una mayor presión o cabeza, entregando también un mayor caudal sin tener problemas con la eficiencia de la bomba ni el motor. Las características generales de la bomba se presentan en la imagen 7.

<sup>43</sup> GRUNDFOS. CM, grupo de presión CME. [en línea]. Consultado en Noviembre 7 de 2018. Disponible en: <http://cort.as/-BwMo>.

### Imagen 7. Características generales de la bomba.

Tipo	CME10-1		Perfil carga	
Cantidad * Motor	1 * 1.1 kW			1
Caudal	2.99	m <sup>3</sup> /h	Caudal	100 %
H total	2	m	Alt.	100 %
Pot. P1	0.048	kW	P1	0.048 kW
Pot. P2	0.026	kW	Total Eta	33.6 %
BombaEta	61.5	%	Time	1000 h/a
Motor Eta	54.7	%	Consumo energía	48 kWh/Año
Bomb+motor Eta	33.6	% =Bomba Eta *motor Eta	Cantidad	1
Caudal tot	2988	m <sup>3</sup> /año		
Consumo energía	48	kWh/Año		
Prec.	Bajo pedido			
Cte ciclo vital	1579	€/10Años		

Fuente: GRUNDFOS. CM, grupo de presión CME. [en línea]. Consultado en Noviembre 7 de 2018. Disponible en: <http://cort.as/-BwMo>.

El motor requerido para suministrar energía a la bomba es inferior a 1 hp lo que muestra que la bomba logrará trabajar con motores de 1 hp y 0.5 hp, a continuación, se da una representación del tipo de bomba (imagen 8).

Imagen 8. Bomba centrífuga



Fuente: GRUNDFOS, [en línea], disponible en <http://cort.as/-BwMo>.

**3.2.8 Dimensionamiento del filtro de arena a presión.** En la tabla 22 se muestra el dimensionamiento del filtro a presión propuesto.

Tabla 22. Dimensionamiento del filtro a presión

Parámetro	Unidad	Convención	Valor	Observación
<b>Caudal</b>	m <sup>3</sup> /h	Q	3,00	Estimado en el proyecto
<b>Volumen Filtro</b>	m <sup>3</sup>	V <sub>f</sub>	0,78	Ecuación volumen de un cilindro
<b>Velocidad Filtración</b>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	V	5,00	Tomado del RAS 2000 (Filtración rápida 120-360 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d)
<b>Área</b>	m <sup>2</sup>	A	0,60	Ecuación de caudal
<b>Diámetro</b>	m	D	0,90	Ecuación de área (diámetro)
<b>Altura total</b>	m	A <sub>T</sub>	1,30	
<b>Altura arena</b>	m	A <sub>a</sub>	0,66	El lecho ocupa apenas 2/3 del filtro (Aproximadamente 66%) RAS 2000
Altura grava	m	A <sub>an</sub>	0,10	RAS 2000
<b>Velocidad en tubería</b>	m/s		3,00	Asumido entre 0,5 y 3 m/s RAS 2000
<b>Diámetro tubería</b>	m		0,04	
<b>Diámetro tubería</b>	in		1,40	
Número de Filtros	Unidad		1,00	

Fuente: elaboración propia basado en MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Dirección general de agua potable y saneamiento básico. (RAS 2000). Bogotá D.C. Noviembre, 2000. p. 58-59

El filtro a presión propuesto se dimensiono basado en el caudal estimado en 3 m<sup>3</sup>/hora, la velocidad de filtración según el RAS 2000 para un filtro rápido esta entre 120-360 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>d, para el ejercicio de dimensionamiento se tomó en la mínima que equivale a 5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h. El volumen del filtro calculado es de 0,78 m<sup>3</sup>, el área es de 0,60 m<sup>2</sup> y la altura total es de 1,30 m de esta, según el RAS 2000<sup>44</sup> el lecho ocupa apenas 2/3 del filtro por lo que la altura de la arena es de 0,66 y la altura de la grava es de 0,10 m la cual se utiliza como soporte.

<sup>44</sup> MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Dirección general de agua potable y saneamiento básico. (RAS 2000). Bogotá D.C. Noviembre, 2000. p. 58-59

### 3.3 CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS EN LA PLANTA DE BENEFICIO BOVINO Y PORCINO

Se plantea la captación de aguas lluvias en el área de desposte de res, con el fin de redirigir estas aguas a la planta de tratamiento de agua recupera que tiene una capacidad de 22 m<sup>3</sup>/hora, actualmente trabaja 10 m<sup>3</sup>/hora. Las aguas resultantes de este tratamiento se utilizan para el lavado de canales de vacunos y porcinos, ducha de ganado en pie y los bebederos.

**3.3.1 Área de recolección de aguas lluvias.** De acuerdo con información suministrada por la empresa el área del techo en la zona de desposte de res es de 747 m<sup>2</sup>.

**3.3.2 Pluviosidad.** Para la planta de beneficio bovino y porcino se ha estimado un área en la zona de desposte de res de 747 m<sup>2</sup> la cual se utilizará como superficie de captación de aguas lluvias. Con el fin de aumentar el caudal de trabajo de la PTAREC que actualmente trabaja aproximadamente con un 45% de su capacidad (10m<sup>3</sup>/día).

