

**COLABORACIÓN EN LA OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE ALPINA POPAYÁN, PARA ESTABLECER SU EFICIENCIA  
DE REMOCIÓN Y EL MEJORAMIENTO EN LOS TIEMPOS DE DESHIDRATACIÓN DE  
LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA**

**JEYZON ORLANDO VALLEJOS GÓMEZ**



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
POPAYÁN  
2013**

**COLABORACIÓN EN LA OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DE ALPINA POPAYÁN, PARA ESTABLECER SU EFICIENCIA  
DE REMOCIÓN Y EL MEJORAMIENTO EN LOS TIEMPOS DE DESHIDRATACIÓN DE  
LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA**

**JEYZON ORLANDO VALLEJOS GÓMEZ**

**Informe final de trabajo de grado en la modalidad pasantía como requisito  
para optar al título de Ingeniero Ambiental**

Director

**JOHN CALDERÓN RAMÍREZ**

Ing. Civil .M.S.c



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
POPAYÁN  
2013**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del director

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

---

**Popayán, 15 de agosto de 2013**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a todas las personas que me han acompañado y me han prestado apoyo incondicional lo largo de mi carrera.

A mi madre Yaneth Gómez Álvarez y mi padrastro Wilson Morillo, quienes han sido un cimiento fuerte a lo largo de mi vida personal y ahora profesional, de los cuales he recibido muchas bendiciones, consejos y sabiduría.

A mis hermanos Miguel Vallejos, Camilo Morillo, sinónimos de complicidad, quienes siempre están presentes al momento de compartir triunfos y derrotar adversidades.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer por el apoyo, la paciencia y la incondicionalidad prestada a:

A Dios, por permitirme lograr esta meta.

A mi director de trabajo el Ingeniero John Calderón Ramírez: Docente Facultad Ingeniería Civil, por brindarme sus aportes, acompañamiento y conocimientos.

A la empresa Alpina Productos Lácteos S.A por su colaboración, apoyo logístico permanente y acompañamiento.

A los funcionarios de la planta Alpina Popayán, Maritza Molano Jefe de Producción, Carlos Zapata Operario de la PTAR, Cristian Mosquera Ayudante Gestión Ambiental, Isabel Sabino Jefe de Calidad Ambiental, Omar Arias Gerente de Producción. Quienes me brindaron todo el apoyo necesario e hicieron muy grata mi estadía en la empresa.

Al profesor Camilo Andrade Sossa: docente asociado del departamento de Biología por, acompañamiento, aportes y orientaciones oportunas en el desarrollo del presente.

A mis docentes de carrera y jurados.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b> .....	<b>14</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>1 OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
<b>2 GENERALIDADES DE ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS S.A.</b> .....	<b>19</b>
2.1.1 Propósito superior .....	19
2.1.2 Política de calidad .....	19
2.1.3 Actividad económica .....	19
2.1.4 Líneas de producción.....	19
2.1.5 Localización .....	19
2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA ALPINA POPAYÁN .....	21
2.2.1 TRAMPA DE GRASAS. ....	21
2.2.2 Aliviadero .....	21
2.2.3 Rejillas .....	21
2.2.4 Tanque de regulación o igualación.....	22
2.2.5 Estación de bombeo y medidor de flujo.....	23
2.2.6 Tanque aireador o reactor .....	23
2.2.7 Clarificador secundario .....	23
2.2.8 Sistema de recirculación de lodos.....	24
2.2.9 Lechos de secado.....	24
2.2.10 Efluente. ....	26
2.2.11 Dosificador de hipoclorito de sodio .....	26
2.2.12 Plano de la PTAR. Ver anexo 1 .....	26
<b>3 MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>27</b>
3.1 Marco legal.....	27

3.2	EFICIENCIA DE REMOCIÓN.....	27
3.2.1	Cálculo de la eficiencia de remoción .....	27
3.3	PARÁMETROS DE OPERACIÓN .....	27
3.3.1	Carga orgánica aplicada .....	27
3.3.1.1	Cálculo de la carga orgánica volumétrica .....	28
3.3.2	Relación alimento- microorganismos <b>AM</b> .....	28
3.3.2.1	Cálculo de la relación AM .....	28
3.3.3	Índice volumétrico de lodos IVL.....	28
3.3.3.1	Cálculo del IVL .....	29
3.3.4	Sólidos suspendidos totales en el licor mezclado.....	29
3.3.5	Tiempo de retención celular o edad de lodos ( $\theta_c$ ) .....	29
3.3.5.1	Cálculo del tiempo de retención celular o edad de lodos .....	29
3.3.6	Potencial de hidrógeno (pH).....	29
3.4	OXIGENACIÓN .....	29
3.4.1	Espumas Nocardia.....	30
3.5	EXAMEN DE LOS LODOS ACTIVADOS .....	30
3.5.1	Examen microscópico. ....	30
3.5.2	Micro fauna de los lodos activados. ....	30
3.5.3	Diversidad biológica .....	31
3.6	DESHIDRATACIÓN DE LOS LODOS .....	31
<b>4</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>32</b>
4.1	ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL PROCESO EN FUNCIÓN DE DBO <sub>5</sub> , DQO, SST. ....	32
4.2	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN EL TANQUE DE AIREACIÓN.....	32
4.3	VERIFICACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROORGANISMOS INDICADORES EN LOS LODOS DEL TANQUE DE AIREACIÓN.....	32
4.4	ESTIMACIÓN DE LOS TIEMPOS DE DESHIDRATACIÓN DE LODOS, UTILIZANDO EL FLOCULANTE TRAFLOC 8296.....	33
4.5	AFORO DE CAUDALES.....	33
4.5.1	Caudal afluente y efluente.....	33

4.5.2	Caudal de lodo dispuesto.....	33
<b>5</b>	<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>34</b>
5.1	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS OBTENIDOS .....	34
5.1.1	Chequeo estadístico, para descarte de datos atípicos .....	34
5.1.2	Cajas esquemáticas para DBO <sub>5</sub> .....	35
5.1.3	Cajas esquemáticas para DQO.....	35
5.1.4	Cajas esquemáticas para sólidos suspendidos totales (SST).....	36
5.1.5	Caja esquemática sólidos suspendidos volátiles del licor mezclado (SSTVLM), sólidos suspendidos volátiles del licor de recirculación (SSVLR) y sólidos suspendidos totales del licor mezclado (SSTLM).....	37
5.1.6	Caja esquemática oxígeno disuelto (OD) .....	38
5.1.7	Caja esquemática de caudales .....	40
<b>6</b>	<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>42</b>
6.1	EFICIENCIAS DE REMOCIÓN DEL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS.....	42
6.1.1	Eficiencias de remoción en función de DBO <sub>5</sub> , DQO y sólidos suspendidos totales (SST) .....	42
6.2	PARÁMETROS DE OPERACIÓN .....	44
6.2.1	Carga orgánica aplicada .....	44
6.2.2	Relación alimento microorganismos AM.....	45
6.2.3	Índice volumétrico de lodos IVL.....	45
6.2.4	Sólidos suspendidos totales del licor mezclado.....	47
6.2.5	Tiempo de retención celular o edad de lodos ( $\theta_c$ ).....	48
6.2.6	Potencial de hidrógeno (pH).....	48
6.3	CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN EL TANQUE DE AIREACIÓN (OD). .....	57
6.4	MICROORGANISMOS INDICADORES EN EL LODO ACTIVADO .....	58
6.4.1	Ilustraciones de microorganismos encontrados en el lodo activado .....	62
6.4.1.1	Protozoos .....	62
6.4.1.2	Rotíferos.....	64
6.5	DESHIDRATACIÓN DE LODOS .....	66
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>69</b>



<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>73</b>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Ubicación planta Alpina Popayán.....	20
Ilustración 2. Trampa de grasas.....	21
Ilustración 3. Rejillas.....	22
Ilustración 4. Tanque de regulación.....	22
Ilustración 5. Reactor.....	23
Ilustración 6. Clarificador secundario.....	24
Ilustración 7. Lechos de secado y ventiladores.....	25
Ilustración 8. Tanque de almacenamiento para el lixiviado de los lechos de secado.....	25
Ilustración 9. Efluente de la PTAR.....	26
Ilustración 10. Dosificación de hipoclorito de sodio.....	26
Ilustración 11. Número de especies acumuladas en función del esfuerzo de muestreo en un sitio.....	31
Ilustración 12. Presencia de espuma en el reactor y sedimentador.....	43
Ilustración 13. Salida de lodos, canaleta sedimentador.....	43
Ilustración 14. Índice volumétrico de lodos en cono Imhoff.....	46
Ilustración 15. Material flotante en el clarificador secundario.....	47
Ilustración 16. Tanque de almacenamiento para lavados del área de producción.....	49
Ilustración 17. Bomba de aire para adicionar ácido y tubería desacoplada para realizar mezclado en el tanque de regulación.....	50
Ilustración 18. Instalación de bomba dosificadora de ácido sulfúrico y agitador mecánico.....	50
Ilustración 19. Presencia de espuma en el reactor.....	54
Ilustración 20. Presencia de espuma en el clarificador secundario.....	55
Ilustración 21. Dosificación de ácido sulfúrico en el tanque de regulación.....	56
Ilustración 22. Reducción de material flotante y espuma en el clarificador secundario.....	56
Ilustración 23. Reducción de espuma en el reactor.....	57
Ilustración 24. Micro fauna de los fangos activados.....	58
Ilustración 25. <i>Tokophyra mollis</i> 40x.....	62
Ilustración 26. <i>Paramecium</i> 40x.....	62
Ilustración 27. <i>Euplotes</i> 40x.....	63
Ilustración 28. <i>Aspidisea costata</i> 40x.....	63
Ilustración 29. <i>Vorticella</i> 40x.....	64
Ilustración 30. <i>Philodina</i> sp 40x.....	64
Ilustración 31. <i>Rotaria</i> sp 40x.....	65
Ilustración 32. Mezcla del floculante y bomba que succiona la mezcla al lecho de secado.....	67
Ilustración 33. Descarga del floculante en el lecho número 5.....	67
Ilustración 34. Aplicación de cal y recolección de lodo deshidratado.....	68
Ilustración 35. Descarga de espuma en los lechos de secado.....	68
Ilustración 36. Tanques para el almacenamiento de soluciones ácidas y desacople para succionar el líquido.....	113

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
Gráfica 1. Caja esquemática datos $DBO_5$ .....	35
Gráfica 2. Caja esquemática datos DQO .....	36
Gráfica 3. Caja esquemática datos SST .....	37
Gráfica 4. Caja esquemática datos SSVLM, SSVLR y SSTLM .....	38
Gráfica 5. Caja esquemática datos OD fondo del tanque de aireación .....	39
Gráfica 6. Caja esquemática datos OD medio y superficie del tanque de aireación .....	40
Gráfica 7. Caja esquemática de caudales.....	41
Gráfica 8. Mediciones de pH en el afluente de la PTAR.....	52
Gráfica 9 .Mediciones de pH en el reactor y efluente de la PTAR.....	53
Gráfica 10. Variación del número de microorganismos por esfuerzo de muestreo.....	59
Gráfica 11. Microorganismos encontrados en el fango activado durante el monitoreo .....	60

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Eficiencia de remoción del sistema .....	42
Cuadro 2. Promedios de carga orgánica aplicada.....	44
Cuadro 3. Promedio relación alimento microorganismos .....	45
Cuadro 4. Promedio Índice volumétrico de lodos .....	46
Cuadro 5. Promedio concentración de SSTLM .....	47
Cuadro 6 . Promedio tiempo de retención celular .....	48
Cuadro 7. Promedio mediciones OD en el tanque de aireación .....	58
Cuadro 8. Clasificación de microorganismos y número encontrado. ....	61
Cuadro 9. Tiempos de secado .....	66
Cuadro 10. Normas de vertimiento .....	77
Cuadro 11. Datos recolectados durante el monitoreo, para eficiencias de remoción y parámetros operacionales .....	89
Cuadro 12. Datos recolectados oxígeno disuelto .....	90
Cuadro 13. Datos recolectados de caudal .....	92
Cuadro 14. Datos de pH .....	93
Cuadro 15. Caja esquemática DBO <sub>5</sub> .....	109
Cuadro 16. Caja esquemática DQO.....	109
Cuadro 17. Caja esquemática SST.....	109
Cuadro 18. Caja esquemática SSVLM, SSVLR, SSTLM .....	110
Cuadro 19. Caja esquemática OD fondo del tanque de aireación.....	110
Cuadro 20. Caja esquemática OD medio y superficie del tanque de aireación. ....	110

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO 1 .....	74
ANEXO 2 .....	76
ANEXO 3 .....	78
ANEXO 4 .....	86
ANEXO 5 .....	88
ANEXO 6 .....	108
ANEXO 7 .....	111
ANEXO 8 .....	114
ANEXO 9 .....	116

## INFORMACIÓN GENERAL

### **Título**

COLABORACIÓN EN LA OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE ALPINA POPAYÁN, PARA ESTABLECER SU EFICIENCIA DE REMOCIÓN Y EL MEJORAMIENTO EN LOS TIEMPOS DE DESHIDRATACIÓN DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA.

### **Pasante:**

Jeyzon Orlando Vallejos Gómez

### **Entidad Receptora**

Alpina productos alimenticios S.A, planta Popayán

### **Director por parte de la Universidad del Cauca**

Ingeniero John Calderón Ramírez  
Docente del departamento de Ingeniería Civil  
Universidad del Cauca

### **Supervisor por parte Alpina productos alimenticios S.A**

Isabel Sabino  
Bacterióloga  
Jefe de Calidad Ambiental

### **Periodo de realización de la Pasantía:**

3 de septiembre de 2012 a 3 de marzo de 2013

### **Lugar de la Pasantía:**

Planta Alpina S.A, con sede en la ciudad de Popayán Cauca

### **Duración del proyecto:**

16 semanas

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria láctea al procesar su materia prima más importante como es la leche, producto altamente perecedero que requiere de diferentes procesos para obtener alimentos con periodos de almacenamiento y conservación prolongada, genera un gran volumen de residuos sólidos y líquidos (Gonzales, 2012). La industria Alpina S.A con sede en Popayán tiene un sistema de lodos activados para el tratamiento de sus residuos líquidos. Se observó que el sistema de lodos activados con recirculación, en su proceso normal de operación presentó salida de lodos por el efluente, flotabilidad de lodos en el clarificador secundario y presencia de espuma en el reactor como en el clarificador, por lo cual fue necesario determinar la eficiencia del proceso de lodos activados en cuanto a remociones de  $DBO_5$ , DQO y SST y si estas cumplen con la normatividad Nacional y regional vigente para vertimientos, también fue necesario llevar a cabo el chequeo algunos parámetros de operación como lo son carga orgánica aplicada, relación alimento microorganismos, índice volumétrico de lodos, tiempo de retención celular y potencial de hidrógeno, concentración de oxígeno disuelto presente en el tanque de aireación para conocer en qué estado se encuentra operando el sistema de lodos activos. De igual manera para seguir el desarrollo del tratamiento, y eventualmente detectar algunas anomalías producidas por la presencia de una determinada especie bacteriana se realizó un examen microscópico de los lodos activados (Ronzano y Dapena, 2002). Producto del tratamiento biológico se generan lodos de desecho los cuales se depositan en lechos de secado, se observó que la capacidad útil de los lechos de secado debe ser mejorada para realizar mayor número de descarga en estos.

## JUSTIFICACIÓN

Este trabajo es el primero que se realiza en la PTAR propiedad de la empresa Alpina S.A, en el cual se determinó la eficiencia de remoción del sistema, se realizó el chequeo de los parámetros de operación, se verificó la presencia de microorganismos en los lodos y se mejoró los tiempos de deshidratación e lodos.

Es prioritario el desarrollo de este tipo de trabajos ya que brindará información a los estudiantes de diferentes universidades que adelanten trabajos en cuanto a sistema de lodos activados con recirculación en la industria lechera. En cuanto a la profesión de ingeniería ambiental es grato saber que mediante este trabajo se aportaron soluciones prácticas que contribuyen al mejoramiento del proceso del sistema de lodos activados y esto se traduce en dar cumplimiento a los compromisos ambientales adquiridos por la empresa Alpina productos alimenticios S.A con sede en Popayán con las autoridades ambientales y la comunidad.



## INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales de las centrales lecheras están formadas principalmente por una mezcla en la que se encuentran diluidas y en suspensión diferentes cantidades de las sustancias objeto de su producción, tales como leche natural, leche preparada, mantequilla y suero. Con estos productos también se pueden encontrar aguas procedentes de circuitos de calefacción y pasteurización, aguas de utilización sanitaria y de escorrentías pluviales y otros compuestos como ácidos, bases, aditivos conservantes, detergentes y productos de limpieza. Están compuestas principalmente por grasas, proteínas insolubles en agua, proteínas solubles, hidratos de carbono y sales minerales en distintas porciones dependiendo del tipo de procesos seguidos en la fabricación (García. *et al.*, 1996). Las aguas residuales de la industria láctea provocan una contaminación esencialmente orgánica en estado coloidal o disuelta y biodegradable (Álamo, 2007).

La industria lechera Alpina Popayán, consciente de su responsabilidad de proteger el ambiente sigue cumpliendo con las normas ambientales, por medio del sistema de gestión ambiental, al tener incorporado un proceso de lodos activados con recirculación para el tratamiento de sus aguas residuales.

En el desarrollo de esta pasantía se colaboró en la operación de la PTAR, que tiene dispuesta la planta Alpina Popayán para el tratamiento de sus aguas residuales , estableciendo su eficiencia de remoción en términos de DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales (SST), se realizó el chequeo de los parámetros de operación como lo son carga orgánica aplicada, relación alimento microorganismos, índice volumétrico de lodos, tiempo de retención celular y potencial de hidrogeno, se determinó la concentración de oxígeno disuelto presente en el tanque de aireación, se estableció parte de la microbiota presente en los lodos activados y con la utilización del floculante TRAFLOC 8296 , se mejoró el tiempo de secado de los lodos evacuados del proceso y dispuestos en los lechos de secado , optimizando la capacidad útil de estos.

## **1 OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Operar la planta de tratamiento, proceso de lodos activados de la procesadora de productos alimenticios Alpina S.A, localizada en la ciudad de Popayán, estableciendo su eficiencia y mejorando las condiciones de los lodos dispuestos en los lechos de secado.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estimar la eficiencia de remoción del proceso en función de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST.
- Determinar la concentración de oxígeno disuelto en el tanque de aireación.
- Verificar la presencia de microorganismos indicadores en los lodos del tanque de aireación.
- Estimar los tiempos de deshidratación de lodos, utilizando el floculante TRAFLOC8296.

## **2 GENERALIDADES DE ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS S.A**

### **2.1.1 Propósito superior**

Alpina está comprometida con alimentar saludablemente, que cree con firmeza que la vida genera vida.

### **2.1.2 Política de calidad**

Las diferentes plantas de Alpina tienen implementados sistemas de gestión de calidad y de ambiente, respaldados por certificaciones como ISO 90001:2000, ISO 14001:2004, HACCP y BASC (Business Antismuggling Coalition).

### **2.1.3 Actividad económica**

Planta de fabricación y envasado de productos alimenticios y derivados lácteos.

### **2.1.4 Líneas de producción**

Planta de fabricación y envasado de bebidas no alcohólicas leches blancas y derivados lácteos.

### **2.1.5 Localización**

Alpina productos alimenticios planta Popayán, está ubicada frente al puente viejo del Cauca, al norte de la ciudad de Popayán, capital del departamento.

Como se detalla en la ilustración 1, la planta se encuentra específicamente, en la vía alterna a la panamericana, que conduce a la ciudad de Cali; posee linderos con el río Cauca y colinda con unidades residenciales. Su dirección es carrera 6 No 48N-00, barrio la Ximena, Norte de Popayán (Ramírez, 2010).

**Ilustración 1.** Ubicación planta Alpina Popayán



**Fuente:** (Ramírez, 2010).

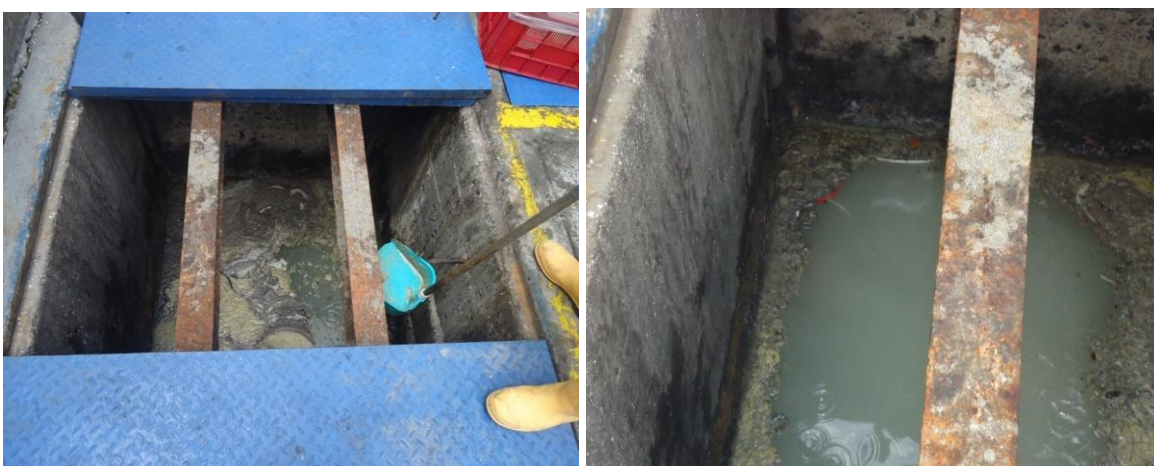
## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA ALPINA POPAYÁN

Para el desarrollo de las actividades relacionadas con la pasantía se usaron términos de carácter técnico ver anexo 9

### 2.2.1 TRAMPA DE GRASAS.

Inicialmente las aguas residuales llegan a una caja que consta de un tabique central con un paso por el fondo; en este sistema el agua pasa por debajo del tabique y continúa su flujo hacia la PTAR, mientras que las grasas por su menor densidad se ubican en la superficie y son removidas diariamente de forma manual (Ramírez, 2010).

**Ilustración 2.** Trampa de grasas



**Fuente:** Propia

### 2.2.2 Aliviadero

El objetivo es derivar el caudal ordinario de las aguas residuales a la planta de tratamiento. Posee un vertedero frontal; un conducto de derivación que transporta el agua a tratar y un conducto de fuga, que conduce los excesos de agua que se ocasionan con la lluvia (Gamboa, 2008).

### 2.2.3 Rejillas

Hay una rejilla en varilla de acero, móvil, que funciona como trampa de residuos sólidos con diámetros mayores de 2cm, los cuales son removidos de la rejilla manualmente una vez a la semana.

### Ilustración 3. Rejillas



Fuente: Propia

#### 2.2.4 Tanque de regulación o igualación

Tanque de 25,92  $m^3$  de capacidad, donde se busca igualar los caudales de llegada de toda la planta y homogeneizar las cargas, para que el efluente salga con condiciones más estables de pH, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, G & A, temperatura, entre otros. *Ibíd.*, p.21. En este tanque se ubican 2 bombas sumergibles, las cuales se activan mediante un flotador. En esta unidad también se realiza la neutralización pH que ingresa al sistema.

#### Ilustración 4. Tanque de regulación



Fuente: Propia

### 2.2.5 Estación de bombeo y medidor de flujo

En este punto es donde se controla que el caudal de entrada sea igual o menor al caudal de diseño. Ibíd., p.21. Además se cuenta con dos bombas sumergibles, cada una con capacidad para bombear  $6,67 \frac{L}{s}$  de agua. La planta de tratamiento, tiene una capacidad para tratar  $576 \frac{m^3}{día}$  de aguas residuales e industriales (Incol LTDA, 1989).

### 2.2.6 Tanque aireador o reactor

El reactor tiene un volumen de  $190 m^3$ . El aireador de tipo superficial empleado en la planta de tratamiento, fue diseñado por personal de Friesland Colombia S.A y ensamblado en la ciudad de Popayán. Las especificaciones técnicas son: 15 HP de potencia, 1730 revoluciones por minuto, 13 KW (Gamboa, 2008).

Actualmente la PTAR de Alpina mantiene en funcionamiento este aireador 24 horas al día.

#### Ilustración 5. Reactor



Fuente: Propia

### 2.2.7 Clarificador secundario

Su capacidad es de  $62,08 m^3$ , de sección rectangular con fondo de pirámide semitrunca para la acumulación de lodo que sedimenta. Posee una canaleta de entrada con orificios de fondo para distribuir uniformemente el flujo y una canaleta de salida con vertedero a todo lo ancho del sedimentador. El efluente final es descargado al río Cauca. El tanque posee un área superficial de  $36,34 m^2$ , una carga superficial promedio de  $17, \frac{m^3}{m^2 \cdot día}$  y presenta una velocidad de sedimentación de  $0,014 \frac{m}{min}$  (Gamboa, 2008).

## Ilustración 6. Clarificador secundario



**Fuente:** Propia

### 2.2.8 Sistema de recirculación de lodos.

En este sistema el 15% del lodo que se acumula en el sedimentador, es recirculado al tanque de aireación, en este proceso una masa de sólidos en suspensión que contiene una actividad poblacional de microorganismos aeróbicos se pone en contacto con el agua residual mediante mezcla y agitación en el tanque con presencia de oxígeno (Ramírez, 2010). Cuando la concentración de lodos suspendidos totales del licor mezclado en el reactor es superior a  $4000 \frac{mg}{L}$ , se realiza la descarga de lodos a los lechos de secado.

### 2.2.9 Lechos de secado.

A estos lechos por bombeo son descargados los lodos sedimentados que han sido estabilizados en la etapa anterior para que se deshidraten por filtración y evaporación. *Ibíd.*, p.22. El lixiviado es percolado en los lechos, los cuales están compuestos de 20 cm de arena y 40 cm de grava, este lixiviado se drena hasta un tanque de almacenamiento de 2000 L, este tanque tiene un sistema de bombeo el cual se activa por medio de un flotador, el lixiviado es bombeado hacia el tanque de regulación.

Actualmente la planta Alpina Popayán tiene 7 lechos de secado los cuales tienen capacidad para almacenar  $10 \text{ m}^3$  de licor mezclado aproximadamente, los cuales están aireados constantemente por dos ventiladores mecánicos de potencia 1,2 HP, con un tiempo de secado aproximado de 25 a 30 días en temporada seca y 40 a 45 días en temporada de lluvia según operario de la PTAR. En temporada de lluvia la capacidad útil de los lechos se ve disminuida, ocasionando retrasos en la evacuación de lodos. El lecho número 7 tiene un tiempo aproximado de 50 días para deshidratar los lodos ya que no tiene contacto con los ventiladores y tiene muy poca entrada de luz solar, Una descarga de lodos se realiza hasta completar una altura de 45 cm en cada lecho de secado, esta descarga se efectúa un tiempo aproximado de 20 a 30 minutos, Los lodos deshidratados, son empacados en costales de 25 kg y apilados en los muros de los lechos de secado, para luego ser recolectados por la empresa SERVIASEO S.A ESP, la cual le realiza la



disposición final de los lodos, para el control de roedores y moscas la empresa Alpina contrata a personal externo quienes realizan revisiones, fumigaciones y inspecciones de trampas de roedores cada 15 días en el área de la PTAR.

**Ilustración 7.** Lechos de secado y ventiladores



**Fuente:** Propia

**Ilustración 8.** Tanque de almacenamiento para el lixiviado de los lechos de secado



**Fuente:** Propia

### 2.2.10 Efluente.

Salida del clarificador secundario, en este punto el efluente pasa por un filtro de malla, en este lugar se verifica la eficiencia del sistema.

**Ilustración 9.** Efluente de la PTAR



**Fuente:** Propia

### 2.2.11 Dosificador de hipoclorito de sodio

La dosificación se realiza mediante goteo constante, la cual se prepara en un tanque de 200 L con una concentración de  $1,1\% \frac{P}{V}$  de hipoclorito de sodio, con la cual se pretende reducir la carga microbiana en el efluente que realiza su descarga final en el río Cauca.

**Ilustración 10.** Dosificación de hipoclorito de sodio



**Fuente:** Propia

### 2.2.12 Plano de la PTAR. Ver anexo 1

### 3 MARCO TEÓRICO

#### 3.1 MARCO LEGAL

La normatividad colombiana respecto a vertimientos a cuerpos de agua está regulada por el Decreto 3930 de 2010, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, pero para efectos de remoción de carga contaminante, nos remitimos al Decreto 1594 de 1984, artículo 72, el cual estipula realizar una remoción en carga contaminante  $\geq$  al 80%, actualmente la PTAR tiene un permiso de vertimientos a cuerpos de agua expedido en la Resolución 0321 del 24 de agosto de 2009, con la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), la cual exige una remoción  $>$  al 85%, este valor será referenciado para efectos de remoción del sistema de lodos activados. Ver anexo 2 y 3. En cuanto a unidades de pH la normatividad exige un rango de 5-9 unidades y el vertimiento a cuerpo de agua debe presentar ausencia de material flotante.

#### 3.2 EFICIENCIA DE REMOCIÓN

##### 3.2.1 Cálculo de la eficiencia de remoción

Este cálculo se realizará para  $DBO_5$ , DQO y SST.

$$EF = \frac{\text{Concentración del afluente} - \text{concentración del efluente}}{\text{concentración del afluente}} * 100 = \% \text{ de remoción Ecuación 1}$$

#### 3.3 PARÁMETROS DE OPERACIÓN

##### 3.3.1 Carga orgánica aplicada

Los sistemas de tratamiento, tienen una capacidad específica de asimilación de un contaminante, si se excede su capacidad de tratamiento, por carga o por concentración, el sistema entra en dificultades operacionales, probablemente pierde su capacidad de remoción, y producirá un efluente inferior en calidad al requerido. Para efectos del cálculo de la carga orgánica volumétrica se tomó el tiempo de retención hidráulico de 1 día con el cual opera la PTAR. La carga orgánica en los sistemas convencionales por lodos activos oscila entre 0,4 y 1,2  $\frac{\text{kg de } DBO_5}{m^3 \cdot \text{día}}$  (Aragón 2009).

La PTAR de Alpina, está diseñada para operar con una carga orgánica volumétrica aplicada de:

$$0.60 \frac{\text{kg de } DBO_5}{\text{kg de sólidos suspendidos} \cdot \text{día}} \text{ (Incol LTDA, 1989)}$$

### 3.3.1.1 Cálculo de la carga orgánica volumétrica

$$\text{Cov} = \frac{Q \cdot S_0}{V} \text{ Ecuación 2}$$

Q = Caudal de las aguas residuales, sin incluir caudal de recirculación ( $\frac{m^3}{d}$ )

S<sub>0</sub> = Concentración de DBO ( $\frac{g}{m^3}$ )

V = Volumen del licor en el tanque de aireación ( $m^3$ )

V = Q \* θ

θ = Tiempo de retención hidráulica o tiempo de aireación (Romero, 2005).

El valor recomendado para carga contaminante está entre 0,3 a 0,6  $\frac{\text{kg DBO}}{m^3 \cdot d}$  (Gamboa, 2008).

### 3.3.2 Relación alimento- microorganismos $\frac{A}{M}$

Es una forma de expresar la carga de DBO<sub>5</sub> por unidad de masa microbial en el sistema. (Romero, 2005). Esta relación es importante para generar lodos con buenas características de sedimentación, buena eficiencia de remoción y para mantener las condiciones apropiadas de lodos activados (Incol LTDA, 1989). El valor típico para clima templado en un sistema de lodos activos en agua residual cruda esta entre 0,3 y 0,5  $\frac{\text{kg de DBO}_5}{\text{kg de ssvlm} \cdot \text{dia}}$  (Contreras, 2001).

#### 3.3.2.1 Cálculo de la relación $\frac{A}{M}$

$$\frac{A}{M} = \frac{Q \cdot S_0}{V \cdot X} \text{ Ecuación 3}$$

Q= Caudal de aguas residuales,  $\frac{m^3}{d}$

S<sub>0</sub>= DBO del agua residual cruda,  $\frac{mg}{L}$

V= Volumen del líquido en el tanque de aireación,  $m^3$

X= SSVLM, concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación,  $\frac{mg}{L}$  (Romero, 2005).

### 3.3.3 Índice volumétrico de lodos IVL.

Es un indicador de un lodo de buena sedimentabilidad, valores altos pueden presentar tendencia al hinchamiento de lodos. *Ibíd.*, p.480. Un IVL bajo es garantía de un buen tratamiento, al asegurar la asentabilidad de los lodos; se considera que hay presencia de bulking si el IVL es mayor de  $100 \frac{mg}{L}$ , y se habla de un bulking severo si el IVL es mayor a  $300 \frac{mg}{L}$  (Arango y López, 2011).

### 3.3.3.1 Cálculo del IVL

$$IVL = \frac{\text{mL de lodo sedimentado en 30 minutos} \times 1000}{\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de SSLM}} \text{ Ecuación 4}$$

### 3.3.4 Sólidos suspendidos totales en el licor mezclado

La concentración de sólidos suspendidos en el licor mixto debe ser de 1.500 a 4.000  $\frac{\text{mg}}{\text{L}}$  (Gamboa, 2008).

### 3.3.5 Tiempo de retención celular o edad de lodos ( $\theta_c$ )

Un valor apropiado de la edad de lodos, da como resultado un efluente de alta calidad, estable, con un lodo de excelentes características de sedimentación (Romero, 2005), el tiempo de retención celular es del orden de 4 a 10 días en el sistema de lodos activos convencional. Es esta mayor permanencia de los sólidos en el sistema que garantiza la alta eficiencia del proceso, puesto que la biomasa tiene tiempo suficiente para metabolizar prácticamente toda la materia orgánica de las aguas residuales (Sperling, 2012).

#### 3.3.5.1 Cálculo del tiempo de retención celular o edad de lodos

$$\theta_c = \frac{V \cdot X}{QW \cdot X_R} \text{ Ecuación 5}$$

V= Volumen del tanque de aireación,  $\text{m}^3$

X= Concentración de SSV en el tanque de aireación, SSVLM,  $\frac{\text{mg}}{\text{L}}$

$\zeta$

$Q_w$ = Caudal de lodo dispuesto,  $\frac{\text{m}^3}{\text{d}}$

$X_R$ = Concentración de SSV en el lodo dispuesto,  $\frac{\text{mg}}{\text{L}}$  (Romero j, 2005), en este caso se utilizará SSVLR, sólidos suspendidos volátiles en el licor de recirculación

### 3.3.6 Potencial de hidrógeno (pH)

Se debe mantener el pH en el licor del tanque de aireación entre 6,5 y 8,5, para promover un crecimiento microbial apropiado y para evitar el crecimiento de hongos (Romero, 2005).

## 3.4 OXIGENACIÓN

La concentración media de oxígeno en el tanque de aireación generalmente se puede adoptar: Sin nitrificación = 2  $\frac{\text{mg}}{\text{L}}$ , Con nitrificación = 3  $\frac{\text{mg}}{\text{L}}$  (Ronzano y Dapena, 2002), o se puede mantener una concentración mínima de oxígeno en el tanque de aireación

comprendido entre  $1-2 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$  (Aragón 2009), con lo cual se satisface la demanda de oxígeno y se mantienen las condiciones aeróbicas (Incol LTDA, 1989). No todas las bacterias que se desarrollan en los lodos activados son formadoras de flocúlos, ya que otros organismos, como los de tipo filamentosos pueden crecer (Velasco, 2012), las concentraciones bajas de oxígeno disuelto promueven el crecimiento de organismos filamentosos (Pavón *et al.*, 2004), estos microorganismos pueden producir el fenómeno llamado el bulking del lodo (abultamiento) en el cual, el lodo activado que habitualmente se separa eficazmente en el sedimentador secundario debido a una correcta floculación, pierde su capacidad para sedimentar (Cruz, 2001), causando problemas de operación y de calidad del agua tratada (Velasco, 2012), el problema del bulking ha sido reconocido durante mucho tiempo y se sabe que es causado por al menos 14 tipos de organismos filamentosos (Madoni *et al.*, 2000).

### **3.4.1 Espumas Nocardia**

Algunos lodos activados pueden producir, de forma continua o intermitente, unas espumas persistente, viscosas y de color marrón. Existe una correlación muy estrecha entre la cantidad de espumas y la concentración de biomasa de algunos actinomicetos del genero *Nocardia*; el más común es una nueva especie denominada *Nocardia amarae*. Este microorganismo no es fácilmente detectable en un estudio microscópico, ya que necesita un aumento de  $1 \times 1000$  y una técnica especial de preparación (Ronzano y Dapena, 2002). Varios métodos se han utilizado para controlar la formación de espuma *Nocardia* en el lodo activado. Existen métodos químicos de control que incluyen la cloración de la espuma de la superficie, y el uso de agentes anti-espumantes. Se tienen métodos de control biológico, que incluyen la reducción del tiempo de residencia del medio celular (Kim y Pagilla, 2000), al igual que una baja concentración de oxígeno reduce su crecimiento, y Con un pH de 6,5 su crecimiento es de 66%, y con un pH de 5, de 1%. (Ronzano y Dapena, 2002).

## **3.5 EXAMEN DE LOS LODOS ACTIVADOS**

### **3.5.1 Examen microscópico.**

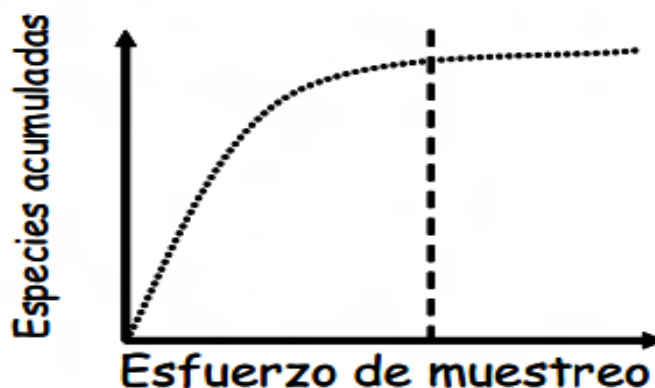
El examen microscópico de los lodos es muy útil, ya que permite seguir el desarrollo del tratamiento y, eventualmente detectar algunas anomalías producidas por la presencia de una determinada especie bacteriana (Ronzano y Dapena, 2002).

### **3.5.2 Micro fauna de los lodos activados.**

Los microorganismos primarios son bacterias que metabolizan la mayoría del sustrato orgánico. Los hongos en, condiciones normales, no pueden competir con las bacterias, y solamente lo pueden hacer en condiciones especiales. Los protozoos y rotíferos actúan como depredadores y purifican el agua consumiendo materias orgánicas aisladas. *ibíd.*, p.343.

### 3.5.3 Diversidad biológica

Uno de los métodos que se utiliza con más frecuencia para determinar si la riqueza de especies está siendo correctamente evaluada son las curvas de acumulación de especies. Estas curvas muestran el número de especies acumuladas conforme va aumentando el esfuerzo de muestreo en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual el número de especies se estabilizará en una asíntota. Ver ilustración 11.



**Ilustración 11.** Número de especies acumuladas en función del esfuerzo de muestreo en un sitio. La línea vertical punteada muestra el esfuerzo de muestreo al cual ya está relativamente bien estimado el número de especies de la comunidad (Martella *et al.*, 2012).

### 3.6 DESHIDRATACIÓN DE LOS LODOS

La concentración que se utilizará del floculante TRAFLOC 8296 es del  $0,2\% \frac{P}{V}$ , es el recomendado por la empresa Tratamientos Químicos Industriales. El precio por kilogramo del floculante es de 8400 pesos colombianos, ver ficha técnica del floculante en anexo 4.

Para llevar a cabo un mejor registro de la deshidratación del lodo, se tendrá en cuenta que para la ciudad de Popayán, durante el año se presenta una temporada seca muy definida durante los meses de junio, julio y agosto. En septiembre las lluvias aumentan paulatinamente y en octubre, noviembre y diciembre se registran las mayores lluvias del año. Los meses de enero a mayo, son de lluvias aunque no alcanzan la intensidad de los correspondientes al último trimestre del año (Ideam, 2012).

## **4 METODOLOGÍA**

### **4.1 ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL PROCESO EN FUNCIÓN DE DBO<sub>5</sub>, DQO, SST.**

Se realizó un muestreo compuesto una vez por semana durante 13 semanas, con una duración de 8 horas, monitoreando los parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST y pH, en el afluente y efluente de la PTAR, el monitoreo de DBO<sub>5</sub> se realizó con un método respirométrico, utilizando el sensor oxitop WTW, en cuanto al monitoreo de DQO se realizó la determinación con el kit NANOCOLOR para fotómetro, la determinación de SST se realizó con Standard Method 2540 y para las mediciones de pH se utilizó el pH metro ORION 3 STAR. Estos análisis fueron llevados a cabo en el laboratorio de la PTAR el mismo día del muestreo. Una vez obtenidos los resultados, se realizó el chequeo de los siguientes parámetros de operación del sistema de lodos activados, carga orgánica volumétrica, relación alimento microorganismos, índice volumétrico de lodos y edad de los lodos.

### **4.2 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN EL TANQUE DE AIREACIÓN.**

Para el desarrollo de este objetivo, se realizaron 6 mediciones cada hora una vez a la semana por 12 semanas, tanto en la parte baja, media y superficie del tanque de aireación, ubicando el oxímetro 3205 con sensor CELLOX 325 en dos puntos diferentes en el tanque de aireación.

### **4.3 VERIFICACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROORGANISMOS INDICADORES EN LOS LODOS DEL TANQUE DE AIREACIÓN.**

En el desarrollo de este objetivo se propuso captar 1mL de la muestra de lodos tomada del tanque de aireación y realizar el análisis al microscopio de 3 cámaras Sedgewick Rafter, debido a la dificultad de visualización en el microscopio óptico por la cantidad de muestra tomada y el incremento del tiempo utilizado para analizar cada placa, se realizó un cambio en la metodología tomando 0,5 mL de 2 litros de muestra de lodo del reactor, la cual fue recolectada realizando un barrido al tanque de aireación, mediante una red de plancton de 45 µm y se examinaron dos cámaras Sedgewick Rafter por muestreo, muestra 1 y 2 respectivamente, cada una con una revisión al microscopio óptico de 3 horas, utilizando diferentes enfoques (5x, 10x, 40x y 100x) para facilitar la observación y conteo de los microorganismos presentes en el lodo, fue necesario adicionar agua carbonatada a la muestra, ya que por acción del gas carbónico los microorganismos tienden a inmovilizarse, luego se reportó el tipo de microorganismo observado en cada muestra su PHYLUM, familia, nombre. También se reportó el porcentaje de microorganismos encontrados, no fue posible establecer la curva de diversidad biológica ya que el número de microorganismos encontrados fue muy variable y no se estabilizaron. Adicionalmente,



se realizó toma fotográfica de algunos microorganismos con un microscopio óptico de alta resolución, utilizando el enfoque de 40x, placas convencionales y la técnica fotográfica de contraste diferencial de interferencia. Durante la pasantía, se realizaron 5 muestreos de lodos distribuidos al azar.

#### **4.4 ESTIMACIÓN DE LOS TIEMPOS DE DESHIDRATACIÓN DE LODOS, UTILIZANDO EL FLOCULANTE TRAFLOC 8296.**

De los 7 lechos de secado se utilizaron para el ensayo los lechos 1, 2 y 5. En cada uno se realizaron 2 monitoreos de evacuación de lodo, por cada monitoreo se efectuaron 3 descargas de lodo, cada una hasta una altura de 45 cm. En el lecho 5 solamente se aplicó el floculante por descarga de la siguiente forma:

En un recipiente de 200 L, se adicionaron de manera lenta 400 g del compuesto obteniendo una concentración del  $0,2\% \frac{P}{V}$  realizando agitación manual constante hasta la completa dilución del floculante, a través de una motobomba la dilución es conducida a la tubería de descarga de lodos. En total se agregaron 1,2 kg de floculante distribuidos por monitoreo. De igual manera se realizaron 3 descargas de lodos sin la aplicación del floculante en los lechos número 1 y 2. Para obtener una mejor percolación, en todos los lechos se realizaron perforaciones en su base, esto se realizó mediante una barra de hierro alrededor de estos. El tiempo de secado se tomó a partir del final de la tercera descarga de lodos; el secado de los lodos se determinó por observación, en el cual los lodos alcanzaron un estado que permitía una fácil recolección. Adicional al secado que se realiza mediante evaporación y ventilación, se agrega periódicamente cal para el control de moscas.

#### **4.5 AFORO DE CAUDALES**

##### **4.5.1 Caudal afluente y efluente**

El caudal del afluente se midió de forma volumétrica en la descarga de la tubería que conecta el tanque de regulación con el reactor y el caudal del efluente fue medido en la salida del clarificador secundario. Las mediciones se realizaron en un muestreo compuesto de 8 horas con intervalos de 15 minutos. Los datos obtenidos están registrados en el anexo 5

##### **4.5.2 Caudal de lodo dispuesto**

El caudal se midió en el sistema de recirculación de lodos de forma volumétrica, en total se realizaron 11 monitoreos y en cada monitoreo a su vez se tomó aleatoriamente 5 datos de caudal. Ver anexo 5.

## 5 RESULTADOS Y ANÁLISIS

Con el apoyo prestado en la operación de la planta de aguas residuales de la factoría Alpina Popayán, durante 16 semanas, como pasante de Ingeniería Ambiental, realizando muestreos compuestos de 8 horas una vez a la semana se obtuvieron resultados que se indican más adelante. Los datos recolectados durante el monitoreo están registrados en el anexo 5.

### 5.1 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS OBTENIDOS

Se utilizó el programa estadístico MINITAB 15, para la elaboración de cajas esquemáticas, los puntos que aparecen con numeración, se consideran datos atípicos, para el descarte de estos datos se utilizó un chequeo estadístico el cual consistió en multiplicar por 1,5 los rangos intercuartiles (RIC) pertenecientes a los límites superiores e inferiores de la caja esquemática, el dato atípico se descartó si este no se encontró dentro de los límites superiores e inferiores calculados.

#### 5.1.1 Chequeo estadístico, para descarte de datos atípicos

$$\text{RIC} = Q3 - Q1 \quad \text{Ecuación 6}$$

$$\text{LS} = Q3 + \text{RIC} * 1.5 \quad \text{Ecuación 7}$$

$$\text{LI} = Q1 - \text{RIC} * 1.5 \quad \text{Ecuación 8}$$

RIC= Rango intercuartil

LS =Límite superior

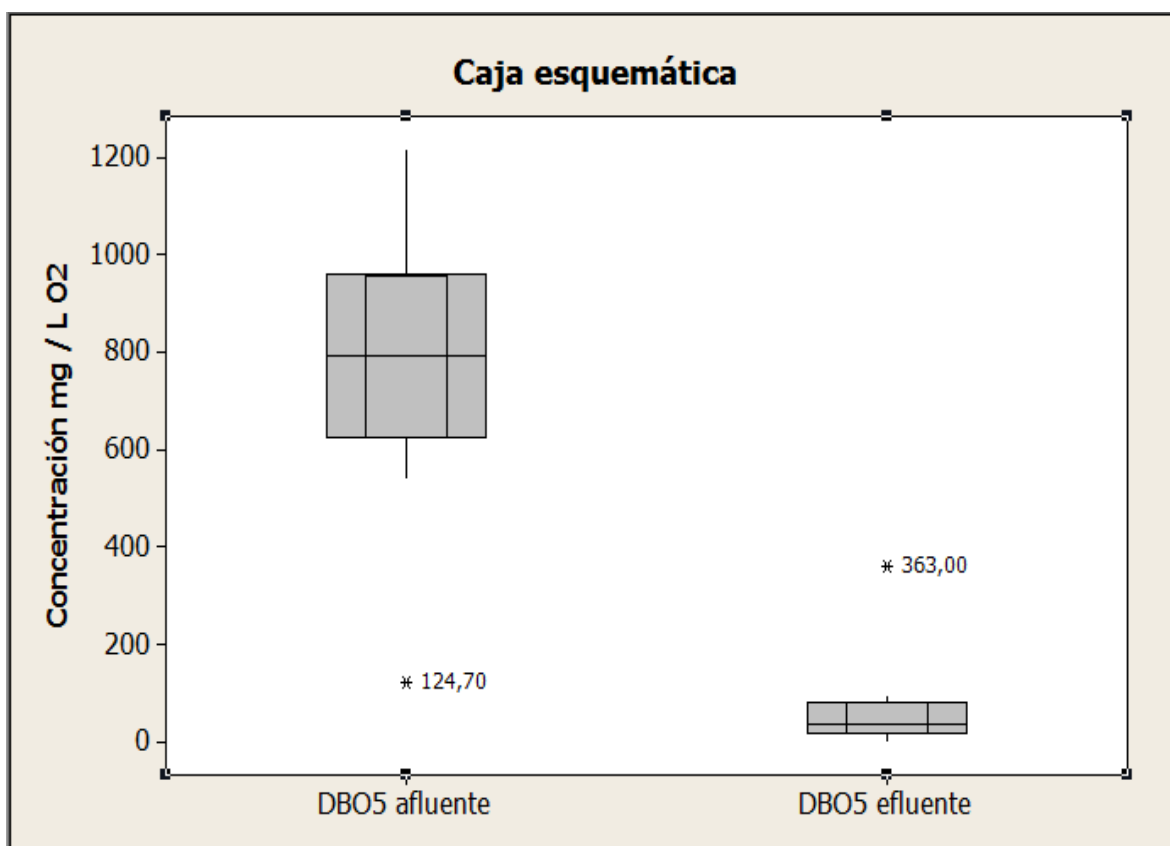
LI =Límite inferior

Los cálculos de cada caja esquemática se muestran en el anexo 6

### 5.1.2 Cajas esquemáticas para DBO<sub>5</sub>

En la gráfica 1 se presentan dos datos atípicos en el afluente y efluente de los monitores realizados en la PTAR, los cuales son 124,70 y 363  $\frac{mg}{L}$  O<sub>2</sub> respectivamente. Ambos datos son descartados por que superan los límites inferior y superior de las cajas esquemáticas, posiblemente se presentó falla al momento de realizar las lecturas en el oxitop WTW.