Los valores característicos de precipitación mensual presentados en la tabla 20 se hallaron utilizando la serie pluviosidad en la estación meteorológica Doña Juana (Grafica 1), esta información se utiliza para calcular el volumen de agua captada, a través de la expresión de conversión presentada en la ecuación 2.

Ecuación 2. Volumen de agua captada

$$Volumen\ de\ agua\ captada\ (m^3) = \frac{Precipitación\left(\frac{L}{m^2}\right) * Area\ de\ captación\ m^2}{1000}$$

En la tabla 22 se presentan los resultados de las estimaciones mensuales de volumen de agua captado (m<sup>3</sup>) para el área utilizada. Para un mes de enero característico la PTAREC tendría un caudal adicional de 12,345 m<sup>3</sup> de agua, en el mes de abril el nivel de caudal se incrementa significativamente en 73,462 m<sup>3</sup> de agua. Como se muestra en la tabla 22 los valores de volumen son altos en dos periodos del año, el primero comprendido entre los meses marzo a julio y el segundo en el periodo octubre y noviembre.

Tabla 23. Volumen de agua captado al mes.

<b>Mes</b>	<b>Volumen de agua captada por mes (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Enero</b>	12,345
<b>Febrero</b>	24,644
<b>Marzo</b>	49,710
<b>Abril</b>	73,462
<b>Mayo</b>	64,074
<b>Junio</b>	61,069
<b>Julio</b>	50,367
<b>Agosto</b>	35,628
<b>Septiembre</b>	27,742
<b>Octubre</b>	69,190
<b>Noviembre</b>	65,435
<b>Diciembre</b>	31,262

Fuente: elaboración propia basado en CAR. Pluviosidad mensual. Estación meteorológica Doña Juana (en línea) Consultado en agosto 3 de 20018 Disponible en: <http://cort.as/-Ad8N>

### **3.4 CUADRO DE ALTERNATIVAS DE AHORRO**

Por medio del cuadro 3 se presentan las alternativas de ahorro, si son a corto, mediano y largo plazo y además se calcula el porcentaje de ahorro máximo que se podría obtener al implementar estas estrategias, sin embargo por la naturaleza de los procesos de las plantas de tratamientos de aguas el ahorro a obtener es mínimo en comparación con el calculado, debido a que en procesos como el lavado de la planta no se puede disminuir notoriamente el caudal de agua utilizado debido a que se debe cumplir con estándares de limpieza establecidos en la normatividad vigente.

Cuadro 3. Alternativas de ahorro

Alternativa de ahorro	Tiempo	Consumo establecido	Porcentaje de ahorro máximo estimado %
<b>Dispositivos de ahorro</b>			
<b>Fluxómetros (2-4 L/descarga)</b>		Inodoros (6 L/ descarga)	30
<b>Hidrolavadoras (Caudal:10- 15 L/min Ahorro entre el 60-70%)</b>	Corto plazo (dentro de los primeros seis meses)	PTAR (planta de beneficio bovino y porcino) 26,44 m <sup>3</sup> /mes	15
<b>Grifería (2L/minuto)</b>		PTAR (planta de beneficio avícola) 8,76 m <sup>3</sup> /mes	30
<b>Instalación de medidores</b>	Mediano Plazo	Grifos de cocina (9,6 L/minuto)	
		Control y seguimiento del consumo.	No genera ahorro
<b>Mantenimiento</b>	Corto plazo (dentro de los primeros seis meses)	Evita perdidas por fugas.	-
<b>Planta de tratamiento de aguas lluvias para la planta de beneficio avícola</b>	Largo plazo	183 m <sup>3</sup> /mes	22
<b>Captación de aguas lluvias en la planta de beneficio bovino y porcino</b>	Largo plazo	El caudal de PTAREC actualmente es de 2.815 m <sup>3</sup> /mes, y se incrementa en 40,46 m <sup>3</sup> /mes en promedio.	

Fuente: elaboración propia basados en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

### 3.5 CAPACITACIÓN Y SENSIBILIDAD DEL PLAN DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA

Con el fin de hacer uso racional de recurso hídrico, en este proyecto se deben realizar campañas que permiten a todos los usuarios hacer un manejo adecuado del recurso hídrico. Estas campanas serán compuestas por capacitaciones, foros y charlas en las cuales se enseñan los lineamientos básicos del programa de ahorro y uso eficiente del agua, esto con el fin de cumplir la normatividad vigente.

La capacitación inicial que dar a los operarios y trabajadores se encuentra en un anexo a este documento en Power point. Esta capacitación está basada en la conciencia ambiental proporcionada por la Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá para que los trabajadores tengan conocimiento de lo que es el recurso hídrico, cuál es su importancia, porque es tan necesaria, y porque se debe hacer un buen uso de este.