Gráfica 1. Caja esquemática datos DBO<sub>5</sub>

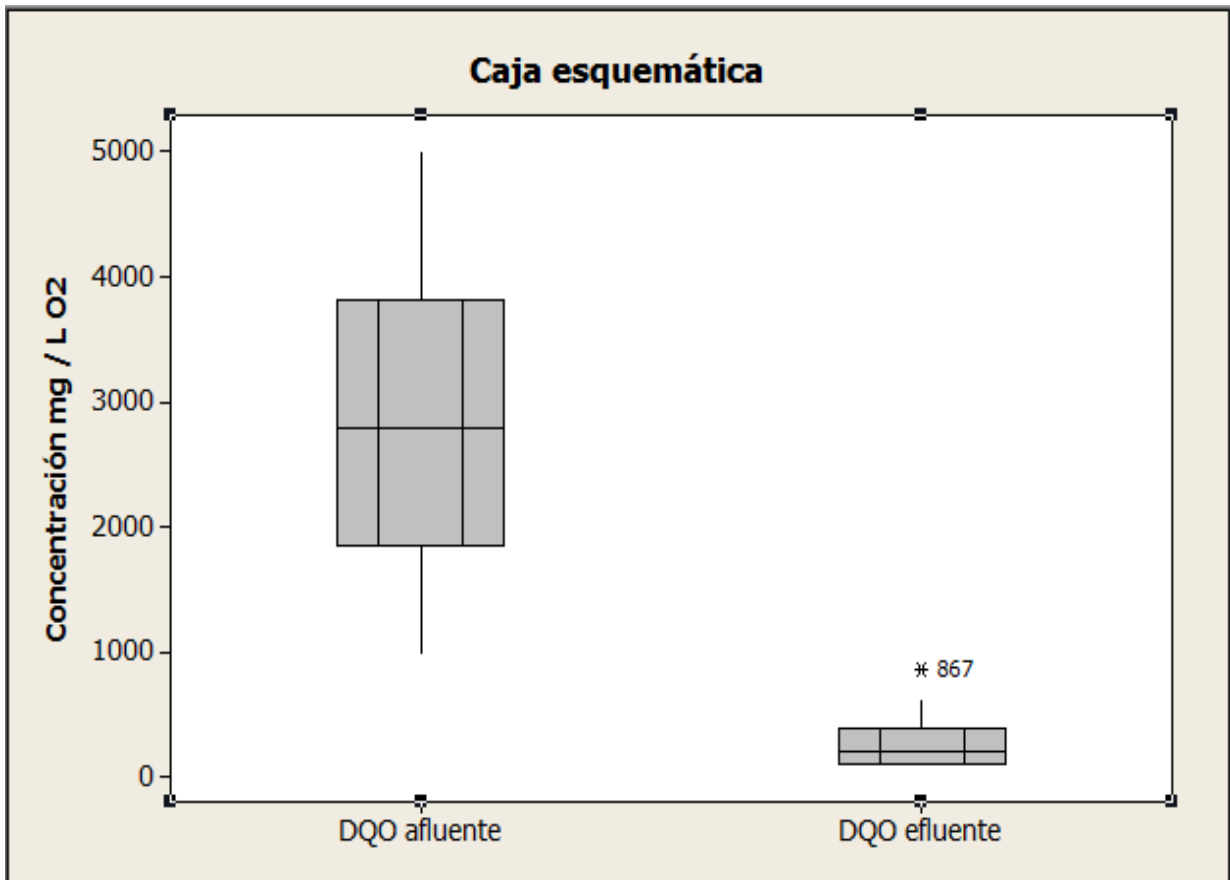


Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3 Cajas esquemáticas para DQO

En la gráfica 2 solo aparece un dato atípico en los datos de monitoreo del efluente, el cual es 867  $\frac{mg}{L}$  O<sub>2</sub>. Este dato supera el límite superior de 843,25  $\frac{mg}{L}$  O<sub>2</sub>, por lo cual este dato es descartado, esto indica un posible error humano al momento de realizar la lectura en el fotómetro para este dato en particular.

**Gráfica 2.** Caja esquemática datos DQO

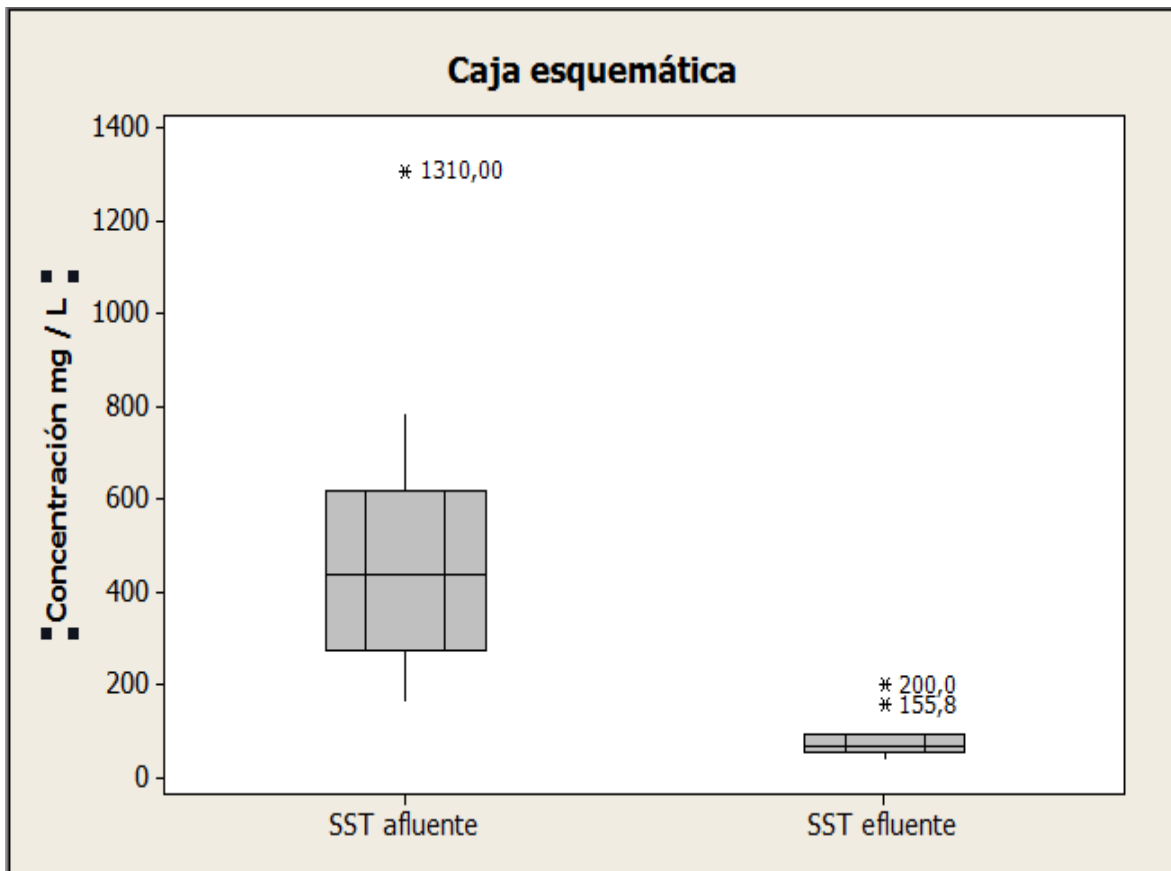


**Fuente:** Elaboración propia

#### 5.1.4 Cajas esquemáticas para sólidos suspendidos totales (SST)

En la gráfica 3, aparecen tres datos atípicos para el afluente es  $1310 \frac{mg}{L}$  y en el efluente 200 y  $155,8 \frac{mg}{L}$  respectivamente. Los tres datos no están dentro de los límites superiores  $1140 \frac{mg}{L}$  y  $150,05 \frac{mg}{L}$  por lo cual se descartan estos datos atípicos. Se pudo presentar una falla humana en el pesaje de las muestras del efluente, ya sea en la lectura de la balanza o se adicionó mayor muestra de la indicada.

**Gráfica 3.** Caja esquemática datos SST

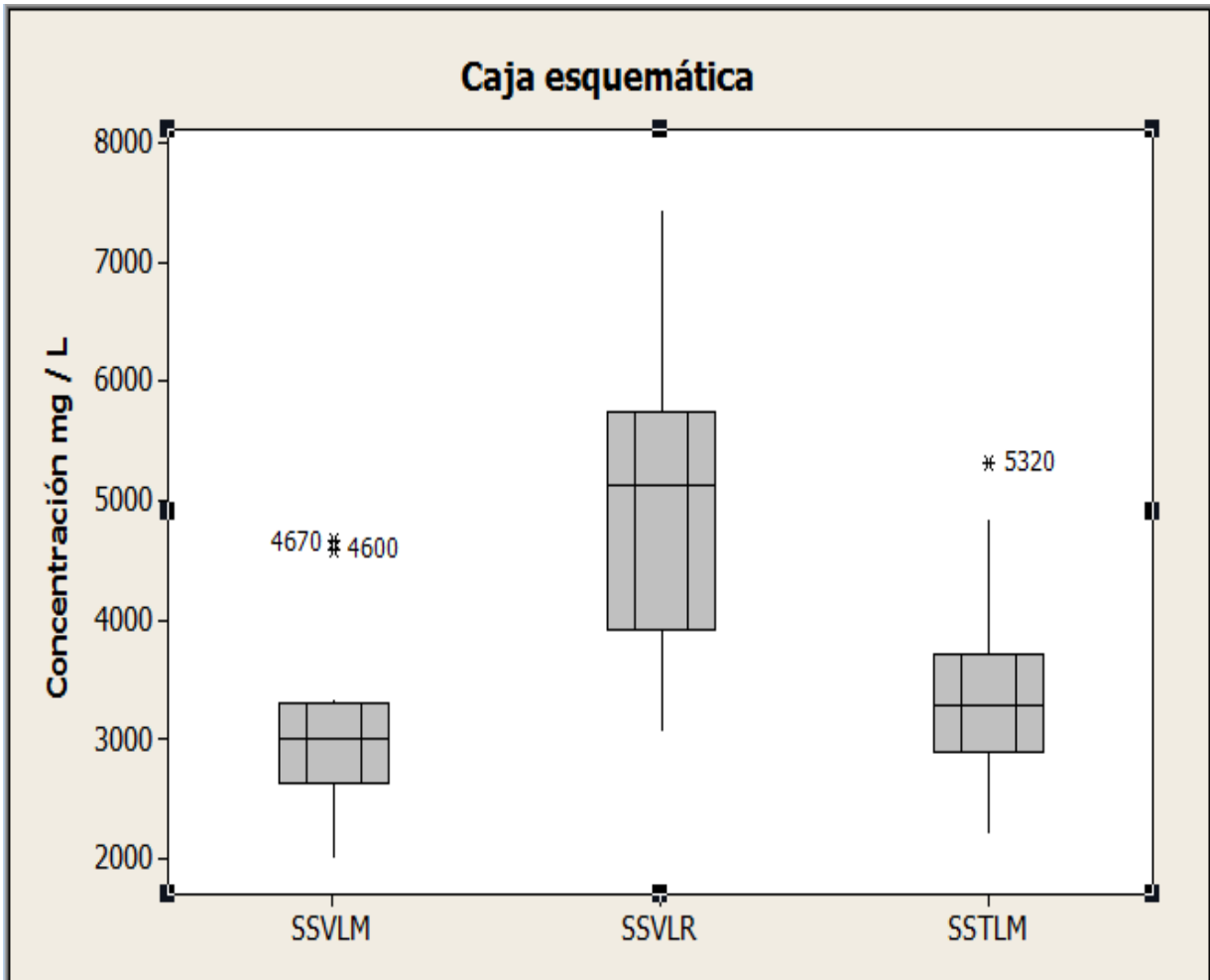


**Fuente:** Elaboración propia

**5.1.5 Caja esquemática sólidos suspendidos volátiles del licor mezclado (SSTVLM), sólidos suspendidos volátiles del licor de recirculación (SSVLR) y sólidos suspendidos totales del licor mezclado (SSTLM).**

En la gráfica 4 se presentan tres datos atípicos en el caso de los SSVLM son 4600 y 4670  $\frac{mg}{L}$ , y en los SSTLM es 5320  $\frac{mg}{L}$ . Mediante el chequeo estadístico los tres datos atípicos superan los límites superiores, por lo cual son descartados. Se pudo presentar un error humano al momento de realizarlas lecturas de la balanza electrónica.

**Gráfica 4.** Caja esquemática datos SSVLM, SSVLR y SSTLM



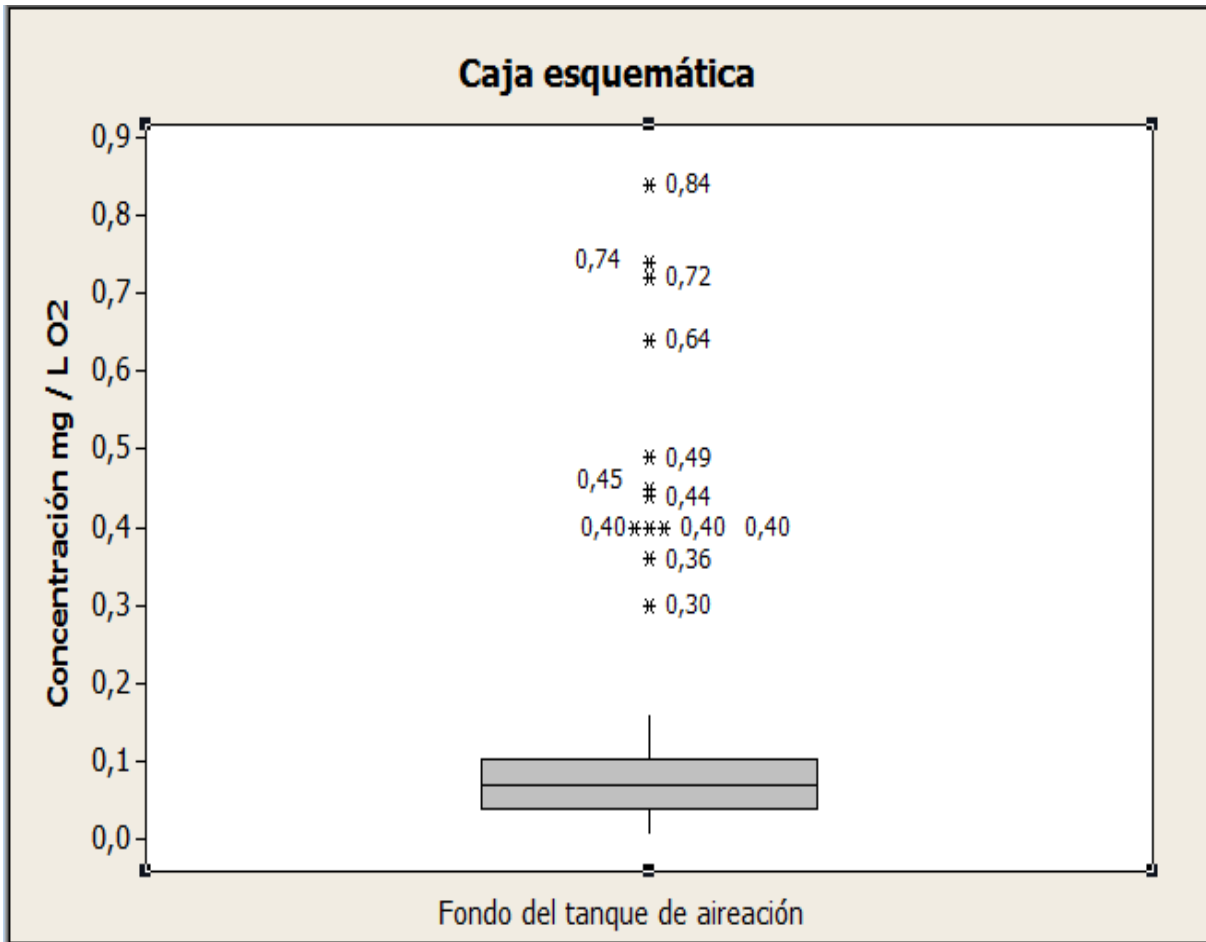
**Fuente:** Elaboración propia

### 5.1.6 Caja esquemática oxígeno disuelto (OD)

En la gráfica 5 se observan 12 valores atípicos en el muestreo realizado para oxígeno disuelto en el fondo del tanque de aireación los cuales son:

0,30-0,36-0,40-0,40-0,40-0,44-0,45-0,49-0,64-0,72-0,74 y 0,84  $\frac{mg}{L}$  O<sub>2</sub>. Mediante el chequeo estadístico el límite superior arrojó un resultado de 0,2025  $\frac{mg}{L}$  O<sub>2</sub>, por lo cual se descartan los datos mencionados, se pudo presentar fallas al momento de calibrar el Oxímetro.

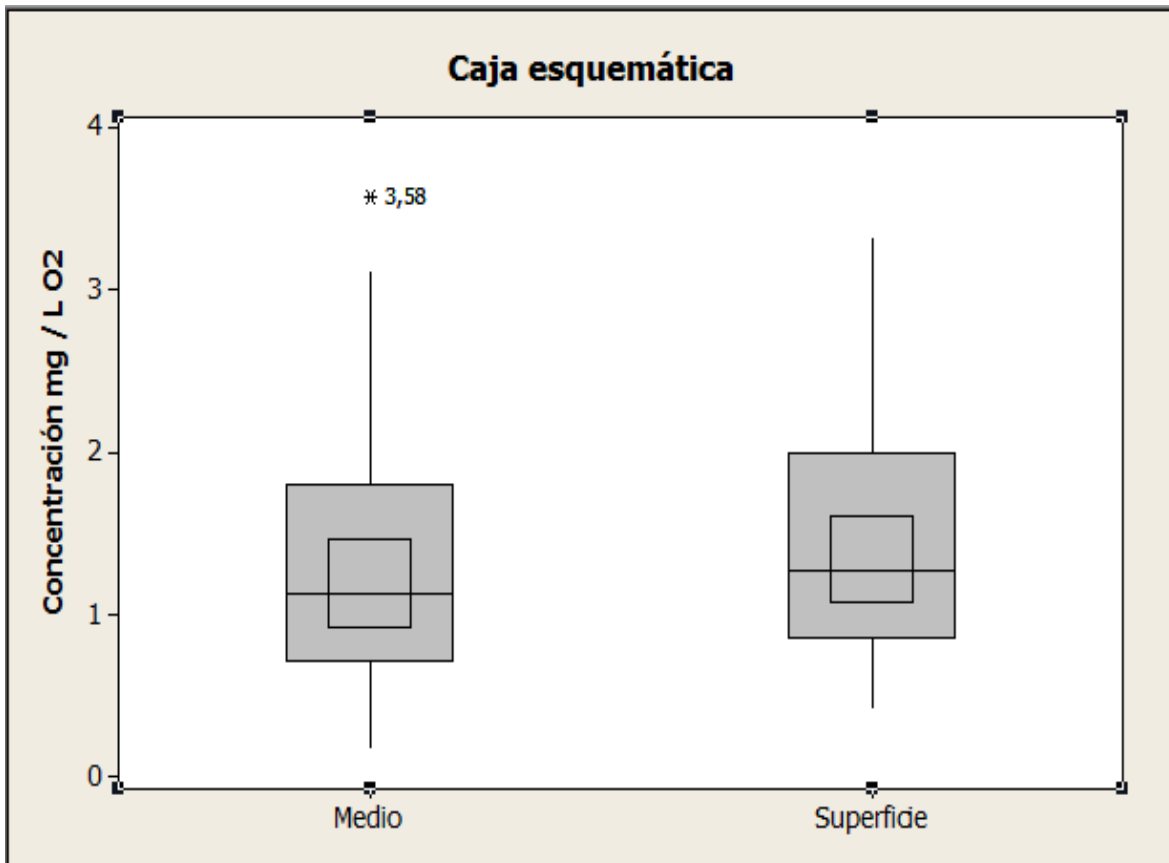
**Gráfica 5.** Caja esquemática datos OD fondo del tanque de aireación



**Fuente:** Elaboración propia

En el monitoreo realizado en el medio y superficie del tanque de aireación, solo se presentó un dato atípico el cual es  $3,58 \frac{mg}{L} O_2$ , observar gráfica 6. El chequeo estadístico arrojó un valor de  $3,435 \frac{mg}{L} O_2$  para el límite superior de la caja esquemática de las mediciones realizadas en el medio del tanque de aireación, por esta razón se descarta el valor atípico. Este valor atípico se pudo presentar por fallas de calibración del equipo.

**Gráfica 6.** Caja esquemática datos OD medio y superficie del tanque de aireación



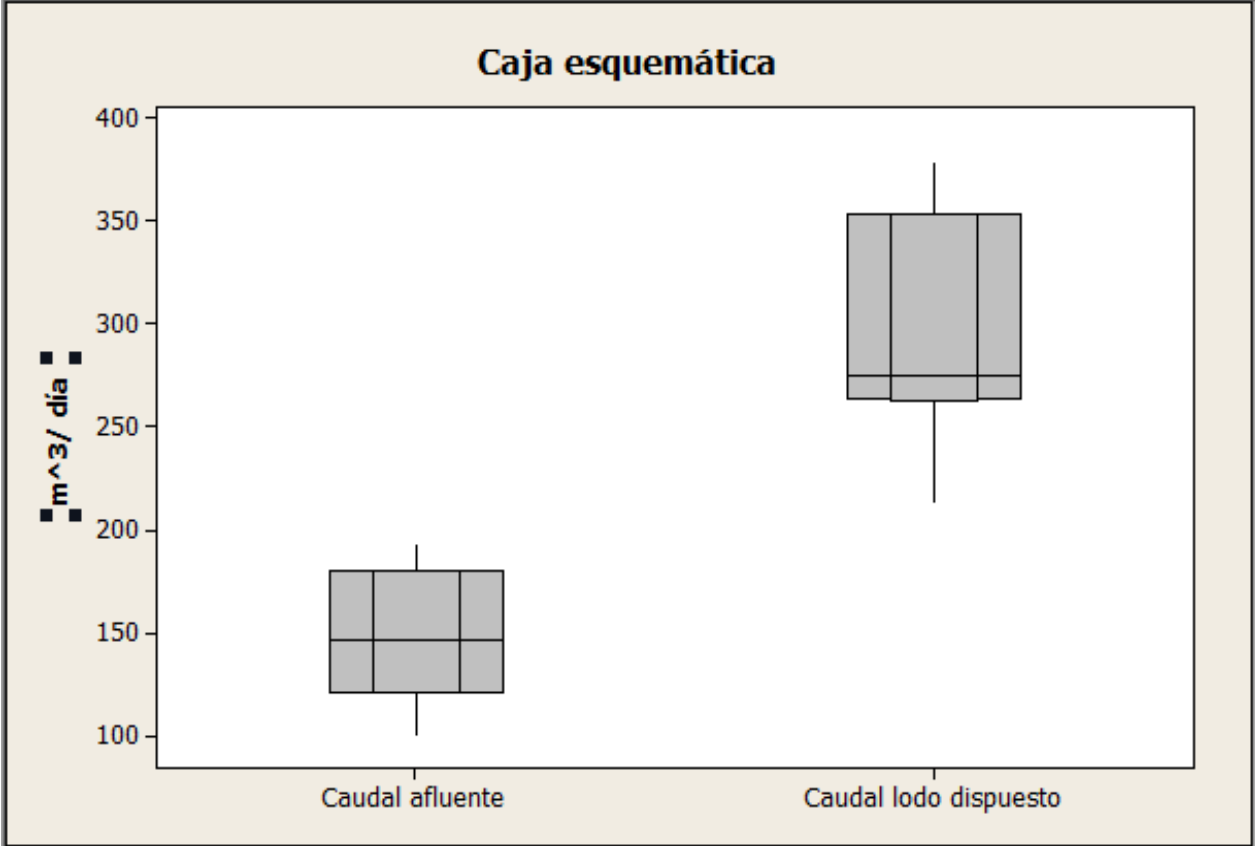
**Fuente:** Elaboración propia

### 5.1.7 Caja esquemática de caudales

En la gráfica 7 no se encontraron valores atípicos en el monitoreo realizado para este parámetro.



Gráfica 7. Caja esquemática de caudales



Fuente: Elaboración propia

## 6 RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 6.1 EFICIENCIAS DE REMOCIÓN DEL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS

Para obtener las eficiencias de remoción del sistema se utilizó el programa estadístico MINITAB15 del cual se reportaron las estadísticas descriptivas de los datos y con la media de los datos se despejó la eficiencia de remoción de la ecuación 1.

#### 6.1.1 Eficiencias de remoción en función de DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales (SST)

Como se observa en el cuadro 1, en el monitoreo realizado el sistema cumple para los parámetros de DBO<sub>5</sub> y DQO, ya que está por encima del 80% y del 85% que exige la normatividad colombiana nacional y regional respectivamente para vertimientos a cuerpos de agua.

En cuanto al parámetro SST el sistema se encuentra en el límite de la normatividad colombiana regional, sin embargo este presentó cumplimiento a los porcentajes de remoción exigidos los cuales son mayores o iguales al 85%.

**Cuadro 1.** Eficiencia de remoción del sistema

Estadísticas descriptivas	Datos	Media	Desviación Estándar	Valor mínimo	Valor máximo	Eficiencia de Remoción (%)
<b>Parámetro</b>	<b>DBO<sub>5</sub> <math>\frac{mg}{L}</math> O<sub>2</sub></b>					
Afluyente	11	849,8	218,8	546	1213,3	94,92
Efluyente	11	43,09	33,03	6,20	95,60	
<b>Parámetro</b>	<b>DQO <math>\frac{mg}{L}</math> O<sub>2</sub></b>					
Afluyente	12	2883	1284	1000	5000	91,94
Efluyente	11	232,1	164,8	100	604	
<b>Parámetro</b>	<b>SST <math>\frac{mg}{L}</math></b>					
Afluyente	11	433,2	195,7	165	785	84,53
Efluyente	10	67	17,35	40	95	

**Fuente:** Elaboración propia

En la mayoría de los muestreos realizados en la planta de tratamiento de aguas residuales se observó la presencia de material flotante y espuma color caramelo sobre el

clarificador secundario, se observó espuma en el reactor y se presentó en algunos casos salida de lodos en el efluente de la PTAR como se indica en las siguientes ilustraciones.

**Ilustración 12.** Presencia de espuma en el reactor y sedimentador



**Fuente:** Propia

**Ilustración 13.** Salida de lodos, canaleta sedimentador



**Fuente:** Propia

En las anteriores ilustraciones se evidencia que el sistema de lodos activados, no está operando correctamente y por esta razón en algunos meses del muestreo realizado al sistema, este no cumplió remoción de sólidos suspendidos totales exigida por la normatividad colombiana, estos problemas serán abordados desde el chequeo de los parámetros de operación.

## 6.2 PARÁMETROS DE OPERACIÓN

Para obtener el valor final de los parámetros de operación del sistema se utilizó el programa estadístico MINITAB15 del cual se reportaron estadísticas descriptivas de los datos y con la media de los datos de despejó en la ecuación 2.

### 6.2.1 Carga orgánica aplicada

Como lo indica el cuadro 2, el sistema de lodos activados está operando normalmente ya que el valor promedio arrojado de acuerdo a la ecuación 2, es  $0,85 \frac{\text{kgDBO}_5}{\text{m}^3 \cdot \text{día}}$ , y el valor típico para carga orgánica en los sistemas convencionales por lodos activos oscila entre 0,4 y  $1,2 \frac{\text{kg de DBO}_5}{\text{m}^3 \cdot \text{día}}$  (Aragón 2009).

**Cuadro 2.** Promedios de carga orgánica aplicada

Estadísticas descriptivas	Datos	Media	Desviación Estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Parámetro	Caudal (m3/d)				
Afluente	12	149,86	30,91	101	192
Parámetro	Cov $\frac{\text{kg DBO}_5}{\text{m}^3 \cdot \text{día}}$				
	0,85				

**Fuente:** Elaboración propia

Mediante este parámetro se evidenció que el sistema de lodos activados no está operando bajo sobrecarga, este presentó una buena capacidad de remoción en cuanto a los parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO, sin embargo, persiste un efluente de baja calidad asociado a la salida de lodos, presencia de espuma en el clarificador y la canaleta del mismo, estos problemas serán abordados en los siguientes parámetros.

### 6.2.2 Relación alimento microorganismos $\frac{A}{M}$

El valor típico para clima templado en un sistema de lodos activos en agua residual cruda esta entre 0,3 y 0,5  $\frac{\text{kg de DBO5}}{\text{kg de ssvlm} \cdot \text{dia}}$  (Contreras, 2001), de acuerdo con la ecuación 3, en el cuadro 3 se observa un promedio de relación  $\frac{A}{M}$  de 0,30  $\frac{\text{kg de DBO5}}{\text{kg de ssvlm} \cdot \text{dia}}$ , este valor está dentro del valor típico, razón por la cual se debe presentar un lodo con buenas características de sedimentación, sin embargo ocurrió lo contrario se presentó un lodo liviano y flotante con tendencia al hinchamiento.

**Cuadro 3.** Promedio relación alimento microorganismos

Estadísticas descriptivas	Datos	Media	Desviación Estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Parámetro</b>	$X \left( \frac{mg}{L} \right) = SSVLM$				
Afluente	10	2824	400	2030	3330
<b>Parámetro</b>	<b>Relación alimento microorganismo</b> $\frac{\text{kg de DBO5}}{\text{kg de ssvlm} \cdot \text{dia}}$				
	0,30				

**Fuente:** Elaboración propia

### 6.2.3 Índice volumétrico de lodos IVL

Este es un parámetro que indica un lodo con buena sedimentación si se encuentra dentro de los valores típicos. Se realizaron 12 muestreos en la planta de tratamiento de aguas residuales, solo en 2 muestreos se presentó sedimentación en el cono Imhoff, con una media de  $335,1 \frac{mg}{L}$  para lo cual se utilizó la ecuación 4. El valor del IVL se muestra en el cuadro 4 el cual sobrepasó el valor típico de  $300 \frac{mg}{L}$ , esto indica un lodo con poca sedimentación, con tendencia al hinchamiento y evidencia la presencia de bulking severo, lo cual se corroboró en la superficie del clarificador secundario según la ilustración 15, adicional al parámetro del IVL el problema del bulking también está asociado a concentraciones de oxígeno disuelto y rangos de pH los cuales serán analizados más adelante.

**Cuadro 4.** Promedio Índice volumétrico de lodos

Estadísticas descriptivas	Datos	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Parámetro	IVL ( $\frac{m.g}{L}$ )				
Lodos del reactor	2	335,1	33,5	311,4	358,7

**Fuente:** Elaboración propia

**Ilustración 14.** Índice volumétrico de lodos en cono Imhoff



**Fuente:** Propia

**Ilustración 15.** Material flotante en el clarificador secundario



**Fuente:** Propia

#### 6.2.4 Sólidos suspendidos totales del licor mezclado

Los lodos suspendido totales en el tanque de aireación están dentro del valor típico para aguas residuales, ya que el sistema arroja una media de  $3285 \frac{mg}{L}$  mostrada en el cuadro 5 y el rango típico es 1500 a  $4000 \frac{mg}{L}$  (Gamboa, 2008). Sin embargo, en algunos muestreos este valor se sobrepasa lo cual afecta la eficiencia del sistema.

**Cuadro 5.** Promedio concentración de SSTLM

Estadísticas descriptivas	Datos	Media	Desviación Estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Parámetro	SSTLM ( $\frac{mg}{L}$ )				
Afluente	11	3285	674	2230	4830

**Fuente:** Elaboración propia

### 6.2.5 Tiempo de retención celular o edad de lodos ( $\theta_c$ )

Una edad de lodos adecuada da como resultado un efluente de alta calidad, estable, con un lodo de excelentes características de sedimentación (Romero, 2005), el tiempo de retención celular es del orden de 4 a 10 días (Sperling, 2012). La edad de lodos encontrada en las diferentes semanas de muestreo da como resultado una media de 0,27 días mostrada en el cuadro 6, el cual es un valor inferior al típico, razón por la cual el efluente se verá afectado en su calidad y sedimentación, siendo necesario aumentar los tiempos de retención celular cercanos a los rangos típicos para que la biomasa metabolice prácticamente toda la materia orgánica de las aguas residuales y así garantizar una alta eficiencia en el proceso de lodos activos.

**Cuadro 6 .** Promedio tiempo de retención celular

Estadísticas descriptivas	Datos	Media	Desviación Estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Parámetro	<b>Caudal de lodo dispuesto <math>Q_w</math> (<math>\frac{m^3}{dia}</math>)</b>				
	11	300,9	16,03	213,4	378,4
Parámetro	<b><math>X_R</math> (<math>\frac{mg}{L}</math>) = SSVLR</b>				
	12	5047	1,336	3090	7410
Parámetro	<b><math>\theta_c</math> (días)</b>				
	0,27				

**Fuente:** Elaboración propia

### 6.2.6 Potencial de hidrógeno (pH)

Las variaciones de pH en la planta Alpina Popayán, generalmente provienen de aguas utilizadas para lavado de instalaciones, carro tanques y líneas de producción, estos lavados utilizan grandes cantidades de soda, y en menor cantidad se utiliza ácido nítrico.

Para el área de producción la planta tiene un tanque de almacenamiento de lavados, en el cual se regula el caudal que ingresa a la PTAR, el área de recibo de leche en la cual se realiza lavado de los carros tanques e instalaciones; estas descargas llegan directo a la PTAR.



**Ilustración 16.** Tanque de almacenamiento para lavados del área de producción



**Fuente:** Propia

La planta Alpina Popayán tiene un cupo permitido de ácido sulfúrico industrial concentrado al 98% de 150 kg equivalentes a 81,5 litros mensuales, para neutralizar unidades de pH, estas dosificaciones se realizaban automáticamente mediante un sensor de pH en el tanque de almacenamiento para lavados del área de producción, actualmente el sistema se encuentra averiado.

En los muestreos realizados durante la pasantía se encontró una constante de pH entre los rangos 10-12 en el tanque de regulación o afluente de la PTAR, en algunos casos el pH está entre los rangos 2-3. Para tratar de controlar estos cambios tan bruscos de pH y evitar pH altos, los cuales afectan la operatividad de la planta, inicialmente se dosificó ácido sulfúrico concentrado al 98%, mediante una bomba de aire, este se agregó directamente al tanque de aireación, en el cual se realizó mezcla del líquido mediante el desacople de la tubería de la segunda bomba que posee el tanque de regulación, hasta obtener un rango óptimo entre 6,5 a 8,5 unidades y finalmente se abre paso del agua residual hacia el reactor. El mecanismo con la bomba de aire se operó en dos oportunidades, logrando ajustar el pH de entrada en un rango óptimo. Se decidió suspender el mecanismo ya que la bomba de aire no ofreció seguridad de manipulación de ácido sulfúrico concentrado, por lo cual se puede presentar un derrame de ácido, causando lesiones graves al personal que manipule este equipo. Por esta razón se solicitó una bomba dosificadora de ácido al área de la PTAR. Estos ajustes no se registraron ya que el ácido solo se adicionó por algunas horas.

**Ilustración 17.** Bomba de aire para adicionar ácido y tubería desacoplada para realizar mezclado en el tanque de regulación.



**Fuente:** Propia

El traslado de la nueva bomba se efectuó, y se procedió a realizar la instalación del dosificador en las instalaciones de la PTAR; de igual manera, se realizó la instalación de un agitador mecánico por parte del área de mantenimiento en el tanque de regulación, solicitado por las directivas de la empresa.

**Ilustración 18.** Instalación de bomba dosificadora de ácido sulfúrico y agitador mecánico.



**Fuente:** Propia

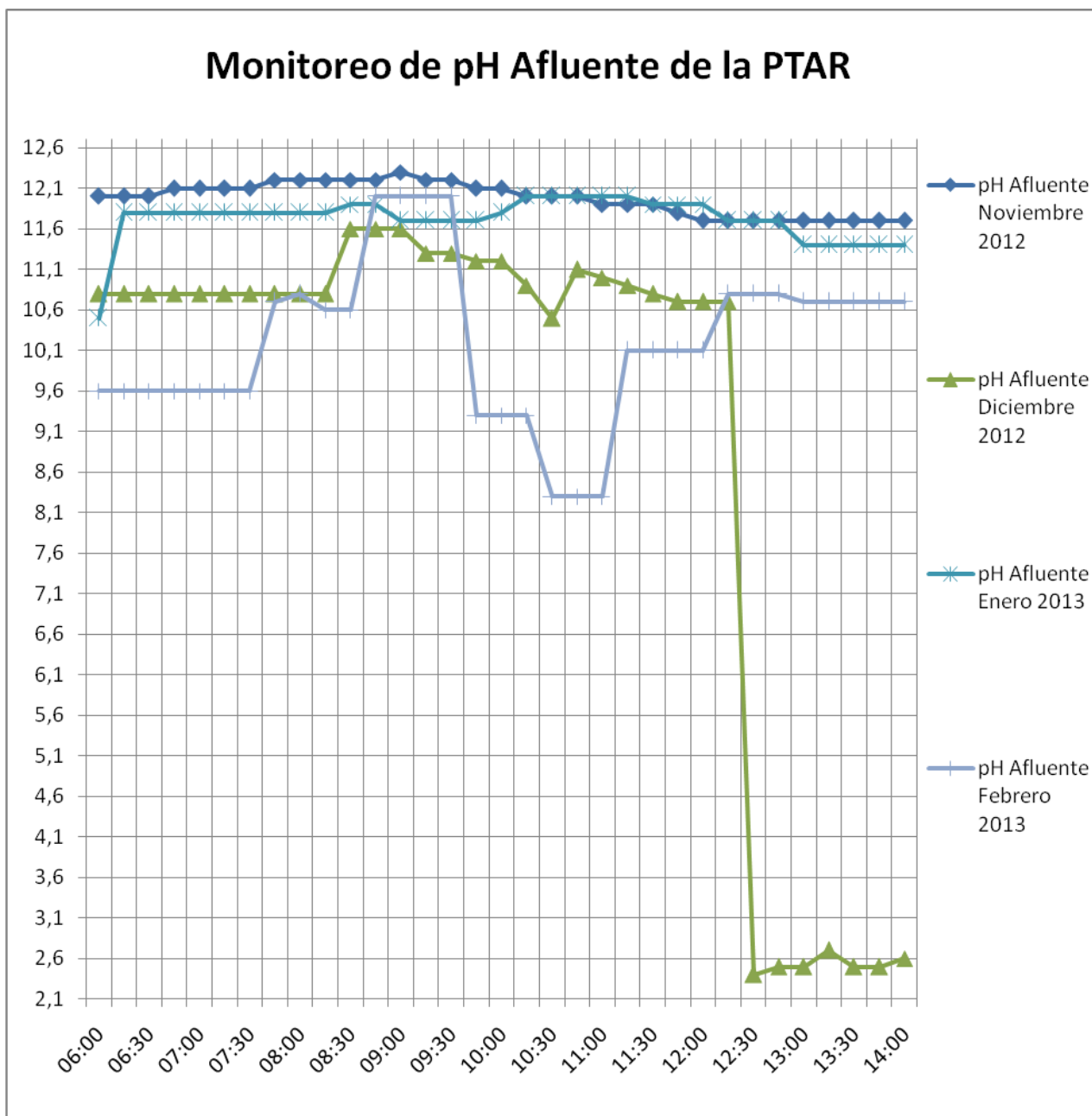
Con este sistema se logró la neutralización del pH por 6 horas, tiempo en el cual se agotó el ácido sulfúrico disponible con concentración al 98%, el cual se solicitó al área de calidad ambiental a finales del mes de noviembre de 2012.

Para efectos de control de pH ácidos, si los registros de pH eran menores a 6 unidades, inmediatamente se apagó la bomba que succiona el líquido hacia el reactor, luego se realizó un mezclado del líquido en el tanque de regulación, ya sea con lavados de otra área o con el líquido disponible en el tanque de almacenamiento del área de producción; en algunos casos no fue posible neutralizar estos rangos de pH ya que en su momento no se presentó otros lavados y/o el tanque de almacenamiento no contenía líquido en su interior.

A continuación se indican 4 muestreos de los 12 tomados, uno por mes, cada uno con una duración de 8 horas, con mediciones de pH cada 15 minutos en el afluente y efluente de la PTAR y 7 mediciones aleatorias en el tanque de aireación, para poder observar los cambios de pH que se presentaron en el afluente, reactor y efluente de la PTAR.

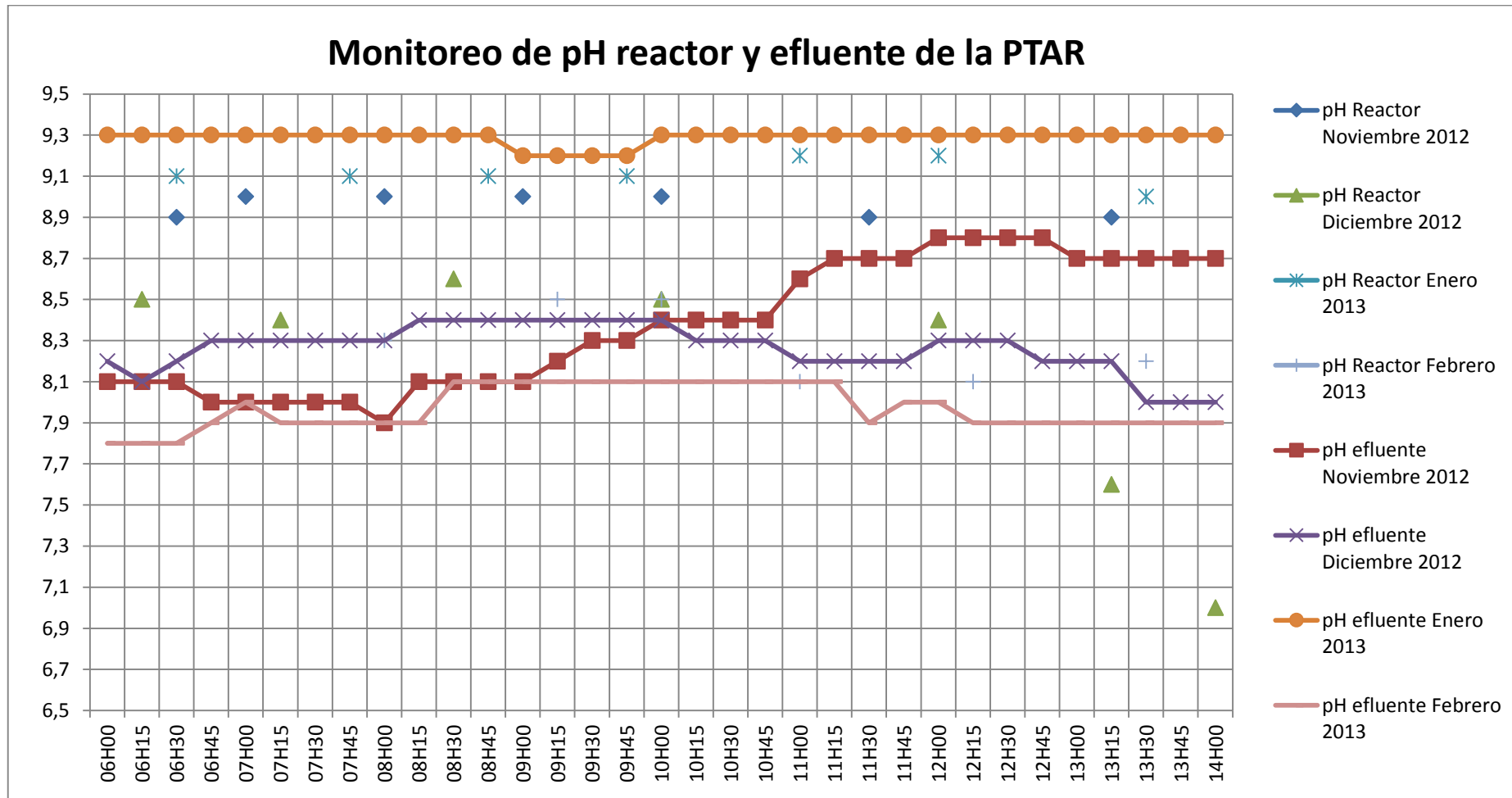
Como se observa en la gráfica 8, los pH de entrada son muy altos debido a que la mayor parte de los lavados se realizan con soda, obteniendo rangos entre 10,6 y 11,6 entre los más altos registrados; también se observó un cambio de pH brusco debido a los lavados de ácido que se realizan en menor cantidad, en las áreas de producción y recibo de leche, estos pH registran rangos entre 2,4-2,6 unidades.

**Gráfica 8.** Mediciones de pH en el afluente de la PTAR.



**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfica 9** .Mediciones de pH en el reactor y efluente de la PTAR.

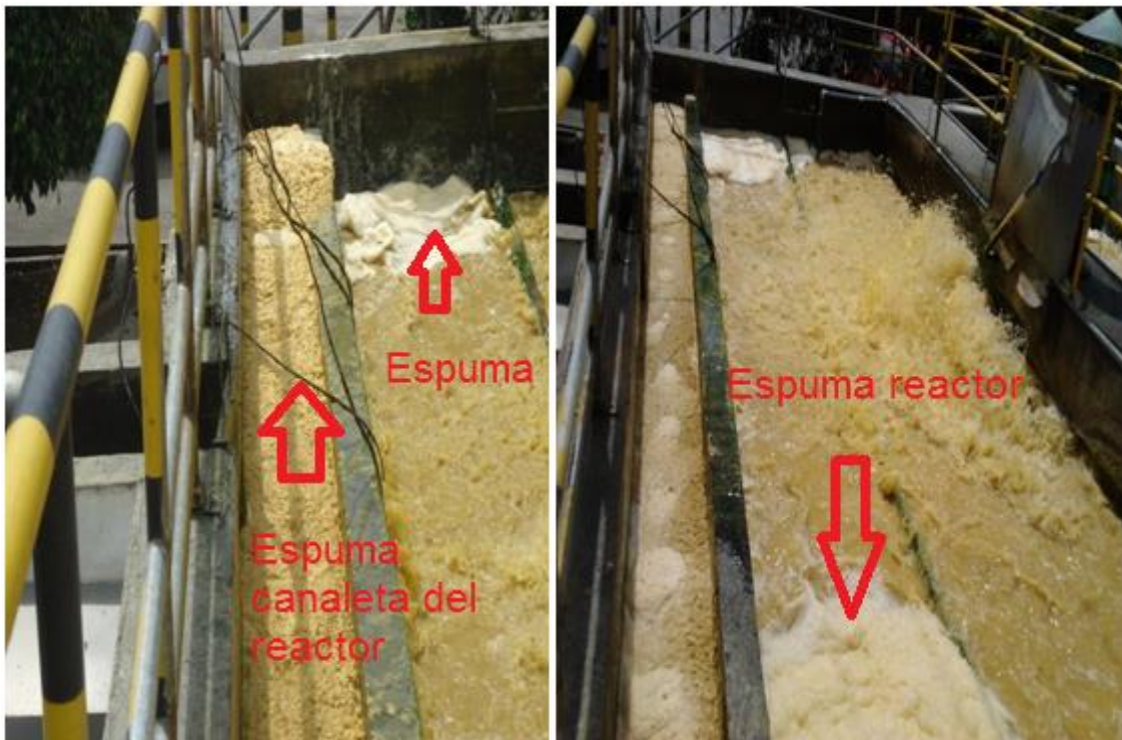


Fuente: Elaboración propia

En los muestreos realizados como se evidencia en la gráfica 9, el rango de pH del reactor no está dentro del rango típico de 6,5 a 8,5 unidades, este registró un rango de .7, 0 a 9,2 unidades, razón por la cual no se da un crecimiento microbial apropiado y se puede presentar el crecimiento de organismos filamentosos, los cuales producen el fenómeno llamado bulking del lodo, sin embargo se debe corroborar su presencia con la concentración de oxígeno disuelto disponible en el tanque de aireación, este parámetro se analizará más adelante.