**3.5.1 Prácticas de comportamiento.** Es necesario educar al equipo de trabajo de cómo hacer un uso adecuado del recurso y evitar al máximo el desperdicio, como lo es evitar depositar sólidos en sanitarios, lavamanos y orificios de desagüe o vertimientos, hacer un respectivo mantenimiento de las canales y sistemas que utilizan el agua para evitar fugas. En caso de haberlas, hacer su respectivo reporte, y usar las cantidades necesarias para las diferentes operaciones.

**3.5.2 Sistemas ahorradores.** Como se muestra en el capítulo 5 se deben realizar los respectivos cambios para el ahorro del agua, como lo es:

- Fluxómetros
- Hidrolavadoras
- Grifería
- Medidores

Al hacer la instalación de estos dispositivos se debe realizar una ilustración a los operarios y trabajadores sobre su buen uso y así tener un óptimo desempeño de estos.

## 4. DOCUMENTACION

El documento entregado a la empresa Grupo Soil Colombia, es la recopilación de los capítulos anteriores, por lo que consta del diagnóstico del estado actual de las plantas de tratamiento de aguas de una planta de beneficio bovino y porcino y una planta de beneficio avícola, las alternativas de ahorro y uso eficiente de agua propuestas y el análisis financiero que se realizó.

A continuación, se muestran los indicadores del programa de ahorro y uso eficiente de agua propuesto para las plantas de tratamiento de aguas operadas por la empresa Grupo Soil Colombia.

### 4.1 INDICADORES DE GESTIÓN Y/O METAS

**4.1.1 Indicadores y metas específicas.** Los indicadores definidos para medir la efectividad y eficiencia del programa se muestran en el cuadro 5. varios de estos indicadores permiten realizar un seguimiento y control de la actividad que por su condición se quiere monitorear, tales como producto químico utilizado, generación de lodos y agua para el reuso al mes, por lo que no se propone un porcentaje de reducción en la meta. Para las actividades a disminuir el consumo de agua, en base al cuadro 4. se establece un porcentaje de reducción para su meta.

Cuadro 4. Indicadores de gestión y metas

Indicador de seguimiento y control	Consumos establecidos				Meta
<b>PRODUCTO QUÍMICO UTILIZADO</b>  <i>Kg de producto químico</i> <i>m<sup>3</sup> Agua Tratada</i>	<b>Planta de beneficio bovino y porcino PTAR</b>				Realizar el seguimiento y control del producto químico utilizado
	<b>Polímero Aniónico</b>		<b>Polímero Catiónico</b>		
	Kg (mes)	m <sup>3</sup> /mes Solución	Kg (mes)	m <sup>3</sup> /mes Solución	
	49	111,46	235	494, 77	
	<b>Planta de beneficio avícola PTAR</b>				
	<b>Polímero Aniónico</b>		<b>Polímero Catiónico</b>		
Kg (mes)	m <sup>3</sup> /mes Solución	Kg (mes)	m <sup>3</sup> /mes Solución		
58	16,5	271	95,36		

Cuadro 4. (Continuación)  
**Indicador de seguimiento  
y control**

	<b>Consumos establecidos</b>	<b>Meta</b>								
<p><b>LODOS</b></p> <p><i>m<sup>3</sup> Agua residual de entrada</i>  <i>-m<sup>3</sup> Agua residual de salida</i></p>	<p>Planta de beneficio bovino y porcino PTAR</p> <p>Instalación de medidores a la entrada y salida de la PTAR</p> <p><b>Planta de beneficio avícola PTAR</b></p> <p>Instalación de medidores a la entrada y salida de la PTAR</p>	<p><b>Establecer las cantidades de lodos producidas de acuerdo con los sólidos suspendidos y sedimentables en el agua residual</b></p>								
<p><b>AGUA RECUPERADA</b></p> <p><i>m<sup>3</sup> Agua Recuperada</i>  <i>mes</i></p>	<p><b>Planta de beneficio bovino y porcino PTAR</b></p> <p>Agua recuperada para el reuso estimada al mes: 2.815 m<sup>3</sup>/mes</p>	<p>Realizar el seguimiento y control del agua que es recuperada para el reuso al mes</p>								
<p><b>CONSUMO DOMÉSTICO</b></p> <p><i>m<sup>3</sup> Agua (consumo doméstico)</i>  <i>mes</i></p>	<p>Planta de beneficio bovino y porcino PTAR</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="760 1087 971 1150"><b>Consumo por trabajador</b></th> <th data-bbox="971 1087 1214 1150"><b>Consumo otros</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="760 1171 971 1213">10,08 m<sup>3</sup>/mes</td> <td data-bbox="971 1171 1214 1213">82,44m<sup>3</sup>/mes</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Planta de beneficio avícola PTAR</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="760 1318 971 1381"><b>Consumo por trabajador</b></th> <th data-bbox="971 1318 1214 1381"><b>Consumo otros</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="760 1402 971 1444">6 m<sup>3</sup>/mes</td> <td data-bbox="971 1402 1214 1444">48,85 m<sup>3</sup>/mes</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Consumo por trabajador</b>	<b>Consumo otros</b>	10,08 m <sup>3</sup> /mes	82,44m <sup>3</sup> /mes	<b>Consumo por trabajador</b>	<b>Consumo otros</b>	6 m <sup>3</sup> /mes	48,85 m <sup>3</sup> /mes	<p>Consumo por trabajador. <b>Disminuir en un 30%.</b></p> <p><b>Consumo por otros. Disminuir en un 30%.</b></p>
<b>Consumo por trabajador</b>	<b>Consumo otros</b>									
10,08 m <sup>3</sup> /mes	82,44m <sup>3</sup> /mes									
<b>Consumo por trabajador</b>	<b>Consumo otros</b>									
6 m <sup>3</sup> /mes	48,85 m <sup>3</sup> /mes									
<p><b>CONSUMO POR LAVADO DE LA PLANTA (SABADOS)</b></p> <p><i>m<sup>3</sup> Agua (consumo lavado)</i>  <i>mes</i></p>	<p><b>Planta de beneficio bovino y porcino PTAR</b></p> <p><b>Consumo lavado de la planta</b>  26,44 m<sup>3</sup>/mes</p> <p><b>Planta de beneficio avícola PTAR</b></p> <p><b>Consumo lavado de la planta</b>  16,28 m<sup>3</sup>/mes</p>	<p>Disminuir en un 15 % el caudal de lavado de la planta.</p>								