El rango típico para el control de espumas Nocardia es de 6,5 unidades, este rango de pH es mayor en el reactor por lo cual se puede presentar microorganismos actinomicetos, además este fenómeno se relaciona con la concentración de oxígeno disuelto presente en el tanque de aireación.

### Ilustración 19. Presencia de espuma en el reactor



Fuente: Propia

## Ilustración 20. Presencia de espuma en el clarificador secundario



**Fuente:** Propia

En cuanto al pH del efluente como se evidencia en la grafica9, se está cumpliendo con la normatividad colombiana Nacional la cual exige un rango de pH entre 5-9 unidades para vertimientos, y los rangos obtenidos están entre 7,6 y 8,8, solo se presenta un episodio en el cual el rango está por encima del límite exigido el cual fue 9,3 unidades.

El día 20 de febrero de 2013 entró en funcionamiento la nueva bomba dosificadora de ácido, que después de varios ensayos se logró regular, para que en el lapso de 6 minutos succione 1 litro de ácido sulfúrico concentrado al 98%, el cual es dosificado y mezclado con el líquido del tanque de regulación. Para esta fecha se contó con 100 kg de ácido sulfúrico para la PTAR, aproximadamente 54,34 litros.

El pH se ajustó entre 8-8,5 unidades en el tanque de regulación; la adición de ácido sulfúrico solo se realizó durante el día, de lunes a viernes, debido a que se presentaron inconvenientes con el operario en horario nocturno; la medición de variables para el registro de eficiencias del sistema no se realizaron para este mes, ya que los valores de pH se alteraban con los lavados realizados con soluciones ácidas o básicas durante la noche.

**Ilustración 21.** Dosificación de ácido sulfúrico en el tanque de regulación.



**Fuente:** Propia

Solo por observación se evidencia reducción en la producción de espuma en el reactor y clarificador secundario, además de la disminución de material flotante en el clarificador secundario con el ajuste de pH realizado.

**Ilustración 22.** Reducción de material flotante y espuma en el clarificador secundario



**Fuente:** Propia



### Ilustración 23 .Reducción de espuma en el reactor



Fuente: Propia

Los 54,34 litros de ácido sulfúrico concentrado al 98% se agotaron a los 8 días de dosificado, razón por la cual es necesario implementar un sistema más efectivo y menos peligroso para la neutralización de pH a la entrada del sistema de lodos activados.

### 6.3 CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN EL TANQUE DE AIREACIÓN (OD).

Las concentraciones de oxígeno disuelto se calcularon con el programa estadístico MINITAB15, la media hallada durante el monitoreo en el fondo del tanque de aireación fue de  $0,06 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{O}_2$  y el valor máximo fue de  $0,160 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{O}_2$ , esto nos indica una deficiencia de oxígeno en el fondo del tanque de aireación ya que el valor mínimo está comprendido entre  $1-2 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$  (Aragón 2009), en este punto no se mantienen las condiciones aeróbicas para el proceso de lodos activados, y concentraciones bajas de oxígeno disuelto promueven el crecimiento de organismos filamentosos (Pavón *et al.*,2004), sumado al rango de pH y IVL encontrado anteriormente los cuales también favorecen el crecimiento de estos microorganismos, razón por la cual se presentó hinchamiento y salida de los lodos en el taque de aireación debido al bulking, afectando la calidad del agua y reduciendo la eficiencia del proceso en cuanto a remoción de sólidos.

La media hallada en la superficie y mitad del tanque de aireación es de 1,43 y  $1,31 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{O}_2$  respectivamente, estos valores favorecen el crecimiento apropiado de microorganismos en el sistema de lodos activos ya que se encuentran dentro del rango típico de

concentración de oxígeno disuelto, en cuanto a los valores máximos en estos dos puntos son 3,31 y 3,11  $\frac{mg}{L}$  O<sub>2</sub> respectivamente , estos dos valores superan el límite del valor típico recomendado, favoreciendo el crecimiento de microorganismos actinomicetos del genero Nocardia, el más común la especie *Nocardia amarae* en el lodo activado, su crecimiento también es ayudado por el rango de pH encontrado anteriormente, lo cual se evidenció con la espuma intermitente, viscosa y de color marrón presente en el reactor y el clarificador secundario ver ilustraciones 12,13,19,20.

**Cuadro 7.** Promedio mediciones OD en el tanque de aireación

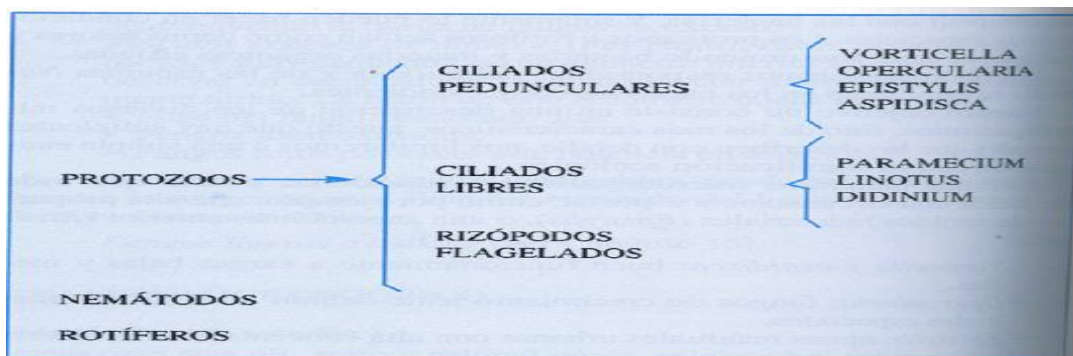
Estadísticas descriptivas	Datos	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Parámetro</b>	<b>Oxígeno disuelto mg/l O<sub>2</sub></b>				
Fondo del tanque	60	0,06	0,029	0,010	0,160
Medio del tanque	71	1,31	0,742	0,180	3,110
Superficie del tanque	72	1,43	0,679	0,430	3,310
Promedio total	3	0,936	0,760	0,06	1,43

**Fuente:** Elaboración propia

#### 6.4 MICROORGANISMOS INDICADORES EN EL LODO ACTIVADO

Los lodos activados tienen una micro fauna ya establecida entre los cuales se encuentran PHYLUM como protozoos, nemátodos y rotíferos.

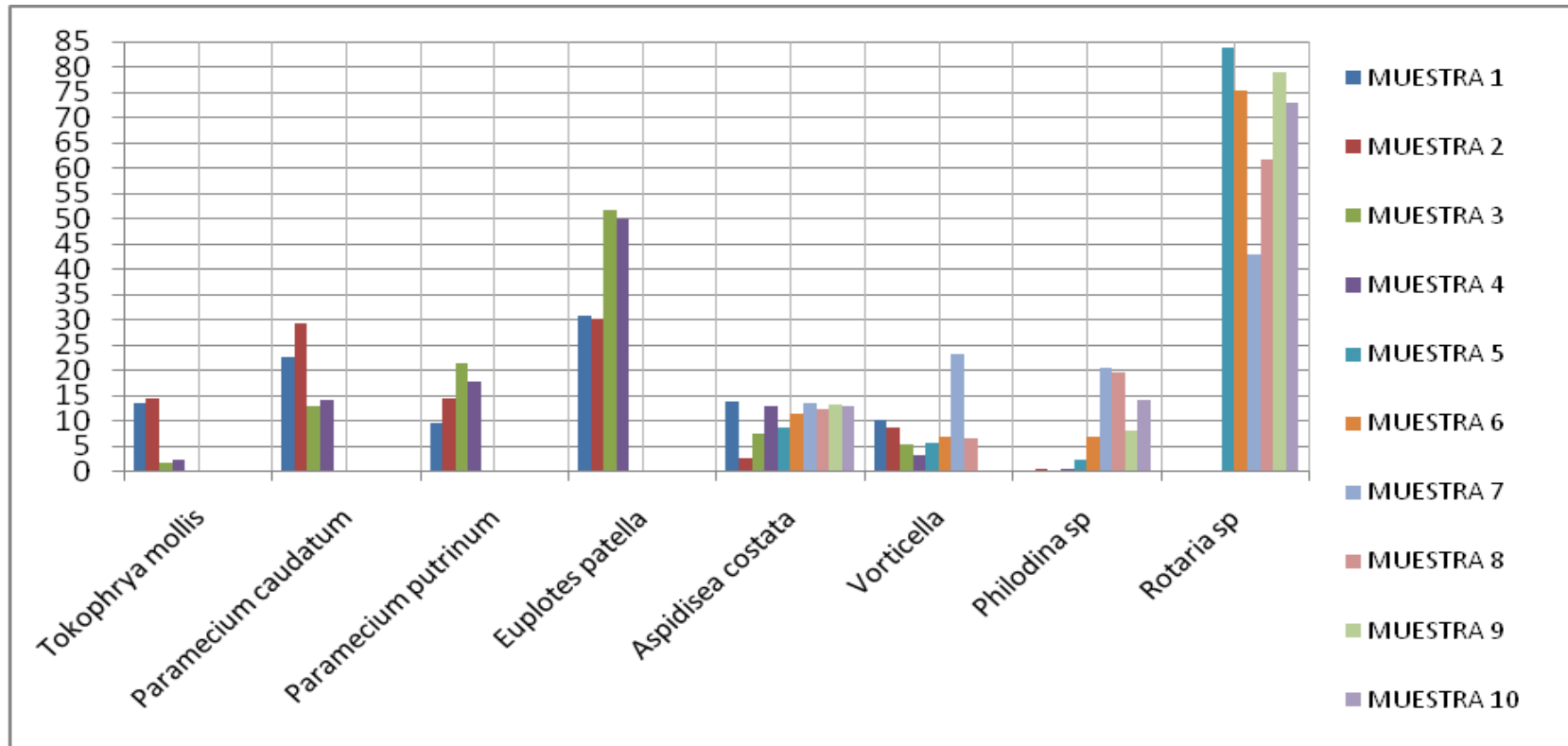
**Ilustración 24.** Micro fauna de los fangos activados.



**Fuente:** (Ronzano y Dapena, 2002).

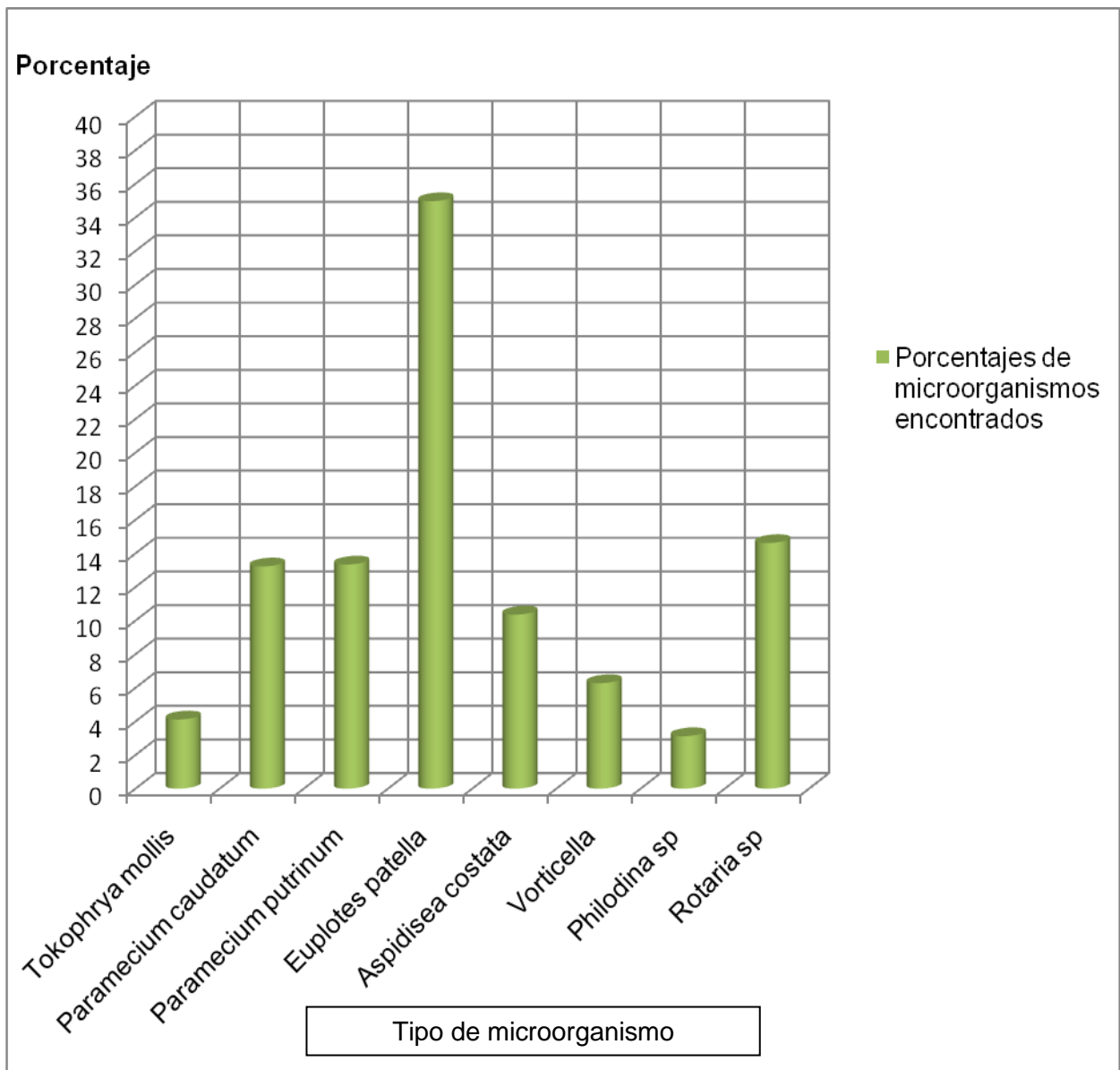
En la gráfica 10 se indica la variación en el número de microorganismos en los diferentes muestreo realizados, lo cual no permite realizar la curva de diversidad acumulada ya que no se puede establecer una asíntota en la cual los microorganismos se estabilicen, por ello es necesario mostrar un porcentaje total de los microorganismos encontrados durante todos los muestreos los cuales se indican en la gráfica 11 y cuadro 8.

**Gráfica 10.** Variación del número de microorganismos por esfuerzo de muestreo



Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 11.** Microorganismos encontrados en el fango activado durante el monitoreo



**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro 8.** Clasificación de microorganismos y número encontrado.

PHYLUM	FAMILIA	NOMBRE	NÚMERO ENCONTRADO	PORCENTAJE
PROTOZOA	Podophrydae	<i>Tokophrya mollis</i>	145	4,11
PROTOZOA	Parameciidae	<i>Paramecium caudatum</i>	466	13,2
PROTOZOA	Parameciidae	<i>Paramecium putrinum</i>	470	13,33
PROTOZOA	Eeuplotidae	<i>Euplotes patella</i>	1232	34,96
PROTOZOA	Aspidisea costata	<i>Aspidisea costata</i>	365	10,35
PROTOZOA	Vorticellidae	<i>Vorticella</i>	221	6,27
ROTÍFERA		<i>Philodinasp</i>	110	3,12
ROTÍFERA		<i>Rotaria sp</i>	515	14,61
<b>TOTAL DE INDIVIDUOS</b>			3524	

**Fuente:** Elaboración propia

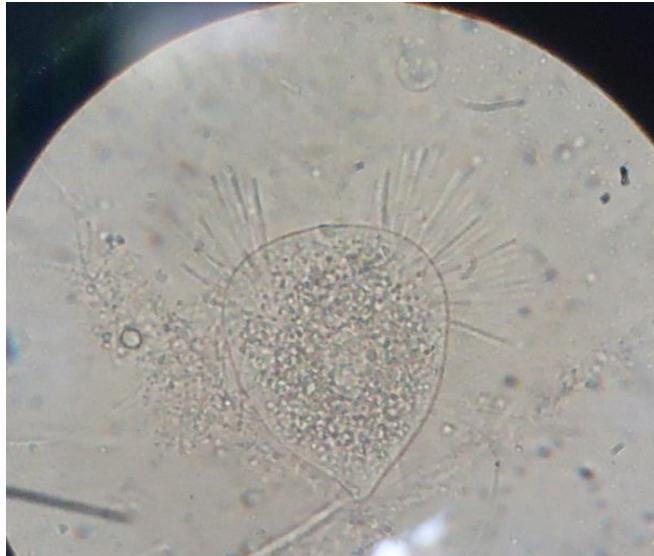
En total se registraron 3524 microorganismos en el monitoreo realizado; basado en la ilustración 24 y cuadro 8, se clasificó y determinó el porcentaje de microorganismos encontrados en las muestras analizadas. El porcentaje de Protozoos ciliados pedunculares en este caso los pertenecientes a la familia *Vorticellidae* y *aspidiscidae*, es del 16,62% esto se debe a que la planta está operando bajo sobrecarga, ya que estos microorganismos son indicadores de buen funcionamiento a cargas bajas y medias, por ello su poca presencia (Ronzano y Dapena, 2002), el porcentaje promedio de Protozoos ciliados libres en este caso los pertenecientes a la familia *Parameciidae* es de 23,53% es un porcentaje alto lo cual indicó que los lodos se encuentran mal oxigenados. *ibíd.*, p.343. Esto se corroboró con la concentración de oxígeno disuelto nula en el fondo del tanque de aireación, la cual está por debajo de los valores recomendados. La presencia de Rotíferos es de 17,73%, esto se debe a que estos microorganismos son muy sensibles a las variaciones de carga las cuales son muy altas para el diseño de la PTAR. *ibíd.*, p.343; por ello su poca presencia, en el monitoreo realizado, su existencia se dio en los últimos muestreos ya que estos microorganismos se desarrollan con lodos en fase de envejecimiento con buena oxigenación la cual se alcanza en algunos puntos del reactor.

A continuación se muestran las ilustraciones de los microorganismos encontrados en el monitoreo, en algunos no fue posible la toma fotográfica con el microscopio de alta resolución.

## 6.4.1 Ilustraciones de microorganismos encontrados en el lodo activado

### 6.4.1.1 Protozoos

Ilustración 25. *Tokophyra mollis* 40x



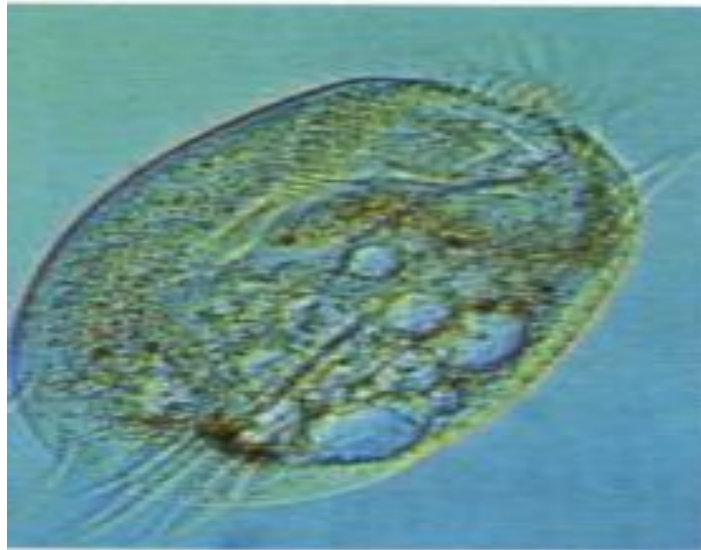
Fuente: Propia

Ilustración 26. *Paramecium* 40x



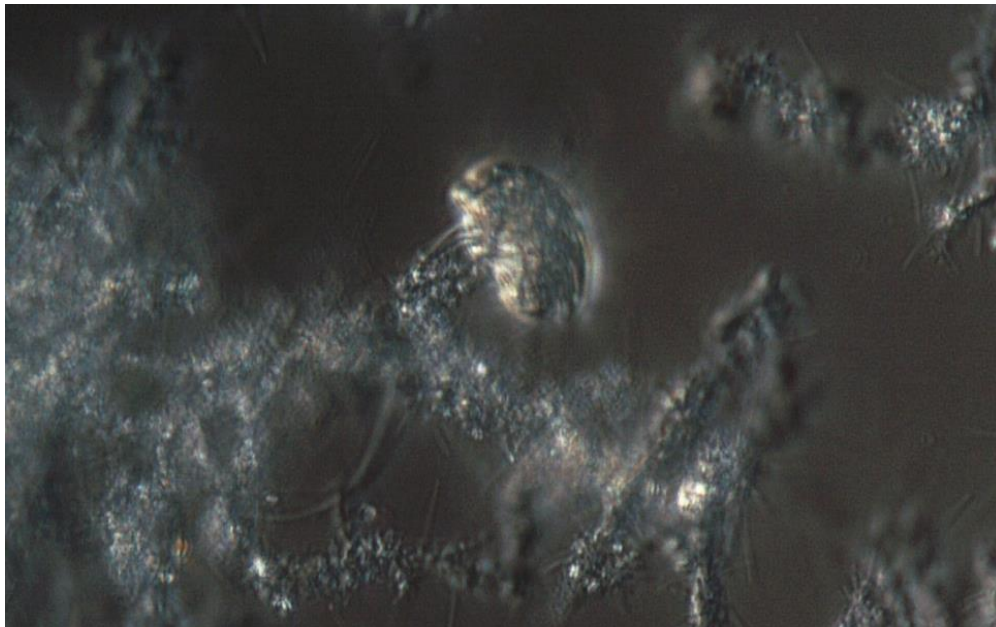
Fuente: (Aladro, 2009)

**Ilustración 27.** *Euplotes* 40x



**Fuente:** (Aladro, 2009)

**Ilustración 28.** *Aspidisea costata* 40x



**Fuente:** Propia

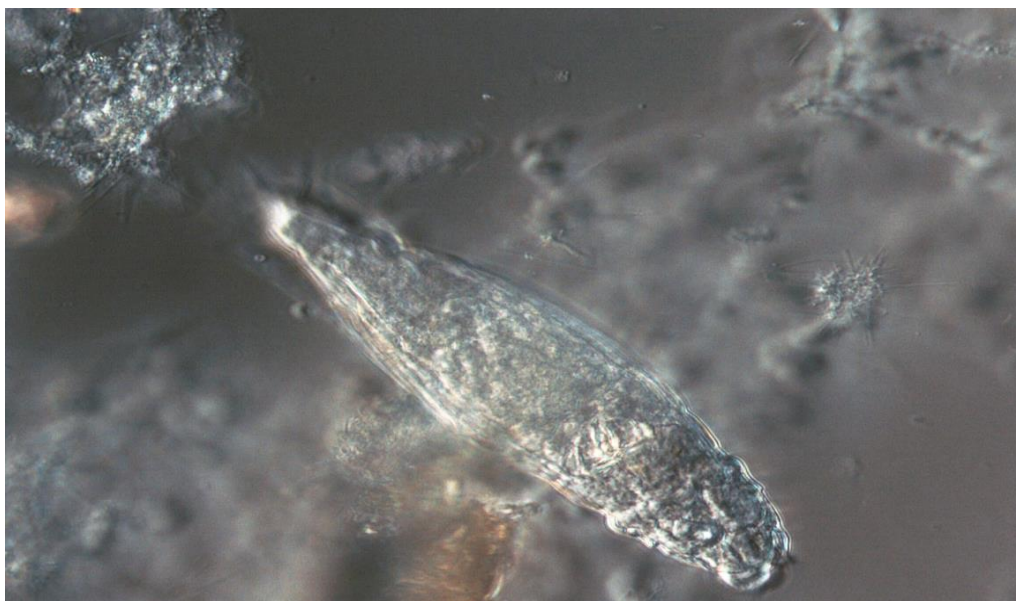
**Ilustración 29.** *Vorticella* 40x



**Fuente:** Propia

#### **6.4.1.2 Rotíferos**

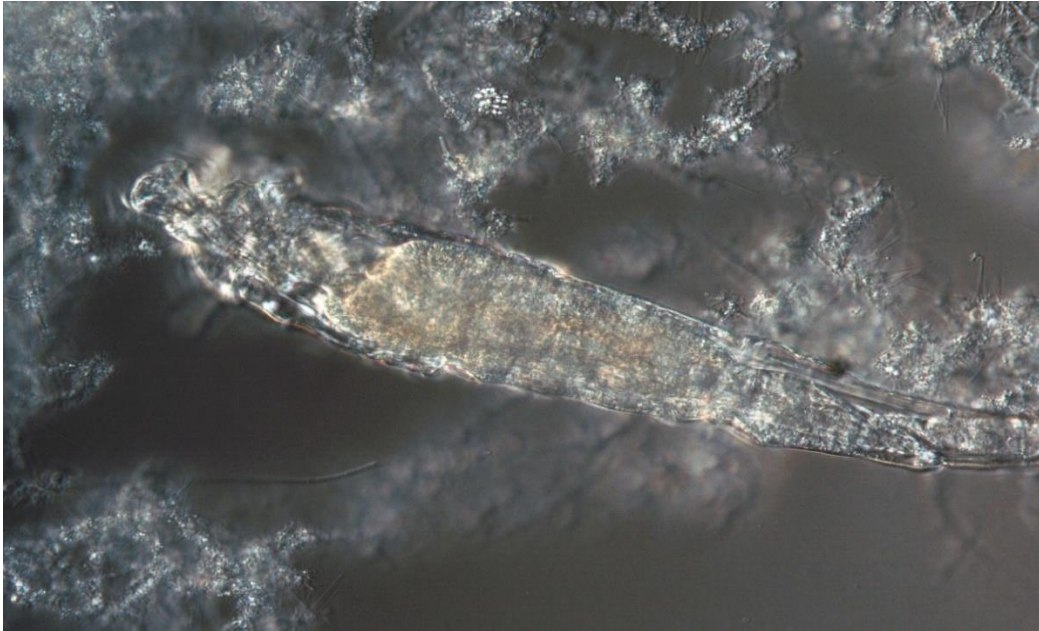
**Ilustración 30.** *Philodina* sp 40x



**Fuente:** Propia



**Ilustración 31.** *Rotaria* sp 40x



**Fuente:** Propia

## 6.5 DESHIDRATACIÓN DE LODOS

En este punto se realizó la comparación entre el lecho número 5 al cual se le aplicó el floculante TRAFLOC 8296, en dos ocasiones, frente a dos lechos los cuales no se les agregó ningún compuesto.