Fuente: elaboración propia basado en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

**4.1.2 Metas generales.** Con base en las metas establecidas para cada indicador (cuadro 4), se establece un ponderado con el fin de proponer una meta general para la planta de beneficio bovino y porcino y para la planta de beneficio avícola.

- Durante el primer año de implementación del programa de ahorro y uso eficiente del agua se establece una meta de reducción del 10%.
- Para los siguientes cuatro años se establece una meta de reducción del 4% anual.

## 5. ANALISIS FINANCIERO

En este capítulo se presentan los costos asociados a la implementación de las alternativas de ahorro y al ahorro económico que estas mismas representan, el análisis financiero se realizó por medio de un beneficio costo el cual permite realizar un análisis acerca de la viabilidad de este proyecto.

### 5.1 COSTOS DE AGUA EN PLANTA DE BENEFICIO BOVINO Y PORCINO

La planta de beneficio bovino y porcino, para su proceso productivo y actividades de oficina utiliza agua extraída de dos pozos, además de agua suministrada por el acueducto, los costos del agua se muestran a continuación en la tabla 24.

Tabla 24. Precio del agua

Fuente de agua	Precio/m <sup>3</sup>
<b>Agua de pozo</b>	\$ 1000
<b>Agua de acueducto</b>	\$ 3800

Fuente: elaboración propia basado en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

Para poder observar el gasto realizado en la planta de beneficio bovino y porcino se hace una estimación del costo mensual de consumo por motivo de acueducto y pozo (ver tabla 25).

Tabla 25. Consumo del agua

	m <sup>3</sup>	Valor \$
<b>Total acueducto (mensual)</b>	2.680	10.182.860
<b>Año</b>	32156,4	122.194.320
<b>Total agua de pozo (mensual)</b>	34.254	34.254.000
<b>Año</b>	411.048	411.048.000
<b>Total anual</b>		<b>533.242.320</b>

Fuente: elaboración propia basado en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

Se estimó que en promedio anualmente el costo en agua es de \$ 533.242.320. Con el fin de determinar la viabilidad de las alternativas de ahorro se calculó el flujo de caja de algunas alternativas, finalmente por medio del beneficio costo se determina si son viables o no. A continuación se muestra la inversión inicial de cada alternativa de ahorro planteada en la planta de beneficio bovino y porcino.

**5.1.1 Inversión inicial dispositivos de ahorro.** En la tabla 26 se calculan los costos de inversión para los dispositivos de ahorro y medidores de caudal. Como resultado el costo total aproximado es de \$ 5.343.848

Tabla 26. Inversión para los dispositivos de ahorro.

**Dispositivos de ahorro**

Producto y/o Descripción	Precio \$ (unidad)	Cantidad	Precio \$ total
KID fluxómetro	749.000	1	749.000
grifos ahorradores	19.990	4	71.970
Hidrolavadoras	2.850.900	1	3.899.990
Medidor de caudal	622.884	1	622.884
<b>Costo total aproximado</b>			<b>5.343.848</b>

Fuente: elaboración propia basado en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

Los costos presentados anteriormente son basados en cotizaciones realizadas en diferentes empresas distribuidoras reconocidas en el mercado, seleccionando la más económica. (ver anexo A).

**5.1.3 Ahorro en pesos por los dispositivos de ahorro.** Se cuantifico el ahorro agua en la parte como consumo doméstico, lavado y otros, lo cual representa un ahorro de dinero que representa esta (tabla 27) en \$935.823 al año.

Tabla 27. Ahorro en pesos para los dispositivos de ahorro

**Reducción de consumo**

Descripción	% ahorro	m <sup>3</sup> ahorrado
Consumo domestico	20	2,880
Lavado	35	6,649
Otros	10	10,993
<b>total ahorro</b>		<b>20,522</b>
<b>Año</b>		<b>246,269</b>
<b>Ahorro en pesos \$</b>		<b>935.823</b>

Fuente: elaboración propia basado en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

Los metros cúbicos representados como ahorro en la tabla 24, fueron hallados mediante los porcentajes de ahorro que la propuesta representa para cada dispositivo de ahorro, teniendo como resultado un ahorro de 30.052 m<sup>3</sup> anual.