En el cuadro 9 se observa los tiempos de secados en las diferentes pruebas realizadas.

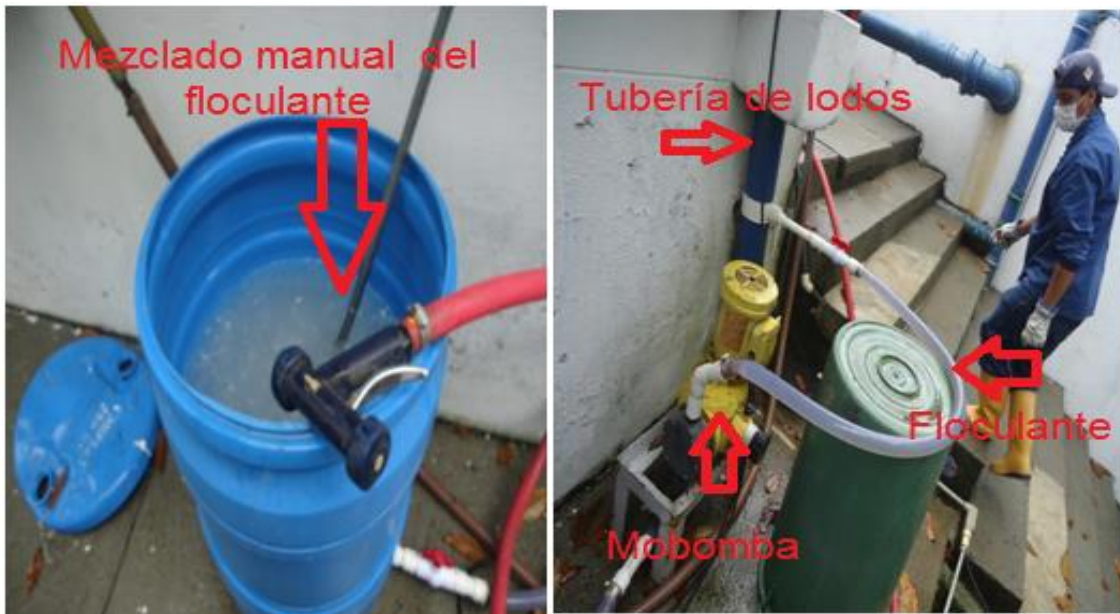
**Cuadro 9.** Tiempos de secado

LECHO DE SECADO	TIEMPO DE PERCOLACIÓN ENTRE DESCARGAS (horas)	TOTAL DE DESCARGAS	TIEMPO DE SECADO ( días)	DIFERENCIA ENTRE TIEMPOS DE SECADO (días)	PORCENTAJE DE EFICIENCIA
<b>PRIMERA PRUEBA</b>					
1	25	3	37	9	24,32%
5	18	3	28		
<b>SEGUNDA PRUEBA</b>					
2	27	3	42	11	26,19%
5	19	3	31		

**Fuente:** Elaboración propia

Se realizaron dos pruebas una en el mes de noviembre y la segunda en el mes de enero, las cuales se encuentran en temporada de lluvia para la ciudad de Popayán. Se evidenció una reducción del tiempo de secado entre 9 a 11 días en los lechos en los cuales se agregó el floculante TRAFLOC 8296, lo cual mejoró el porcentaje de eficiencia entre 24,32 y 26,19% la capacidad útil de los lechos de secado. Durante el monitoreo se observó que la espuma producida en la canaleta del clarificador secundario, se deposita en algunos lechos de secado, lo cual disminuye la capacidad útil de estos.

**Ilustración 32.** Mezcla del floculante y bomba que succiona la mezcla al lecho de secado



Fuente: Propia

**Ilustración 33.** Descarga del floculante en el lecho número 5



Fuente: Propia

**Ilustración 34.** Aplicación de cal y recolección de lodo deshidratado



**Fuente:** Propia

**Ilustración 35.** Descarga de espuma en los lechos de secado



**Fuente:** Propia

## CONCLUSIONES

- El sistema arroja remociones superiores a la exigida por la normatividad colombiana Nacional y Regional en cuanto a los parámetros de DBO<sub>5</sub> y DQO. Para el parámetro de SST el sistema arroja una remoción alta de un 84,53%, este valor se encuentra en el límite que exige la Corporación Autónoma Regional del Cauca, por lo cual se presentó cumplimiento a la normatividad de vertimientos.
- Los parámetros de operación como carga orgánica volumétrica, relación alimento microorganismos y sólidos suspendidos totales se encuentran dentro de los rangos típicos, sin embargo, hay presencia de lodos flotantes, espuma y salida de lodos.
- Se encuentra un sistema de lodos trabajando con rangos de pH muy variables en el afluente, desde básicos y ácidos, los cuales afectan la remoción del sistema por la aparición de organismos filamentosos y actinomicetos, ya que el sistema necesita rangos de pH estables en el tanque de aireación, además el valor arrojado de IVL indica la presencia de organismos filamentosos.
- Los tiempos de retención celular no se encuentran en los valores típicos, esto producirá un efluente de baja calidad y con poca sedimentación.
- La concentración de oxígeno disuelto encontrada en el fondo del tanque de aireación, está por debajo de los límites típicos, esta concentración favorece el crecimiento de organismos filamentosos los cuales producen el fenómeno del bulking del lodo, esto reduce la eficiencia del sistema ya que estos lodos salen por el efluente.
- La concentración de oxígeno disuelto hallada en la superficie y mitad del tanque se encuentran dentro de los rangos típicos, sin embargo en estos dos sectores se presentaron picos de concentraciones las cuales superan el valor típico, esto favoreció el crecimiento de organismos actinomicetos del género *Nocardia*, entre los más comunes la especie *Nocardia amarae*, esto incidió de manera directa en la presencia de espuma en el reactor y clarificador secundario.
- Se logró verificar la presencia de microorganismos indicadores en los lodos del tanque de aireación, los cuales muestran el comportamiento de la PTAR.
- El floculante TRAFLOC 8296 reduce el tiempo de deshidratación de los lodos, lo cual le da mayor capacidad útil a los lechos de secado.

## RECOMENDACIONES

- Es necesario realizar la neutralización de los pH del afluente de la PTAR, así como evitar el ingreso de soluciones ácidas al sistema, para ello se propone un sistema de aprovechamiento de las soluciones ácidas, provenientes de los lavados en las áreas de producción y recibo de leche. Ver anexo 6.
- Se debe aumentar el número de mediciones de pH en el afluente de la PTAR, pasando de 4 a 8 mediciones por día.
- Todas las áreas que realicen lavados de soluciones ácidas o básicas, deben informar de manera obligatoria a los operarios de la PTAR, en el momento que se realicen estas actividades, con el fin de realizar la neutralización de pH en forma eficiente.
- Adelantar un sistema de aireación o de mezcla en el fondo del reactor, ya que en este punto se presentan concentraciones mínimas de oxígeno disuelto, de igual manera realizar un ajuste de las concentraciones tanto en el medio como en la superficie del reactor.
- Se debe asegurar la llave que regula el caudal de entrada al reactor, ya que con la vibración que produce el agitador mecánico del tanque de regulación, esta válvula tiende a girar aumentando el caudal de entrada. El caudal mínimo de entrada con el que debe trabajar la bomba sumergible es de  $10 \frac{m^3}{h}$ , para evitar posibles sobrecargas del sistema.
- Se debe aumentar el tiempo de retención celular dentro de los valores típicos para producir un lodo de buena calidad y excelentes características de sedimentación.
- Se debe realizar un estudio microscópico detallado en cuanto a la presencia de organismos filamentosos y actinomicetos.
- Es necesario ampliar el estudio con la aplicación del floculante TRAFLOC 8296, para corroborar la eficiencia de este compuesto en la deshidratación de lodos y determinar su posible impacto con su reingreso al sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

Aladro M. Manual de prácticas de laboratorio de protozoos. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F, 2009. P 65,66.

Álamo A., Ferrer A. La Gestión Medioambiental en la Industria Láctea. En: Tecnología Química. 2007. vol 27, no 2, p.48.

Aragón C, Optimización del proceso de lodos activos para reducir la generación de fangos residuales. Tesis doctoral. Cádiz: Universidad de Cádiz. Facultad de ciencias del mar y ambientales. Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente, abril 2009. 34, 37 p.

Arango L., López Estudio a escala de laboratorio de los efectos de la forma de alimentación y la cantidad de inóculo sobre el hinchamiento de los lodos de reactores aerobios mezcla completa en etapa de arranque. Tesis de pregrado. Medellín: Universidad de Medellín. Facultad de ingenierías, 2011. 56 p.

Colombia. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA. Resolución 0321 (24, agosto, 2009). Por el cual se otorga un permiso definitivo de vertimientos a la empresa Alpina productos alimenticios S.A. Popayán: CRC, 2009.

Colombia. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3930 (25, octubre, 2010). por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2010.

Colombia. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto de 1594 (26, junio, 1984). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C.: El Ministerio, 1984.

Contreras E. Análisis de las variables que afectan el desarrollo de microorganismos filamentosos en sistemas de barros activados para el tratamiento de efluentes de la industria alimenticia. Tesis doctoral. Argentina: Universidad de la Plata. Facultad de ciencias exactas. Departamento de Química, 2001.17 p.

Gamboa M, Formulación de un plan de manejo de aguas residuales para la empresa Friesland Colombia S.A. Tesis de pregrado. Popayán: Universidad del Cauca. Facultad de Ingeniería Civil, Enero 2008. 68, 69, 70 p.

García J., Álvarez M., Lavín A., Díaz j .Centro de información tecnológica.1996.vol 7, no.2, p 24.

Incol LTDA. Ingenieros Consultores. Manual de la PTAR. 1989. p.5, 10, 26.

Gonzales M. Aspectos medio ambientales asociados a los procesos de la industria láctea. En: Mundo pecuario.2012. Vol 8, no 1, p 16.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos, p.48.

Kim H., Pagilla K. competitive growth of Nocardia and acinetobacter under anaerobic/aerobic batch operation. In: Pergamon. 2000. Vol 34, no 10, p. 2667.

Martella M., Trumper E., Bellis L., Renison D., Giordano P., Bazzano G., Gleiser R. Evaluación de la biodiversidad. En: Reduca (biología).2012. Vol 5, no 1, p. 71,72.

Madoni P., Davoli D., Gibin G. Survey of filamentous microorganisms from bulking and foaming activated sludge plants in Italy. In: Pergamon. 2000. Vol 34, no 6, p. 1767.

Pavón T., Pacheco V., Ávila C., Mejía V. Efecto y control de esponjamiento de lodos en una tratadora de aguas residuales industriales. Toluca, México, 2004

Ramírez D. Plan de ahorro y uso eficiente del agua. Planta Alpina Popayán, 2010. P. 7, 21,22

Romero J. Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y principios de diseño. Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia ,2005.p.158, 447- 449, 480, 487,489.

Ronzano E., Dapena J. Tratamiento biológico de las aguas residuales. Pridensa reimpresión corregida. Madrid España, 2002. p. 46, 342, 345, 346.

Sperling M. Principios del tratamiento biológico de aguas residuales. Departamento de ingeniería sanitaria y ambiental Universidad Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte Brasil, 2012. P 313.

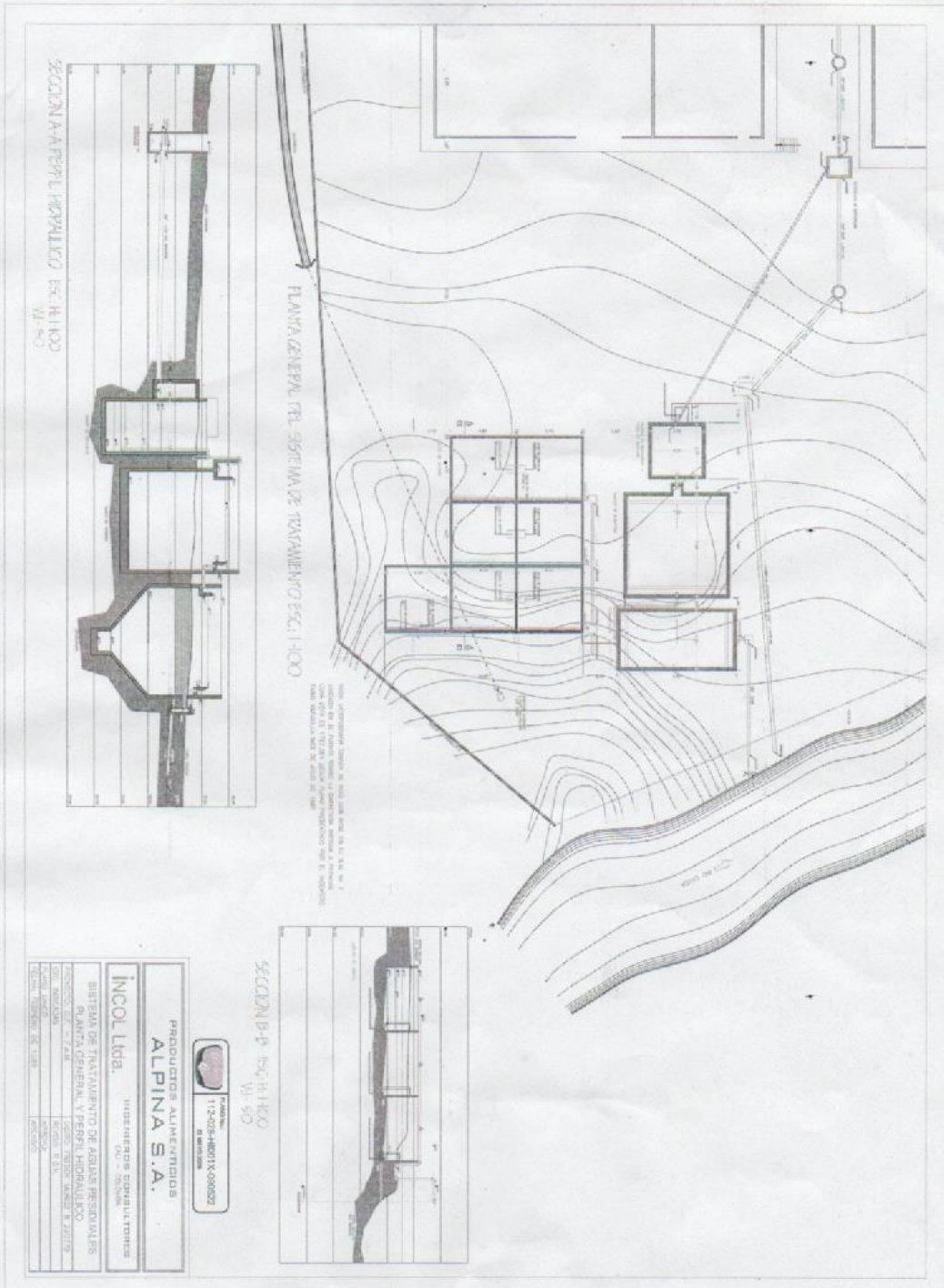
Velasco S, Control de organismos filamentosos en el proceso de lodos activados de aguas residuales domésticas. Tesis de pregrado. Popayán: Universidad del Cauca. Facultad de ingeniería civil, 2012. 4 p.



## **ANEXOS**

## **ANEXO 1**

Plano de la planta de tratamiento de las aguas residuales



**PRODUCTOS ALIMENTICIOS**  
**ALPINA S.A.**  
 INGENIEROS CONSULTORES  
 S.R.L.

**INCO Ltda.**  
 INGENIEROS CONSULTORES  
 S.R.L.

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
 PLANTA GENERAL Y PERFILES HIDRAULICOS  
 PROYECTO: ESC. 1:100  
 CLIENTE: INCO S.A.  
 FECHA: 2019  
 ESCALA: 1:100

## **ANEXO 2**

Decreto 1594 de 1984, artículo 72

## DECRETO 1594 DE 1984

(Junio 26)

Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.

### De las normas de vertimiento.

**Artículo 72.** Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

#### Cuadro 10. Normas de vertimiento

Referencia	Usuario existente	Usuario nuevo
pH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	$\leq 40^{\circ}\text{C}$	$\leq 40^{\circ}\text{C}$
Material flotante	Ausente	
Grasas y aceites	Remoción $\geq 80\%$ en carga	Remoción $\geq 80\%$ en carga
Sólidos suspendidos, domésticos o industriales	Remoción $\geq 50\%$ en carga	Remoción $\geq 80\%$ en carga
Demanda bioquímica de oxígeno:		
Para desechos domésticos	Remoción $\geq 30\%$ en carga	Remoción $\geq 80\%$ en carga
Para desechos industriales	Remoción $\geq 20\%$ en carga	Remoción $\geq 80\%$ en carga

## **ANEXO 3**

Resolución 0321 del 2009



CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA C.R.C

Permiso Definitivo de Vertimientos Alpina

RESOLUCION No. ( 03.01 )  
24 AGO 2009

"POR LA CUAL SE OTORGA UN PERMISO DEFINITIVO DE VERTIMIENTOS" a la empresa ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS S.A.

EL DIRECTOR GENERAL DE LA CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA CRC, en uso de las atribuciones legales conferidas en el Decreto Reglamentario No. 1594 de 1984, Ley 99 de 1993, Decreto Reglamentario 632 de 1994, Ley 9 de 1979, y

**CONSIDERANDO:**

**1. ANTECEDENTES**

El 12-06-09 mediante oficio radicado 004450 el señor HERNÁN RODRIGUEZ Gerente de Planta de Alpina Popayán, identificado con C.C 79'391.474 de Bogotá actuando como apoderado del representante legal de la empresa EMILIO ANTONIO ALVAREZ SANCHEZ identificado con C.C 79'333.079, solicita permiso de vertimientos de efluentes industriales al Río Cauca.

Junto a la solicitud el peticionario anexó el formulario único nacional, certificado de tradición del predio, certificado de existencia y representante legal en Cámara de Comercio de Bogotá, Certificado de matrícula de establecimiento en Cámara de Comercio del Cauca, poder conferido por representante legal, fotocopias de cédulas de ciudadanía del representante legal y apoderado, informe de monitoreo de vertimientos líquidos de 07 de mayo del 2009, plano de planta general del lote con red de alcantarillado, plano de PTAR, y carta catastral del predio urbano.

El día 18 de Noviembre del 2008, la Subdirección de Patrimonio de CRC efectuó contramuestreo de vertimientos obteniendo altas remociones de DBO y DQO, pero se registraron inconvenientes con SST.

El día 07 de mayo del 2009 la empresa realizó monitoreo de vertimientos y cuerpo receptor, encontrando adecuadas remociones.

El día 02 de Junio del 2009 la CRC realizó contra muestreo de vertimientos.

Carrera 7 No. 1N-2B Edificio Edgar Negret Tel. (092)8203232-8243040 Fax (092)8203251  
E -mail [crc@crc.gov.co](mailto:crc@crc.gov.co) - [www.crc.gov.co](http://www.crc.gov.co) Popayán, Colombia - Sudamérica



0321

24 AGO 2009

2

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA C.R.C.  
Permiso Definitivo de Vertimientos Alpina S.A

## 2 Proceso y caracterización de vertimientos.

Fecha : 14 de Noviembre del 2008 Defensa del Patrimonio CRC

Fecha	Entrada	Salida	%R
Q (Lps)	4.23	3.79	
DBO5 (mg/l)	331	21.8	
SST (mg/l)	60	47.5	
Jornada (hr)	24	24	
DBO (Kg/d)	121	7.14	94.1%
SST (Kg/d)	21.9	15.6	29.0%

De la caracterización se deduce que a esa fecha la empresa cumple con las eficiencias de remoción de cargas contaminantes en DBO, pero tiene baja eficiencia en remoción de sólidos.

Fecha : 07 de Mayo del 2009 Laboratorio : Análisis Ambiental

Fecha	Entrada	Salida	Río Cauca Antes	%R
pH	5.45 a 11.75	7.04 a 7.91	5.08 a 6.21	
T °C	27 a 30	20.1 a 21	15.1 a 16	
Q (Lps)	4.23	3.28		
DBO5 (mg/l)	575	27	< 2	
DQO (mg/l)	924	217	14	
SST (mg/l)	264	41	88	
G y A (mg/l)	262	43	30	
Jornada (hr)	24	24		
DBO (Kg/d)	210	7.6		96.4%
SST (Kg/d)	96.5	11.6		88.0%
G y A (Kg/d)	95.8	12.2		87.3%

De esta caracterización se deduce que la empresa cumple con las eficiencias de remoción de cargas contaminantes en DBO, DQO, SST, y G y A superiores al 85% cumpliendo ampliamente las normas de vertimientos.

En la Figura 1 se observa la gran capacidad de dilución que tiene el río Cauca respecto al efluente de Alpina en Popayán. Se observa que el impacto sobre la calidad del agua del Río Cauca es casi imperceptible, dado que después de la mezcla se mantienen invariables las concentraciones.



03.01

24 AGO 2009

3



**CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA C.R.C**  
 Permiso Definitivo de Vertimientos Alpina S.A

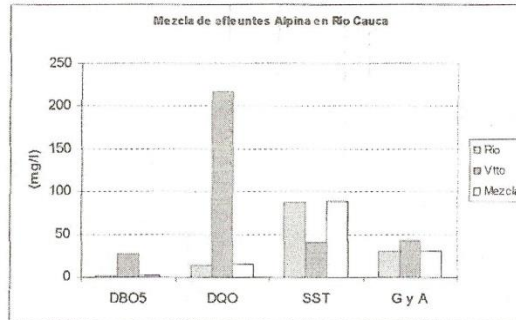


Figura 1 Vertido de efluentes de Alpina sobre el Río Cauca.

Fecha: 02 de Julio del 2009 Laboratorio :CRC

Fecha	Entrada	Salida	%R
pH	9.7 a 12.4	7.9 a 7.6	
T °C	27 a 29.9	24.1 a 24.9	
Q (Lps)	3.73	3.13	
DBO5 (mg/l)	642	190	
DQO (mg/l)	1.306	388	
SST (mg/l)	220	66.7	
G y A (mg/l)	175	< 5	
Jornada (hr)	24	24	
DBO (Kg/d)	207	51.4	75.2%
SST (Kg/d)	70.9	18.0	74.6%
G y A (Kg/d)	56.4	< 1.08	> 98.0%

Se observa que para esta fecha las eficiencias de DBO y SST dieron del orden del 75% ligeramente por debajo de la norma. Sin embargo, es importante considerar que en el punto de entrada que siempre se monitorea correspondiente a la entrada al reactor aeróbico, no se están considerando las remociones en las estructuras de tratamiento primario y preliminar que existen antes del reactor, por tanto las remociones de carga se esperan siempre superiores al valor reportados por el informe de monitoreo.

**CONCEPTO TECNICO:**

De acuerdo con el Decreto 1220 del 2005, la empresa no requieren licencia ambiental. Se conceptúa que es viable otorgar el PERMISO DE VERTIMIENTOS DEFINITIVO por CINCO AÑOS para permitir las descargas de los vertimientos líquidos a generarse en el sistema de tratamiento de

0301

24 AGO 2009



**CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA C.R.C**  
Permiso Definitivo de Vertimientos Alpina S.A.

efluentes industriales de ALPINA S.A Planta Popayán ubicada en Cra 6 48 N -00 en el Puente Viejo de Cauca.

El manejo de las aguas residuales de lavados se diseñó para un caudal de 3,3 Lps con las siguientes unidades:

- (1) Trampa de grasas interna
- (1) Estructura de separación con rejilla
- (1) Tanque regulación y pozo de succión
- (1) Reactor Aeróbico de 7.90 x 7.90 x 3.60 mts.
- (1) Clarificador Secundario de 4.15 x 8.0 mts.
- (6) Lechos de secado de lodos de 4.75 x 4.75 mts.

Las aguas residuales doméstica se conectan directamente al alcantarillado municipal.

#### **FUNDAMENTOS JURIDICOS:**

Que dentro de las consideraciones jurídicas aplicables al caso particular, este despacho se fundamenta en las disposiciones de orden constitucional, legal reglamentario, para la adopción de las decisiones que en este acto administrativo se toman.

Que la Constitución Nacional consagrada en el artículo 79, el derecho de todas las personas a de un buen ambiente sano, y a la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarla. Igualmente establece para el Estado entre otros el deber de proteger la diversidad e integridad del ambiente.

Que el Artículo 80 del mismo ordenamiento superior, dispone para el Estado la obligación de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, de conservación, restauración y sustitución.

Que el artículo 211 del Decreto 1541 de 1974, por el cual se establece los siguientes: Se prohíbe verte. Sin tratamiento, residuos sólidos, líquidos o gaseosos, que puedan contaminar o eutroficar las aguas, causar daño o poner en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora o fauna, o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos.

124 AGO 2009

5



**CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA C.R.C**

Permiso Definitivo de Vertimientos Alpina S.A

El grado de tratamiento para cada tipo de vertimientos dependerá de la destinación de los tramos o cuerpos de aguas, de los efectos para la salud y de las implicaciones ecológicas y económicas.

Que el artículo 3° del Decreto 3100 de 2003, establece lo siguiente:

**“ARTICULO 3° DEL COBRO DE LA TASA RETIBUTIVA.** (Artículo modificado por el artículo 1 del Decreto 3440 de 2004. El nuevo texto es el siguiente): Las Autoridades Ambientales Competentes cobrarán la tasa retribuida, por los vertimientos puntuales realizados a los cuerpos de agua de su jurisdicción, de acuerdo a los planes de ordenamiento del Recurso establecidos en el Decreto 1594 de 1984 o en aquellas normas que lo modifique o sustituyan.

Que hechas las anteriores consideraciones de orden jurídico y acogiendo lo recomendado en el informe Técnico No N. 150-02-01 - 006372 de julio 08 de 2009, emitido por esta Corporación, este Despacho considera que es necesario otorgar el permiso de vertimientos Definitivo al solicitante.

Por lo anteriormente expuesto;

**RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO: OTORGAR PERMISO DE VERTIMIENTOS DEFINITIVO** a la empresa **ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS S.A.**, con NIT N° 0860025900-2 representado en la actualidad por el señor **EMILIO ANTONIO ALVAREZ SANCHEZ** para **PERMITIR** las descargas de los vertimientos líquidos generadas en el sistema de tratamiento de efluentes industriales de **ALPINA S.A.**, Planta Popayán, ubicada en la carrera 6 No 48N-00 Puente Viejo de Cauca.

**ARTICULO SEGUNDO:** El permisionario deberá cumplir con las siguientes **OBLIGACIONES:**

1-Se requiere adecuar la estructura de separación para facilitar el mantenimiento y retiro continuo de sólidos gruesos.

2- Para efectos de monitoreo, es necesario acondicionar la estructura de separación existente o implementar una nueva caja de aforo y muestreos antes de la entrada al tanque de regulación.

Handwritten notes and signatures on the right side of the page, including a large signature and the number '102200'.

03.11 24 AGO 2009

6



CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA C.R.C  
Permiso Definitivo de Vertimientos Alpina S.A

- 3- Instalar baffes o tabiques adicionales para mejorar la remoción de sólidos suspendidos a la salida del clarificador secundario.
- 4- Mantener un operario calificado para las labores de operación y mantenimiento de las unidades de control de vertimientos.
- 5- La eficiencia de los sistemas de tratamiento debe ser como mínimo del 85% en términos de DBO, SST, G y A.
- 6- Presentar informe de caracterización de vertimientos con frecuencia semestral, reportando cargas contaminantes y eficiencias de remoción.
- 7- Las jornadas de muestreo deben ser mínimo de ocho (8) horas conformando alícuotas cada 15 minutos y proporcionales al caudal.
- 8- Los parámetros a analizar son Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5, Demanda Química de Oxígeno DQO, Sólidos Suspendidos Totales SST, Sólidos Sedimentables SSd, Grasas y Aceites G y A, pH, Temperatura T, y caudal Q.
- 9- Tramitar renovación del permiso de vertimientos antes de culminar la vigencia de este permiso.
- 10- Cancelar a la CRC la suma de \$ 227.000, por concepto de visita y permiso de vertimientos, según Tarifas vigentes para el 2009.

**ARTICULO TERCERO:** El presente permiso se concede por el término de CINCO (5) años contados a partir de la ejecutoria de la presente resolución.

**ARTICULO CUARTO:** Con el objeto de verificar, evaluar y vigilar el cumplimiento de las obligaciones impuestas, la CRC, efectuará inspecciones periódicas al sitio. La oposición por parte de los usuarios a las inspecciones, o el incumplimiento de las obligaciones dará lugar a la aplicación de las sanciones legales pertinentes.

**ARTICULO QUINTO:** El presente Acto Administrativo deberá Notificarse al señor **EMILIO ANTONIO ALVAREZ SANCHEZ**, Representante Legal de la Empresa **ALPINA PRODUCTOS ALIMETICIOS S.A** o a su apoderado, en los términos del artículo 71 de la Ley 99 de 1993 en concordancia con los artículos 44 y 45 del Código Contencioso Administrativo, en forma personal.

*Handwritten mark*

*Handwritten marks*

Carrera 7 No. 1N-28 Edificio Edgar Negret Tel. (092)8203232-8243040 Fax (092)8203251  
E -mail [crc@crc.gov.co](mailto:crc@crc.gov.co) - www.crc.gov.co Popayán, Colombia - Sudamérica

6



03.11 24 AGO 2009 7  
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA C.R.C

Permiso Definitivo de Vertimientos Alpina S.A

o en su defecto por edicto fijado después de la citación, por un término de diez (10) días hábiles, en lugar público de la sede de la Corporación Autónoma Regional Cauca CRC.

**ARTICULO SEXTO:** Contra el presente acto administrativo procede, por vía gubernativa ante el Director General el recurso de reposición el cual podrá interponerse dentro de los Cinco (5) días siguientes a la diligencia de notificación personal a la desfijación del edicto si a ello hubiere lugar y con plena observancia de los requisitos que establece los artículos 51 y 52 del Decreto 01 de 1984 (Código Contencioso Administrativo).

**ARTICULO SEPTIMO:** De conformidad con lo establecido en el artículo 71 de la ley 99/93, el artículo 45 del C.C.A. y el artículo 33 del Decreto 1791 de 1996; este acto debe publicarse en el Boletín Oficial de la CRC, por una sola vez y a costa de la parte interesada, previa cancelación de la publicación en la cuenta corriente N. 86800097000 del Banco de Colombia por valor de **\$ 67.620**

**ARTICULO OCTAVO:** Remítase copia de la presente resolución a la Subdirección de Patrimonio Ambiental para su seguimiento y control, a la Subdirección de Gestión Ambiental, al expediente y al interesado.

**NOTIFÍQUESE, PUBLÍQUESE Y CUMPLASE**

Dada en Popayán, a los

24 AGO 2009

**JESUS HERNAN GUEVARA**  
Director General CRC

Elaboro: Astrid Viveros  
Proyecto: Dra. Yamilia Vivas 13/Agosto/09  
Reviso: Blanca Chavez, Carlos Cajus y Jair Saavedra.

## **ANEXO 4**

Ficha técnica floculante TRAFLOC 8296

## FICHA TÉCNICA



Tratamientos Químicos Industriales  
Soluciones Ambientales Confiables

## TRAFLOC 8296

### DESCRIPCIÓN

EL TRAFLOC 8296 es un floculante de carga catiónica media-alta para ser utilizado en procesos de clarificación de agua y deshidratación de lodos.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Apariencia	Polvo blanco granular
Sólidos totales %	>=90
Acrilamida residual	0.1 % max.
Viscosidad estándar	3.0 – 3.8 Cp
% de carga	35

### APLICACIONES Y GUÍA DE USO

EL TRAFLOC 8296 es un floculante con efectivo carácter poli electrolítico, el cual puede ser usado como un coagulante o ayudante de drenaje.

### NIVELES DE TRATAMIENTO

- Clarificación de lodos industriales y aguas municipales 1 – 25 lb/ton.
- Flotación de lodos y papeles finos 2-25 lb/ton
- Adelgazamiento de lodos municipales e industriales 0.5-25 lb/ton.
- Acondicionante de filtración en el proceso de deshidratación de lodos digeridos primarios en plantas de efluentes municipales 2 a 6 lb/ton. De materia seca.
- Clarificación de aguas residuales primarias y secundarias 0.5 – 20 ppm

### APLICACIÓN

Una solución madre de TRAFLOC 8296 puede ser introducida al sistema haciendo uso de una bomba de desplazamiento positivo y diluido en proporciones al menos de 10:1 con agua limpia para ser alimentada al sistema. Se debe evitar bombas centrífugas en la transferencia de polímeros

### MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Las soluciones de TRAFLOC 8296 no son mas corrosivas que el agua y los materiales recomendados para la construcción de recipientes incluyen el acero inox. La fibra de vidrio, el plástico, recubrimientos epoxicos o de vidrio. No utilice hierro, cobre ni aluminio, los derrames de polímero son muy escurridizos y se deben recoger por absorción en un material inerte antes de lavar con agua.

La vida útil de estos productos es de 12 meses cuando se almacenan en paquetes sin abrir, en atmósfera seca y a temperatura no superior a los 40 °C

### PRESENTACIÓN

Sacos por 25 Kg netos

### SERVICIO AL CLIENTE

Si usted requiere información adicional o asistencia técnica, comuníquese con nosotros al 6812320 – 316 445 16 57 o a nuestro e-mail: [info@tratamientosquimicosindustriales.com](mailto:info@tratamientosquimicosindustriales.com) o con nuestro representante más cercano.

Dirección: Calle 52 No 4N - 73  
Tel. (57 2) 681 23 20 / Fax: (57 2) 682 82 85  
Cel. (57) 316 445 1657- (57) 321 8118283  
E-mail: [info@tratamientosquimicosindustriales.com](mailto:info@tratamientosquimicosindustriales.com)  
Cali - Colombia

## **ANEXO 5**

Datos recolectados durante el monitoreo



Los datos que aparecen en color rojo, fueron descartados mediante chequeo estadístico no hacen parte del análisis estadístico.

**Cuadro 11.** Datos recolectados durante el monitoreo, para eficiencias de remoción y parámetros operacionales

DBO <sub>5</sub> Afluente mg/L O <sub>2</sub>	DBO <sub>5</sub> Efluente mg/L O <sub>2</sub>	DQO Afluente mg/L O <sub>2</sub>	DQO Efluente	SST Afluente mg/L	SST Efluente mg/L	SSVLM mg/L	SSVLR mg/L	SSTLM mg/L
616,7	8,3	1,700	294	255	65	3,060	5,840	3,330
980	83,3	2,300	430	610	200	3,070	5,160	3,450
124,7	18,7	1,000	113	165	65	2,950	3,830	3,240
803,33	21	2,800	222	415	80	2,670	4,170	2,920
1213,3	6,2	4,900	100	1,310	40	2,410	3,090	2,690
893,3	67	2,400	604	460	60	2,830	5,100	3,150
1203	77,3	5,000	191	785	95	2,030	3,320	2,230
750	22,3	1,300	100	175	50	2,630	7,060	2,890
786	19,33	3,600	100	335	70	3,260	5,490	3,670
546	95,6	2,900	299	625	90	3,330	4,840	3,730
900	363	3,900	867	530,54	155,8	4,670	7,410	4,830
656	55	2,800	100	410	55	4,600	5,250	5,320

**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro 12.** Datos recolectados oxígeno disuelto

		<b>Oxígeno disuelto mg/L O<sub>2</sub></b>		
FECHA	HORA	FONDO	MEDIO	SUPERFICIE
22/11/12	8:00	0,16	1,16	1,63
22/11/12	9:00	0,13	1,6	1,66
22/11/12	10:00	0,09	1,1	1,7
22/11/12	11:00	0,45	1,49	2,3
22/11/12	12:00	0,08	1,08	1,1
22/11/12	13:00	0,07	0,7	1,2
29/11/12	9:00	0,08	2,12	2,3
29/11/12	10:00	0,06	2,05	2,25
29/11/12	11:00	0,04	1,62	1,79
29/11/12	12:00	0,11	1,6	1,85
29/11/12	13:00	0,09	0,28	1,37
29/11/12	14:00	0,03	0,36	0,89
06/12/12	13:00	0,07	0,18	1,11
06/12/12	14:00	0,08	0,91	0,89
06/12/12	15:00	0,09	1,37	1,5
06/12/12	16:00	0,08	0,8	1,07
06/12/12	17:00	0,05	1,05	1,27
06/12/12	18:00	0,08	1,36	1,3
13/12/12	6:30	0,12	0,84	1,97
13/12/12	7:30	0,64	1,25	2,22
13/12/12	8:30	0,49	1,64	2,29
13/12/12	9:30	0,74	1,01	0,75
13/12/12	10:30	0,36	0,82	1,13
13/12/12	11:30	0,3	0,68	1,26
20/12/12	10:00	0,4	2,17	2,17
20/12/12	11:00	0,08	1,8	0,98

**Continuación cuadro 12**

20/12/12	12:00	0,06	0,64	0,84
20/12/12	13:00	0,07	0,8	0,98
20/12/12	14:00	0,08	0,71	1,04
20/12/12	15:00	0,07	0,6	0,8
27/12/12	7:00	0,11	3,11	3,31
27/12/12	8:00	0,84	2,18	2,22
27/12/12	9:00	0,07	1,65	1,69
27/12/12	10:00	0,4	1,66	1,46
27/12/12	11:00	0,06	0,64	0,68
27/12/12	12:00	0,44	0,64	0,8
09/01/13	11:00	0,4	2,45	2,17
09/01/13	12:00	0,08	1,8	0,98
09/01/13	13:00	0,08	0,64	0,84
09/01/13	14:00	0,06	0,8	0,98
09/01/13	15:00	0,07	0,71	1,04
09/01/13	16:00	0,06	0,7	0,99
16/01/13	6:00	0,11	1,24	1,27
16/01/13	7:00	0,03	1,01	1,22
16/01/13	8:00	0,72	1,15	1,4
16/01/13	9:00	0,04	0,93	1,36
16/01/13	10:00	0,07	0,92	1,15
16/01/13	11:00	0,03	0,71	1,36
24/01/13	12:00	0,01	2,66	0,58
24/01/13	13:00	0,05	3	2
24/01/13	14:00	0,04	0,28	3
24/01/13	15:00	0,07	1,98	2,35
24/01/13	16:00	0,03	3	2,15
24/01/13	17:00	0,03	1,7	2,2
30/01/13	6:00	0,06	3,58	2,25
30/01/13	7:00	0,07	2,38	2,7
30/01/13	8:00	0,05	2,46	2

**Continuación cuadro 12**

30/01/13	9:00	0,03	2,5	2,18
30/01/13	10:00	0,06	2,68	2,7
30/01/13	11:00	0,04	2,4	2
08/02/13	13:00	0,04	0,86	0,73
08/02/13	14:00	0,03	1,27	0,82
08/02/13	15:00	0,03	1,56	0,56
08/02/13	16:00	0,03	0,48	0,44
08/02/13	17:00	0,02	1,01	0,56
08/02/13	18:00	0,03	1,2	0,7
14/02/13	9:00	0,05	0,5	0,6
14/02/13	10:00	0,02	1,98	0,53
14/02/13	11:00	0,02	0,4	0,72
14/02/13	12:00	0,04	0,8	0,43
14/02/13	13:00	0,04	0,43	1,73
14/02/13	14:00	0,04	0,9	0,77

**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro 13.** Datos recolectados de caudal

<b>Caudal afluente m<sup>3</sup>/d</b>	<b>Caudal lodo dispuesto m<sup>3</sup>/d</b>
190	213,4
156	249,69
171	378,43
168,3	353,4
120	330,04
138	263,52
101	274,75
183	269,56
135	271,29

124	355,96
120	349,92
192	

**Cuadro 14.** Datos de pH

Fecha	Hora	pH afluente	pH reactor	pH efluente
22/11/2012	6:00	12	9	7,9
22/11/2012	6:15	12,1		7,8
22/11/2012	6:30	12,2	9	7,8
22/11/2012	6:45	12		7,8
22/11/2012	7:00	12		7,9
22/11/2012	7:15	12		8,0
22/11/2012	7:30	12	9	8,0
22/11/2012	7:45	12,1		7,8
22/11/2012	8:00	12,1		7,8
22/11/2012	8:15	12,2		7,9
22/11/2012	8:30	12,2	9	8,0
22/11/2012	8:45	12,2		8,0
22/11/2012	9:00	12,1		8,1
22/11/2012	9:15	12,1		8,3
22/11/2012	9:30	12,1	9	8,3
22/11/2012	9:45	12,3		8,5
22/11/2012	10:00	12,1		8,5
22/11/2012	10:15	12,1		8,5
22/11/2012	10:30	12,1		8,5
22/11/2012	10:45	12,1		8,5
22/11/2012	11:00	12,1	8,9	8,5
22/11/2012	11:15	12		8,5
22/11/2012	11:30	12		8,5
22/11/2012	11:45	12		8,5
22/11/2012	12:00	12		8,5

<b>Continuación cuadro 14</b>				
22/11/2012	12:15	12		8,5
22/11/2012	12:30	11,5		8,5
22/11/2012	12:45	11,5	8,8	8,5
22/11/2012	13:00	11,5		8,5
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
22/11/2012	13:15	11,5		8,4
22/11/2012	13:30	11,4		8,4
22/11/2012	13:45	11,3		8,5
22/11/2012	14:00	11,3		8,3
<b>Los Datos de la fecha 29/11/2012, fueron utilizados en las gráficas 8 y 9</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
29/11/2012	6:00	12		8,1
29/11/2012	6:15	12		8,1
29/11/2012	6:30	12	8,9	8,1
29/11/2012	6:45	12,1		8
29/11/2012	7:00	12,1	9	8
29/11/2012	7:15	12,1		8
29/11/2012	7:30	12,1		8
29/11/2012	7:45	12,2		8
29/11/2012	8:00	12,2	9	7,9
29/11/2012	8:15	12,2		8,1
29/11/2012	8:30	12,2		8,1
29/11/2012	8:45	12,2		8,1
29/11/2012	9:00	12,3	9	8,1
29/11/2012	9:15	12,2		8,2
29/11/2012	9:30	12,2		8,3
29/11/2012	9:45	12,1		8,3
29/11/2012	10:00	12,1	9	8,4
29/11/2012	10:15	12		8,4
29/11/2012	10:30	12		8,4

<b>Continuación cuadro 14</b>				
29/11/2012	10:45	12		8,4
29/11/2012	11:00	11,9		8,6
29/11/2012	11:15	11,9		8,7
29/11/2012	11:30	11,9	8,9	8,7
29/11/2012	11:45	11,8		8,7
29/11/2012	12:00	11,7		8,8
29/11/2012	12:15	11,7		8,8
29/11/2012	12:30	11,7		8,8
29/11/2012	12:45	11,7		8,8
29/11/2012	13:00	11,7		8,7
29/11/2012	13:15	11,7	8,9	8,7
29/11/2012	13:30	11,7		8,7
29/11/2012	13:45	11,7		8,7
29/11/2012	14:00	11,7		8,7
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
06/12/12	6:00	11,7	8,5	8,1
06/12/12	6:15	11,8		8,1
06/12/12	6:30	11,8		8,2
06/12/12	6:45	11,8		8,2
06/12/12	7:00	11,8	8,5	8,2
06/12/12	7:15	11,8		8,2
06/12/12	7:30	11,7		8,1
06/12/12	7:45	11,8		8,2
06/12/12	8:00	11,7		8,3
06/12/12	8:15	11,7	8,6	8,3
06/12/12	8:30	11,8		8,3
06/12/12	8:45	11,5		8,3
06/12/12	9:00	11,5		8,3
06/12/12	9:15	11,4		8,3
06/12/12	9:30	11,4		8,4
06/12/12	9:45	11,4	8,5	8,4

<b>Continuación cuadro 14</b>				
06/12/12	10:00	11,4		8,4
06/12/12	10:15	11,4		8,4
06/12/12	10:30	11,4		8,4
06/12/12	10:45	11,4		8,4
06/12/12	11:00	11,5	8,4	8,4
06/12/12	11:15	11,5		8,4
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
06/12/12	11:30	11,5		8,3
06/12/12	11:45	11	8,4	8,2
06/12/12	12:00	10,6		8,2
06/12/12	12:15	10,4		8,2
06/12/12	12:30	10,4		8,2
06/12/12	12:45	10,4		8,2
06/12/12	13:00	10,4		8,2
06/12/12	13:15	10,4	8,4	8,2
06/12/12	13:30	10,3		8,2
06/12/12	13:45	10,3		8,2
06/12/12	14:00	10,3		8,2
<b>Los Datos de la fecha 13/12/2012 , fueron utilizados en las gráficas 8 y 9</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
13/12/12	6:00	10,8		8,2
13/12/12	6:15	10,8	8,5	8,1
13/12/12	6:30	10,8		8,2
13/12/12	6:45	10,8		8,3
13/12/12	7:00	10,8		8,3
13/12/12	7:15	10,8	8,4	8,3
13/12/12	7:30	10,8		8,3
13/12/12	7:45	10,8		8,3
13/12/12	8:00	10,8		8,3
13/12/12	8:15	10,8		8,4



<b>Continuación cuadro 14</b>				
13/12/12	8:30	11,6	8,6	8,4
13/12/12	8:45	11,6		8,4
13/12/12	9:00	11,6		8,4
13/12/12	9:15	11,3		8,4
13/12/12	9:30	11,3		8,4
13/12/12	9:45	11,2		8,4
13/12/12	10:00	11,2	8,5	8,4
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
13/12/12	10:15	10,9		8,3
13/12/12	10:30	10,5		8,3
13/12/12	10:45	11,1		8,3
13/12/12	11:00	11		8,2
13/12/12	11:15	10,9		8,2
13/12/12	11:30	10,8		8,2
13/12/12	11:45	10,7		8,2
13/12/12	12:00	10,7	8,4	8,3
13/12/12	12:15	10,7		8,3
13/12/12	12:30	2,4		8,3
13/12/12	12:45	2,5		8,2
13/12/12	13:00	2,5		8,2
13/12/12	13:15	2,7	7,6	8,2
13/12/12	13:30	2,5		8
13/12/12	13:45	2,5		8
13/12/12	14:00	2,6	7	8
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
20/12/12	6:00	11	8,1	8,5
20/12/12	6:15	10,8		8,5
20/12/12	6:30	10,8		8,4
20/12/12	6:45	10,5		8,4
20/12/12	7:00	10,5	8	8,3
20/12/12	7:15	10,3		8,3

<b>Continuación cuadro 14</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
20/12/12	7:30	10,3		8,3
20/12/12	7:45	10,1		8
20/12/12	8:00	9,8	8	8
20/12/12	8:15	9,6		8
20/12/12	8:30	8,3		8,1
20/12/12	8:45	8,3		8,1
20/12/12	9:00	8,3	8	8,1
20/12/12	9:15	8,3		8,1
20/12/12	9:30	8,3	8,3	8,1
20/12/12	9:45	8,3		8,2
20/12/12	10:00	8,3		8,2
20/12/12	10:15	8,6		8,1
20/12/12	10:30	8,6		8,1
20/12/12	10:45	8,7		8,1
20/12/12	11:00	8,6	8,4	8,1
20/12/12	11:15	8,6		8,1
20/12/12	11:30	8,6		8,1
20/12/12	11:45	8,6		8,1
20/12/12	12:00	11,5		8,2
20/12/12	12:15	11,7		8,1
20/12/12	12:30	11,7		8,1
20/12/12	12:45	11,8		8,1
20/12/12	13:00	11,8		8,1
20/12/12	13:15	11,6		8,1
20/12/12	13:17	11,6	8,5	8,1
20/12/12	13:20	11,5		8,1
20/12/12	13:30	11,5		8,1
20/12/12	13:45	11,4		8,1
20/12/12	14:00	11,4		8