**5.1.4. Inversión inicial Captación de aguas lluvias.** En la tabla 28 se muestran los precios aproximados para la implementación de la captación de aguas lluvias en la planta de beneficio bovino y porcino. El costo total aproximado para llevar a cabo esta alternativa es de \$ 3.377.500, teniendo en cuenta el área que se debe suplir para la recolección de estas aguas.

Tabla 28. Inversión para la captación de aguas lluvias.

<b>Captación de aguas lluvias</b>			
<b>Producto</b>	<b>Precio \$ (m)</b>	<b>Cantidad (m)</b>	<b>Precio total \$</b>
<b>Canales</b>	18.000	128	3.028.200
<b>Bajantes</b>	20.000	55	349.300
<b>Costo total aproximado</b>			<b>3.377.500</b>

Fuente: elaboración propia basado en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

**5.1.5 Ahorro en pesos para la captación de aguas lluvias.** El ahorro en pesos calculado para la alternativa de captación de aguas lluvias se muestra en la tabla 29 y es de \$ 29.560.063.

Tabla 29. Ahorro en pesos para la captación de aguas lluvias.

<b>Descripción</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Valor \$</b>
<b>Total acueducto</b>	2.680	10.182.860
<b>Año</b>	32156,4	122.194.320
<b>Total agua de pozo</b>	34.254	34.254.000
<b>Año</b>	411048	411.048.000
<b>Total consumo año</b>	443204,4	
<b>Precio total agua consumida año</b>		533.242.320
<b>Captación de aguas lluvias</b>	648,247	2.463.339
<b>Año</b>	7778,964	29.560.063

Fuente: elaboración propia basado en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

**5.1.6 Flujo de caja para las alternativas de ahorro propuestas en la planta de beneficio bovino y porcino.** El flujo de caja observado en la tabla 30, representa un ahorro anual de \$30.495.977, lo cual da un estimado de ahorro en 5 años de \$152.479.885, teniendo una inversión de \$8.721.348.

Tabla 30. Flujo de caja para las alternativas de ahorro propuestas en la planta de beneficio bovino y porcino.

<b>PLANTA DE BENEFICIO BOVINO Y PORCINO</b>						
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Costo ope.</b>		-\$	-\$	-\$	-\$	-\$
		533.242.320	533.242.320	533.242.320	533.242.320	533.242.320
<b>Cap. aguas lluvias</b>		\$	\$	\$	\$	\$
		29.560.063	29.560.063	29.560.063	29.560.063	29.560.063
<b>Dispo. ahorro</b>		\$	\$	\$	\$	\$
		935.823	935.823	935.823	935.823	935.823
<b>Flujo operativo</b>		-\$	-\$	-\$	-\$	-\$
		502.746.434	502.746.434	502.746.434	502.746.434	502.746.434
<b>Inversión</b>	-\$ 8.721.348					
<b>F.C.</b>	-\$ 8.721.348	\$	\$	\$	\$	\$
		502.746.434	502.746.434	502.746.434	502.746.434	502.746.434

Fuente: elaboración propia basado en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA

**5.2 Costos del agua en la planta de beneficio avícola.** En esta empresa se utiliza en su totalidad agua suministrada por el acueducto, la cual tiene un precio de \$3.800 por metro cubico. Por lo que el costo anual aproximado que se calculó se muestra en la tabla 31.

Tabla 31. Costo aproximado del agua en la planta de beneficio avícola

	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>\$</b>
<b>Total acueducto (mensual)</b>	13.912	417.360
<b>Total acueducto (anual)</b>	166.944	634.387.200

Fuente: elaboración propia basado en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA

El costo anual aproximado de agua en la planta de beneficio avícola es de \$643.378.200.

**5.2.1 Inversión inicial para la PTALL:** en la tabla 32 se muestra la inversión inicial para PTALL:

Tabla 32. Inversión inicial PTALL.

<b>Planta de tratamiento de aguas lluvias</b>			
<b>Producto</b>	<b>Precio (unidad) \$</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio total \$</b>
<b>Tanque 300 m<sup>3</sup></b>	159.980	2	319.960
<b>Filtro de arena</b>	830.000	1	830.000
<b>Bomba agua periférica</b>	219.990	1	219.990
<b>Flotador eléctrico</b>	53.990	1	53.990
<b>Medidor de caudal</b>	238.010	1	238.010
<b>Pastillas de cloro</b>	2.000	1	2.000
<b>Costo total aproximado</b>			1.663.950

Fuente: elaboración propia basado en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA

La inversión inicial para esta alternativa se calculó en aproximadamente \$1.663.950.

Adicionalmente se tiene como costo de operaciones el producto usado para clorar el agua, el cual tiene un costo por pastilla de 2.000 pesos/unidad. El gasto de este producto dependerá únicamente del funcionamiento de la planta y de la demanda de agua a tratar que este en el momento

**5.2.2 Ahorro en pesos para la PTALL:** en la tabla 33 se muestra que el ahorro en pesos con esta alternativa es de \$25.405.037.

Tabla 33. Ahorro en pesos para la PTALL

<b>Descripción</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Valor</b>
<b>Total acueducto (mes)</b>	13.920	52.896.000
<b>Año</b>	167040	634.752.000
<b>Recolección aguas lluvias</b>	557,128	2.117.086
<b>Año</b>	6685,536	25.405.037

Fuente: elaboración propia basado en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA

**5.2.2 Flujo de caja para la alternativa de ahorro propuesta para la planta de beneficio avícola.** El flujo de caja observado en la tabla 34, representa un ahorro anual de \$25.405.037, lo cual da un estimado de ahorro en 5 años de \$127.040.185, teniendo una inversión de \$1.663.950. De esa forma se puede concluir la que este proyecto de inversión de alternativas de ahorro de agua es factible.

Tabla 34. Flujo de caja para la alternativa de ahorro propuesta para la planta de beneficio avícola

<b>PLANTA DE BENEFICIO AVÍCOLA</b>						
<b>Año</b>	0	1	2	3	4	5
<b>Costo</b>		-\$	-\$	-\$	-\$	-\$
<b>op.</b>		634.752.000	634.752.000	634.752.000	634.752.000	634.752.000
<b>PTALL</b>		\$ 1.663.950	\$ 1.663.950	\$ 1.663.950	\$ 1.663.950	\$ 1.663.950
<b>Flujo</b>		-\$	-\$	-\$	-\$	-\$
<b>ope.</b>		609.346.962	609.346.961	609.346.960	609.346.959	609.346.958
<b>Inversión</b>	-\$ 1.663.950					
<b>F.C</b>	-\$ 1.663.950	\$	\$	\$	\$	\$
		609.346.962	609.346.961	609.346.960	609.346.959	609.346.958

Fuente: elaboración propia basado en SOIL TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES SLU SUCURSAL COLOMBIA.

### 5.3 RELACION BENEFICIO COSTO

Para el cálculo de la relación de beneficio/ costo se toma el valor presente de los beneficios y el costo de la inversión se calcula de la siguiente manera:

Calculo de la relación beneficio costo:

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

**5.3.1 Relación beneficio costo planta de beneficio avícola.** A partir del resultado se determina que el proyecto es viable, debido a que la relación (B/C) es mayor que uno, es un proyecto favorable donde los beneficios que se obtienen al implementar la nueva propuesta para la planta de tratamiento son mayores que los costos de inversión que genera la misma. Los beneficios son 15 veces más que los costos generados anualmente.

$$\text{Relación (B/C)} = \frac{25.405.037}{1.663.950.}$$

**5.3.2 Relación beneficio costo planta de beneficio bovino y porcino.** Para la planta de beneficio bovino y porcino se tienen dos alternativas de ahorro, por lo cual la inversión es mayor. Sin embargo, se tiene que, a partir de la relación (B/C), el proyecto es favorable ya que este resultado es mayor que uno. De esta forma las alternativas de ahorro propuestas, son viables económicamente.

Los beneficios son 5 veces más que los costos generados anualmente.

$$\mathbf{Relación (B/C) = \frac{30.495.977}{8.721.348}}$$

## 6. CONCLUSIONES

- En la PTAR de la planta de beneficio bovino y porcino operada por SOIL COLOMBIA se estimaron caudales promedios para los consumos de recurso hídrico que se dan durante la preparación de soluciones de polímero aniónico con 111,46 m<sup>3</sup>/mes y polímero catiónico con 494,77 m<sup>3</sup>/mes, 10,08 m<sup>3</sup>/mes para los consumos domésticos, el lavado de la planta con 26.44 m<sup>3</sup>/mes y otros con 79,26 m<sup>3</sup>/mes.
- Se estimaron caudales promedios para las actividades que generan gasto de agua en la PTAR de la planta de beneficio avícola, este genera en la preparación de soluciones de polímero aniónico con 16,5 m<sup>3</sup>/mes y polímero catiónico con 95,36 m<sup>3</sup>/mes, el consumo doméstico se calculó en base a la NTC 1500 en 6 m<sup>3</sup>/mes y para el lavado de la planta y otras actividades se estimó en 16,28 m<sup>3</sup>/mes y 48,85 m<sup>3</sup>/mes respectivamente.
- Las alternativas de ahorro propuestas para las plantas de tratamiento de aguas de una planta de beneficio bovino y porcino y una planta de beneficio avícola operadas por SOIL COLOMBIA incluyen dispositivos ahorradores como fluxómetros que permitirán un porcentaje de ahorro del 30% y de hidrolavadoras con un porcentaje de ahorro del 15% en el lavado de las plantas.
- Con el fin de aprovechar las aguas lluvias y generar otro punto de captación de este recurso, se propone un sistema de tratamiento de aguas lluvias para la planta de beneficio avícola. Este se dimensiono para un caudal de 0,83 L/s y basados en la caracterización fisicoquímica, microbiología y bacteriológica se estableció la necesidad de filtración y desinfección. Los equipos propuestos son un tanque de igualación de 150 L y un filtro de arena a presión con un área de 0,60 m<sup>2</sup>, una altura total de 1,67 m, para un volumen de 1 m<sup>3</sup>. Para la desinfección de estas aguas se propone el uso de pastillas de cloro.
- Para la planta de beneficio bovino y porcino se propone la recolección de aguas lluvias en la zona de desposte de res con el fin de aumentar el volumen de agua entrada de la planta de reuso de agua. El volumen mensual a captar se estima a partir de un análisis estadístico aplicado a la variable pluviosidad durante el periodo 2004-2018, como resultado el máximo volumen de captación se da durante los meses de abril con 73,46 m<sup>3</sup> y el mínimo para los meses de enero con 12, 345 m<sup>3</sup>.
- Las metas establecidas para el programa de ahorro y uso eficiente de agua para los sistemas de tratamientos de aguas operados por SOIL

COLOMBIA en estas plantas, son para el primer año un ahorro del 10%. Para los siguientes cuatro años una meta de ahorro 4% anual.

- Realizando un análisis financiero de las alternativas de ahorro propuestas en el documento se concluye que la planta de beneficio bovino y porcino genera costos anuales de \$533.242.320 y las alternativas de ahorro correspondientes a esta planta tendrían un costo de \$8.721.977, y esto conlleva a un valor de beneficio costo positivo.
- Para la planta de beneficio avícola se tienen costos anuales de \$609.346.962 y la alternativa de sistema de aprovechamiento de aguas lluvias, generarían un costo de implementación de \$1.663.950, teniendo un valor beneficio costo positivo. Por ende, se puede concluir que las alternativas presentadas son viables financieramente.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda hacer un estudio más detallado de la pluviosidad para las zonas donde se propuso la captación de aguas lluvias, debido a que se podría obtener una mejor aproximación del caudal.
- Se recomienda evaluar la calidad del agua lluvia con el fin de analizar si este recurso se puede potabilizar totalmente con el proceso planteado de la planta de tratamiento de aguas lluvias.

## BIBLIOGRAFIA

CADENA Triana, Luisa M. y CUERVO López, Jessica A. Evaluación de una planta portátil potabilizadora de agua lluvia en Postobon S.A. Trabajo de grado Ingeniero químico. Bogotá D.C.: Fundación Universidad América. Facultad de ingenierías. Programa de ingeniería química, 2018.

CAR. Pluviosidad mensual. Estación meteorológica Doña Juana (en línea) Disponible en: <http://cort.as/-Ad8N>.

CASTAÑEDA Galvis, Edwin y OSORIO Agudelo, Gilberto A. Ingeniería básica a nivel industrial para el reúso del agua de vertimiento de la PTAR del Frigorífico San Martín. Trabajo de grado Ingeniero químico. Bogotá D.C.: Fundación Universidad América. Facultad de ingenierías. Programa de ingeniería química, 2018.

COLOMBIA MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO. Ley 373 (27 de enero de 1997). Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631. (17, marzo, 2015). Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS. ¿Cómo funciona la hidrolavadora? [en línea]. Consultado en agosto 2 de 2018 Disponible en: <http://cort.as/-Ad8V>.

GRIVAL. Las griferías ahorradoras, además de contribuir a la preservación del medio ambiente, representan un beneficio económico (en línea). Consultado en agosto 2 de 2018 Disponible en: <http://cort.as/-Ad8i>.

GRUNDFOS. CM, grupo de presión CME. [en línea]. Consultado en Noviembre 7 de 2018. Disponible en: <http://cort.as/-BwMo>.

HANKE, John E. y WICHERN, Dean W. Pronósticos en los negocios, Pearson Educación, 2006.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. Bogotá D.C.: El Instituto, 2018. 153 p. ISBN 978-958-8585-67-3.

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

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1207, Por medio de la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de las aguas residuales tratadas. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2014. República de Colombia.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Dirección general de agua potable y saneamiento básico. (RAS 2000). Bogotá D.C. Noviembre, 2000.

MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115, Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá: Ministerio de protección social. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2007. República de Colombia.

QUIMICANET. Funcionamiento y componentes del fluxómetro [en línea]. Consultado en Agosto 2 de 2018. Disponible en: <http://cort.as/-Ad8t>.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, Acuípurificación. Diseño de sistemas de purificación de aguas, Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995.

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

SÁNCHEZ DIAZ OTALORA W, Villegas Hurtado LA. Propuesta del programa de ahorro y uso eficiente del agua (AYUEDA) a FARMACOOOP. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América; 2010.

TRATAMIENTO DE AGUAS. Sistema de tratamiento primario: tratamiento primario avanzado de gas energy mixing (gem system) [en línea]. Consultado en junio 4 de 2018. Disponible en: <http://tratamientosdeaguas.com/residuales.html>.

ZAMBRANO CONTRERAS CA. Guía para la formulación de programas de uso eficiente y ahorro de agua (PUEAA), en el sector industrial y/o productivo, dentro de la jurisdicción de la corporación autónoma regional de Cundinamarca – CAR.

## **ANEXOS**

## ANEXOS A COTIZACIONES ALTERNATIVAS DE AHORRO

Página 1 de 2



Borrador de la Cotización N° 1581650

---

**Datos de la Cotización**

N° Cotización	1581650	Fecha de Cotización	05/11/2018
Estado	OS En Trabajo	Atendido Por	Cristian Jose Mojica Gomez
Tienda	EASY CENTRO MAYOR	Válido hasta	08/11/2018
Cotizaciones Cruzadas		Proyecto	PRIMER PROYECTO

Observaciones

---

**Datos del Cliente**

Cédula	1031162148	Nombre	JUAN DELGADO CARVAJAL
Dirección	AV CINCUVALAR 19 36	Barrio	CHAPINERO ALTO
Teléfono	8124362	Teléfono Celular	3168788902

---

**Dirección de Servicio (Despacho e Instalaciones)**

Teléfono	8124362	Departamento	BOGOTA
Dirección	AV CINCUVALAR 19 36	Ciudad	BOGOTA D.C
Indicaciones		Barrio	CHAPINERO ALTO - CHAPINERO

---

Código	Tipo	Descripción	Tipo de Despacho	Fecha de Entrega	Instalación	Peso Kg	Cantidad	Precio con IVA	Total con IVA
7707342756130 (2271224001)	PS	TANQUE UNICAPA 150 LT NEGRO ROTOPLAST	D. Programado		NO	0.2	2	79.990	159.980
7707342660024 (2187901)	PS	BOMBA AGUA PERIFERICA 1/2HP PEDROLLO	D. Programado		NO	5.3	1	219.990	219.990
7707342660222 (2187914)	PS	FLOTADOR ELECTRICO PEDROLLO	D. Programado		NO	0.7	1	53.990	53.990
<b>Sub-Total</b>									433.960
Descuentos									
Valor IVA									69.288
Total Fletes									0
Valor Retención Renta									
Valor Retención IVA									
Valor Retención ICA									
<b>TOTAL</b>									433.960

**El Valor de fletes cotizados esta sujeto a cambios de tarifas o cambio de cantidades en la compra.**

DETALLE DE IVA INCLUIDO EN LA COTIZACIÓN		
Descripción IVA	Base IVA	Valor IVA
19 %	364.672	69.288

Esta cotización es vigente en el almacén que se expide por 3 días a partir de la fecha de generación; vencido este tiempo los precios serán los vigentes al día de la compra. Si dentro de esta oferta se encuentran productos como cemento, hierro y derivados, alambre y tubería de cobre y sus accesorios, la vigencia de estos precios solo será solo por el día de expedición de la cotización.

Favor girar cheque a nombre de CENCOSUD COLOMBIA S.A Nit: 900.155.107-1

http://g900603sv055/centroproyectos/modulos/nueva\_cotizacion/print12.php?id\_os=1581... 05/11/2018

## ANEXO B

### PRECIPITACIÓN (PROMEDIO MENSUAL 2004-2018)

Precipitación mensual promedio (2004-2018)												
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Lm2	23.29642857	36.13295714	65.3607429	82.5742857	87.275	65.39252939	56.0168461	45.9168461	35.65357143	72.26428571	82.40714286	42.63214286
L	14356.30714	23201.42143	41961.57857	53010.85714	560030.55	41962.04444	37245.57111	23477.31111	22889.59286	46393.67143	52305.38571	27369.83571
m3	14.95630714	23.20142143	41.96157857	53.01085714	56.03055	41.96204444	37.24557111	23.47731111	22.88959286	46.39367143	52.30538571	27.36983571

## ANEXO C

### BALANCE HÍDRICO PARA LA PTAR DE LA PLANTA DE BENEFICIO BOVINO Y PORCINO

	Consumo de Polímero Aniónico (Kg)	Consumo de Polímero Cationico (Kg)	Consumo de agua Potable (m3)	Consumo Total de agua para la preparación de	Consumo por trabajador 80L /Trabajador	Consumo por obra diario (90%)	Lavado de la Planta (90%)	Consumo otros (90%)	Restante
15	95	516	243,8422	3,3600	241,8865	4,8074	19,8620	2,2069	
18	72	584	190,1693	3,3600	351,3921	4,3123	31,2581	3,4731	
16	68	575	172,2189	3,3600	359,4475	5,1287	31,3289	3,4810	

**ANEXO D**  
**BALANCE HÍDRICO PARA LA PTAR DE LA PLANTA DE BENEFICIO**  
**AVÍCOLA**

Semana	Consumo de Polimero Anionico (Kg)	Consumo de Polimero Cationico (Kg)	Consumo de agua Potable (m3)	Consumo Total de agua para la preparacion de soluciones	lavado general de la planta	Consumo otros (90%)	Restante
6-12 de May	15	64	39	24,2300	9,2340	2,7900	1,4770
13-19 de Ma	15	67	44	25,1900	2,2050	14,7240	1,8810
20-26 de Ma	20	70	62	27,4000	20,1960	10,9440	3,4600
27-2 de Juni	8	70	38	24,4000	3,4200	8,8200	1,3600