<b>Continuación cuadro 14</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
27/12/12	6:00	11,5	8,6	8,5
27/12/12	6:15	11,5		8,5
27/12/12	6:30	11,5		8,5
27/12/12	6:45	11,5	8,5	8,4
27/12/12	7:00	11,5		8,4
27/12/12	7:15	11,5		8,4
27/12/12	7:30	11,5		8,4
27/12/12	7:45	11,6	8,5	8,4
27/12/12	8:00	11,6		8,4
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
27/12/12	8:15	11,6		8,4
27/12/12	8:30	11,8	8,6	8,4
27/12/12	8:45	11,8		8,5
27/12/12	9:00	11,8		8,5
27/12/12	9:15	11,8		8,5
27/12/12	9:30	11,8		8,5
27/12/12	9:45	12		8,4
27/12/12	10:00	12	8,7	8,4
27/12/12	10:15	11,9		8,3
27/12/12	10:30	11,9		8,3
27/12/12	10:45	11,7		8,4
27/12/12	11:00	11,8		8,4
27/12/12	11:15	11,8		8,5
27/12/12	11:30	11,8		8,5
27/12/12	11:45	11,6		8,5
27/12/12	12:00	11,6		8,2
27/12/12	12:15	11,6	8,7	8,2
27/12/12	12:30	11,6		8,2
27/12/12	12:45	11,5		8,2
27/12/12	13:00	1,5		8,2

<b>Continuación cuadro 14</b>				
27/12/12	13:15	11,3		8,3
27/12/12	13:17	11,3		8,3
27/12/12	13:20	11,3		8,3
27/12/12	13:30	11		8,3
27/12/12	13:45	11		8,3
27/12/12	14:00	11	8,5	8,4
<b>Los Datos de la fecha 09/01/2013 , fueron utilizados en las gráficas 8 y 9</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
09/01/2013	6:00	10,5		9,3
09/01/2013	6:15	11,8		9,3
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
09/01/2013	6:30	11,8	9,1	9,3
09/01/2013	6:45	11,8		9,3
09/01/2013	7:00	11,8		9,3
09/01/2013	7:15	11,8		9,3
09/01/2013	7:30	11,8		9,3
09/01/2013	7:45	11,8	9,1	9,3
09/01/2013	8:00	11,8		9,3
09/01/2013	8:15	11,8		9,3
09/01/2013	8:30	11,9		9,3
09/01/2013	8:45	11,9	9,1	9,3
09/01/2013	9:00	11,7		9,2
09/01/2013	9:15	11,7		9,2
09/01/2013	9:30	11,7		9,2
09/01/2013	9:45	11,7	9,1	9,2
09/01/2013	10:00	11,8		9,3
09/01/2013	10:15	12		9,3
09/01/2013	10:30	12		9,3
09/01/2013	10:45	12		9,3
09/01/2013	11:00	12	9,2	9,3

<b>Continuación cuadro 14</b>				
09/01/2013	11:15	12		9,3
09/01/2013	11:30	11,9		9,3
09/01/2013	11:45	11,9		9,3
09/01/2013	12:00	11,9	9,2	9,3
09/01/2013	12:15	11,7		9,3
09/01/2013	12:30	11,7		9,3
09/01/2013	12:45	11,7		9,3
09/01/2013	13:00	11,4		9,3
09/01/2013	13:15	11,4		9,3
09/01/2013	13:30	11,4	9	9,3
09/01/2013	13:45	11,4		9,3
09/01/2013	14:00	11,4		9,3
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
16/01/2013	6:00	10,9	8,3	8,5
16/01/2013	6:15	10,9		8,5
16/01/2013	6:30	10,9		8,5
16/01/2013	6:45	10,9		8,5
16/01/2013	7:00	10,9	8,9	8,4
16/01/2013	7:15	10,9		8,4
16/01/2013	7:30	10,9		8,3
16/01/2013	7:45	10,9		8,3
16/01/2013	8:00	10,9		8,3
16/01/2013	8:15	11	9	8,3
16/01/2013	8:30	11,1		8,3
16/01/2013	8:45	10,6		8,3
16/01/2013	9:00	10,3		8,3
16/01/2013	9:15	9,9		8,3
16/01/2013	9:30	10,8		8,2
16/01/2013	9:45	11,5		8,1
16/01/2013	10:00	11,9		8,1
16/01/2013	10:15	12		8,2

<b>Continuación cuadro 14</b>				
16/01/2013	10:30	12	9	8,2
16/01/2013	10:45	11,9		8,2
16/01/2013	11:00	11,9		8,3
16/01/2013	11:15	11,6		8,4
16/01/2013	11:30	6,9		8,4
16/01/2013	11:45	6,9		8,4
16/01/2013	12:00	2,9		8,4
16/01/2013	12:15	3,1	8,2	8,4
16/01/2013	12:30	3,2		8,5
16/01/2013	12:45	3,5		8,5
16/01/2013	13:00	3,8		8,5
16/01/2013	13:15	3,8		8,5
16/01/2013	13:30	3,8	8	8,4
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
16/01/2013	13:45	3,8		8,4
16/01/2013	14:00	3,9	8,3	8,4
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
24/01/13	6:00	10	8,3	8,1
24/01/13	6:15	10,1		8,1
24/01/13	6:30	10		8,1
24/01/13	6:45	11,4	8,3	8,1
24/01/13	7:00	11,4		8,1
24/01/13	7:15	11,6		8,1
24/01/13	7:30	11,6		8,1
24/01/13	7:45	11,5		8,1
24/01/13	8:00	11,5		8,2
24/01/13	8:15	11,5		8,2
24/01/13	8:30	11,5	8,4	8,2
24/01/13	8:45	11,5		8,2
24/01/13	9:00	11,5		8,1
24/01/13	9:15	11,5		8,2

<b>Continuación cuadro 14</b>				
24/01/13	9:30	11,5		8,2
24/01/13	9:45	11,5		8,2
24/01/13	10:00	11,5	8,4	8,2
24/01/13	10:15	11,4		8,2
24/01/13	10:30	11,4		8,2
24/01/13	10:45	11,3		8,3
24/01/13	11:00	11,3		8,3
24/01/13	11:15	11,5		8,4
24/01/13	11:30	11,5		8,4
24/01/13	11:45	11,4		8,2
24/01/13	12:00	11,4	8,2	8,2
24/01/13	12:15	11,4		8,2
24/01/13	12:30	11,2		8,2
24/01/13	12:45	11,2		8,2
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
24/01/13	13:00	11,2	8,1	8,2
24/01/13	13:15	11,2		8,2
24/01/13	13:30	11		8,2
24/01/13	13:45	11		8,2
24/01/13	14:00	11	8,1	8,2
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
30/01/2013	7:00	12	9,1	8,5
30/01/2013	7:15	12		8,5
30/01/2013	7:30	12,2		8,5
30/01/2013	7:45	12,2	9	8,5
30/01/2013	8:00	12,2		8,5
30/01/2013	8:15	11,5		8,5
30/01/2013	8:30	11,5		8,5
30/01/2013	8:45	11,4	9	8,8
30/01/2013	9:00	11,4		8,8
30/01/2013	9:15	11,4		8,7

<b>Continuación cuadro 14</b>				
30/01/2013	9:30	11,4		8,7
30/01/2013	9:45	11,4		8,7
30/01/2013	10:00	11,4	9	8,9
30/01/2013	10:15	11,4		8,9
30/01/2013	10:30	11,4		8,9
30/01/2013	10:45	11,3		8,9
30/01/2013	11:00	11,3		8,9
30/01/2013	11:15	11,3		8,9
30/01/2013	11:30	11,2	8,9	8,8
30/01/2013	11:45	11,2		8,8
30/01/2013	12:00	11,2		8,8
30/01/2013	12:15	11,2		8,7
30/01/2013	12:30	11		8,7
30/01/2013	12:45	11	8,9	8,7
30/01/2013	13:00	11		8,7
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
30/01/2013	13:15	10,9		8,7
30/01/2013	13:30	10,9		8,7
30/01/2013	13:45	10,9		8,7
30/01/2013	14:00	10,9	8,5	8,6
30/01/2013	14:15	10,9		8,6
30/01/2013	14:30	10,9		8,6
30/01/2013	14:45	10,9		8,6
30/01/2013	15:00	10,9		8,6
<b>Los Datos de la fecha 08/02/2013 , fueron utilizados en las gráficas 8 y 9</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
08/02/2013	6:00	9,6	8,1	7,8
08/02/2013	6:15	9,6		7,8
08/02/2013	6:30	9,6		7,8
08/02/2013	6:45	9,6		7,9
08/02/2013	7:00	9,6		8



<b>Continuación cuadro 14</b>				
08/02/2013	7:15	9,6		7,9
08/02/2013	7:30	9,6		7,9
08/02/2013	7:45	10,7		7,9
08/02/2013	8:00	10,8	8,3	7,9
08/02/2013	8:15	10,6		7,9
08/02/2013	8:30	10,6		8,1
08/02/2013	8:45	12		8,1
08/02/2013	9:00	12		8,1
08/02/2013	9:15	12	8,5	8,1
08/02/2013	9:30	12		8,1
08/02/2013	9:45	9,3		8,1
08/02/2013	10:00	9,3	8,5	8,1
08/02/2013	10:15	9,3		8,1
08/02/2013	10:30	8,3		8,1
08/02/2013	10:45	8,3		8,1
08/02/2013	11:00	8,3	8,1	8,1
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
08/02/2013	11:15	10,1		8,1
08/02/2013	11:30	10,1		7,9
08/02/2013	11:45	10,1		8
08/02/2013	12:00	10,1		8
08/02/2013	12:15	10,8	8,1	7,9
08/02/2013	12:30	10,8		7,9
08/02/2013	12:45	10,8		7,9
08/02/2013	13:00	10,7		7,9
08/02/2013	13:15	10,7		7,9
08/02/2013	13:30	10,7	8,2	7,9
08/02/2013	13:45	10,7		7,9
08/02/2013	14:00	10,7		7,9
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>pH afluente</b>	<b>pH reactor</b>	<b>pH efluente</b>
14/02/2013	7:00	10,6	7,9	7,8

<b>Continuación cuadro 14</b>				
14/02/2013	7:15	10,6		7,8
14/02/2013	7:30	10,6		7,8
14/02/2013	7:45	10,6	7,9	7,8
14/02/2013	8:00	10,6		7,8
14/02/2013	8:15	10,6		7,8
14/02/2013	8:30	10,6		7,9
14/02/2013	8:45	10,9		7,9
14/02/2013	9:00	10,9	8	7,8
14/02/2013	9:15	10,8		7,7
14/02/2013	9:30	10,8		7,7
14/02/2013	9:45	10,7		7,8
14/02/2013	10:00	10,7		7,8
14/02/2013	10:15	10,7	7,9	7,8
14/02/2013	10:30	11		7,7
14/02/2013	10:45	11		7,7
14/02/2013	11:00	11		7,7
14/02/2013	11:15	11,1		7,7
14/02/2013	11:30	11,1	7,9	7,8
14/02/2013	11:45	11,1		7,8
14/02/2013	12:00	11,1		8
14/02/2013	12:15	11		8
14/02/2013	12:30	11		8
14/02/2013	12:45	11	8	7,9
14/02/2013	13:00	11,3		8
14/02/2013	13:15	11,3		8
14/02/2013	13:30	11,2		8
14/02/2013	13:45	11,2		8
14/02/2013	14:00	11,2		8
14/02/2013	14:15	11,2	8,1	8
14/02/2013	14:30	11		8

<b>Continuación cuadro 14</b>				
14/02/2013	14:45	11		8
14/02/2013	15:00	11		8,1

**Fuente:** Elaboración propia

## **ANEXO 6**

Cálculos de chequeo estadístico

## DATOS DE CAJAS ESQUEMÁTICAS

**Cuadro 15.** Caja esquemática DBO<sub>5</sub>

Afluente		Efluente	
<b>Q1</b>	626,5	<b>Q1</b>	18,9
<b>Q3</b>	960,0	<b>Q3</b>	81,8
<b>RIC</b>	333,5	<b>RIC</b>	62,9
<b>LS</b>		<b>LS</b>	176,5
<b>LI</b>	126,4	<b>LI</b>	

**Cuadro 16.** Caja esquemática DQO

Afluente		Efluente	
<b>Q1</b>	1850	<b>Q1</b>	100
<b>Q3</b>	3825	<b>Q3</b>	397,3
<b>RIC</b>	1975	<b>RIC</b>	297,3
<b>LS</b>		<b>LS</b>	843,25
<b>LI</b>		<b>LI</b>	

**Cuadro 17.** Caja esquemática SST

Afluente		Efluente	
<b>Q1</b>	275	<b>Q1</b>	56,3
<b>Q3</b>	621,3	<b>Q3</b>	93,8
<b>RIC</b>	346,3	<b>RIC</b>	37,5
<b>LS</b>	1140	<b>LS</b>	150,05
<b>LI</b>		<b>LI</b>	

**Cuadro 18.** Caja esquemática SSVLM, SSVLR, SSTLM

<b>SSVLM</b>		<b>SSVLR</b>		<b>SSTLM</b>	
<b>Q1</b>	2640	<b>Q1</b>	3915	<b>Q1</b>	2898
<b>Q3</b>	3313	<b>Q3</b>	5753	<b>Q3</b>	3715
<b>RIC</b>	673	<b>RIC</b>	1838	<b>RIC</b>	817
<b>LS</b>	4322	<b>LS</b>		<b>LS</b>	4940
<b>LI</b>		<b>LI</b>		<b>LI</b>	

**Cuadro 19.** Caja esquemática OD fondo del tanque de aireación

<b>OD fondo</b>	
<b>Q1</b>	0,04
<b>Q3</b>	0,1050
<b>RIC</b>	0,065
<b>LS</b>	0,2025
<b>LI</b>	

**Cuadro 20.** Caja esquemática OD medio y superficie del tanque de aireación.

<b>OD medio</b>		<b>OD superficie</b>	
<b>Q1</b>	0,710	<b>Q1</b>	0,8525
<b>Q3</b>	1,80	<b>Q3</b>	2,0
<b>RIC</b>	1,09,	<b>RIC</b>	
<b>LS</b>	3,435	<b>LS</b>	
<b>LI</b>		<b>LI</b>	

## **ANEXO 7**

Sistema aprovechamiento de las soluciones acidas, provenientes de los lavados en las áreas de producción y recibo de leche.



PRESENTADO POR: Operarios PTAR y Pasante Calidad Ambiental  
 Cristian Mosquera-Jeyson Vallejos



JEFE DE CALIDAD CARGO: ISABEL SABINO  
 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD:

ÁREA	CALIDAD AMBIENTAL
INDICADOR	EFICIENCIA OPERACIONAL, VARIABLES AMBIENTALES.
PROYECTO	Aprovechamiento de las soluciones acidas , provenientes de los lavados en las areas de producción y recibo de leche.
Justificación:	<p>El cupo permitido de acido sulfúrico industrial concentrado al 98% para la PTAR de la planta Alpina Popayán es de 150kg equivalentes a 81 litros , este cupo está programado hasta el 14 de marzo de 2014 y la fecha para solicitar su ampliación es en el mes de agosto de 2013.El acido sulfúrico es utilizado para la neutralización de pH en el afluente de la PTAR, el cupo disponible no es suficiente para la neutralización de pH ya que los 81 litros de acido sulfúrico se agotan en 9 días realizando dosificaciones diarias, lo cual nos indica un faltante de acido para los 21 días restantes del mes, aproximadamente unos 180 litros o 347.78 kg de acido sulfúrico concentrado.</p> <p>Por esta razón es necesario realizar un aprovechamiento de los lavados ácidos que realizan las áreas de producción y recibo de leche los cuales se encuentran en un rango de pH de 2.0 a 4.0 , en el área de producción se realizan 3 lavados por semana cada lavado utiliza entre 12 y 15 litros de acido clorhídrico diluidos en 750 litros de agua aproximadamente y en el área de recibo de leche se realiza un lavado diario utilizando entre 22 y 25 litros de acido clorhídrico diluido en 900 litros de agua. Actualmente estos lavados se descargan directamente a la PTAR sin ningún ajuste de pH, lo cual afecta directamente la micro biota del sistema de lodos activados disminuyendo la eficiencia de remoción de la PTAR.</p> <p>En total se aprovecharían 36 litros de acido clorhídrico diluidos en 2250 litros de agua semanales por parte del área de producción y 154 litros de acido clorhídrico diluidos en 6300 litros a la semana en el área de recibo de leche.</p>
Objetivo:	Reutilización de las soluciones acidas provenientes de los lavados que se realizan en el area de producción y recibo de leche.
Resultados Principales:	<p>Mejora en la operatividad de la PTAR, debido al ajuste del pH de entrada, ya que este sistema requiere un pH de entrada entre los rangos de 9-8 unidades. Evitar el ingreso de las soluciones acidas al sistema de lodos activados, ya que los microorganismos de los lodos activados sobreviven a un pH neutro los rangos recomendados son 6.5 -9.5 unidades.</p> <p>Se tiene disponibilidad de acido los 21 días restantes del mes en los cuales no se cuenta con acido para neutralizar las soluciones básicas.</p> <p>Se produce un ahorro en la compra de 50kg de acido sulfúrico concentrado al 98%, solo se solicitaría cupo para 100kg o 54.35 litros.</p>
Impactos:	<p>1. Evitar el ingreso de pH ácidos al sistema de tratamiento de lodos activados, estos pH están entre el rango de 2.0 - 4.0, son perjudiciales para los microorganismos que se encuentran en los lodos activados.</p> <p>2. Se reutilizan elementos que están disponibles en la PTAR, los cuales no están siendo utilizados entre ellos tenemos:          tres tanques de eremit con capacidad de 1000 litros          * Bomba sumergible con capacidad para succionar 25m<sup>3</sup>/h</p> <p>3. Ahorro económico: Actualmente se está utilizando una cantidad de 150 Kilos por un valor de 157500 mas el valor del flete 205000 con el proveedor Productos Químicos Panamericanos, implementando este nuevo sistema de recuperación de soluciones acidas, ya no serían necesarios comprar 150kg de acido sulfúrico concentrado, solo se necesitaría 100 kilos y en este se podría comprar al Proveedor Brenntag por un valor de 105000 en los cuales ya está incluido el flete. Este proveedor suministra Acido Sulfúrico tipo Industrial solo en presentación de 100Kilos.</p> <p>De esta forma se dejarían de comprar 50kg de acido sulfúrico concentrado los cuales tienen un precio de \$2500 , y tienen un precio de envío adicional de 205000, lo cual suma un total de 257000 pesos mensuales.</p> <p>De igual manera se ahorrarían costos con el acido sulfúrico concentrado faltante 347.780kg , el cual es necesario para completar el ajuste de pH mensualmente, este significaría un ahorro de 315000 pesos mensuales y además solicitar cupo para el faltante de acido sulfúrico sería hasta el 14 de marzo de 2014.</p>
Logros:	<p>Total de ahorro esperado en el año: 3.090.000 pesos ahorro en la disminución en la compra de 50kg de acido sulfúrico.</p> <p>Total de ahorro esperado en el año: 3.780.000 pesos ahorro en la disminución en la compra de 347.5 kg de acido sulfúrico.</p>
Soportes de los ahorros de todos los proyectos:	
Estrategias y Planes de acción:	<p>La inversión inicial sería de 1146700 , con este presupuesto de adecuarían los 3 tanques con todos los accesorios necesarios para almacenar cada uno la cantidad de 1000 litros de soluciones acidas. Numero de cotización 0000002146.</p> <p>Los tanques quedarán ubicados en la parte superior del tanque de regulación de la PTAR, los cuales serán llenados por medio de una bomba sumergible y su dosificación será por gravedad directamente al tanque de igualación.</p>
Seguimiento proyecto:	



**Ilustración 36.** Tanques para el almacenamiento de soluciones ácidas y desacople para succionar el líquido.



## **ANEXO 8**

Precios calculados, para el sistema aprovechamiento de las soluciones acidas, provenientes de los lavados en las áreas de producción y recibo de leche.



## Hidroeléctricas del Cauca S.A.

NIT. 817.007.239-9

SERVICIO DE INSTALACION - MANTENIMIENTOS

MATERIALES: Eléctricos - Hidráulicos - Sanitarios y Telefónicos

POPAYAN : FEBRERO 20 de 2013

COTIZACION: 0000002148

Señores : HERNANDEZ LASSO ANGEL RAMIRO  
Direccion :  
Ciudad : POPAYAN  
Telefonos : -

Ref : SOLICITUD DE COTIZACION

Estimados Señor (es)

En atencion a su solicitud de cotizacion, nos permitimos ofrecerles los siguientes productos distribuidos por nuestra compania

Item	Producto	Ref-Fab	Descripcion	Cantidad	Vir. Unitario	Vir. Total
001	0700045000005		UNIVERSAL PRESION 4	1.00	56,034.00	56,034.00
002	0700025000009		CODO PRES. 4 * 90	4.00	30,172.00	120,688.00
003	0700005000009		TEE PRES. 4	1.00	36,207.00	36,207.00
004	0700040000008		ADAPTADOR MACHO PRES. 3	4.00	11,207.00	44,828.00
005	0700035000010		ADAPTADOR HEMERA PRES. 3	4.00	14,655.00	58,620.00
006	0700050000022		BUE SOLDADO PRES. 4 X 3	2.00	12,931.00	25,862.00
007	0500050000004		TUBO UNION MED. RDE 21	1.00	77,586.00	77,586.00
008	0500050000003		TUBO UNION PECA. RDE 21	1.00	51,724.00	51,724.00
009	0800010000019		LLAVE PVC ICOLA 1	4.00	5,172.00	20,688.00
010	0700005000003		TEE PRES 1.	2.00	1,207.00	2,414.00
011	0700025000003		CODO PRES. 1 X 90	2.00	647.00	1,294.00
012	0700050000002		BUE SOLDADO PRES. 1 X 1/2	1.00	690.00	690.00
013	0500005000003		TUBO PRES. RDE 21	1.00	8,190.00	8,190.00
014	0700040000003		ADAPTADOR MACHO PRES. 1	3.00	819.00	2,457.00
015	0700020000001		YAFON ROSCADO PRES. 1/2	3.00	216.00	648.00
016	0800055000008		SOLDADURA PVC SOLDAD. 1/2	1.00	22,845.00	22,845.00
017	0800065000011		ADAPTADOR SOLDAD. 1/4	1.00	12,069.00	12,069.00
018	0200002000016		CINTA TEFLON 1" X 1/2" X 3"	3.00	2,586.00	7,758.00
					Total Bruto	550,602.00
					I.V.A.	88,094.00
					Total Neto	638,696.00

SUM : SEISCIENTOS TREINTA Y OCHO MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y SEIS PESOS

Entrega : dias despues de recibir su orden de compra o pedido  
Forma de pago :  
Validez de la oferta : 30 dias a partir de la fecha, FEBRERO 20 de 2013

Sin otro particular y en espera de sus gratas ordenes, les saludamos.  
Cordialmente

HIDROELECTRICAS DEL CAUCA S.A. Telefonos: 822 29 04 - 822 29 11 hidroelectricasdelcauca@yahoo.es Popayán - Cauca

## **ANEXO 9**

Glosario de términos

## GLOSARIO

Para el desarrollo de las actividades relacionadas con la pasantía se usaron términos de carácter técnico, como los que se presentan a continuación:

**Aguas residuales:** Desecho líquido provenientes de residencias, edificios, instituciones, fábricas o industrias.

**A/M:** Relación alimento microorganismos.

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

**COV:** Carga orgánica volumétrica Kg DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>\*d

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

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) o Demanda de oxígeno:** Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas.

**Deshidratación de lodos:** Proceso de remoción del agua de lodos hasta formar una pasta.

**Digestión aerobia:** Descomposición biológica de la materia orgánica de un lodo en presencia de oxígeno.

**Dosificación:** Acción mediante la cual se suministra una sustancia química al agua.

**Eficiencia de remoción:** Medida de la efectividad de un proceso en la remoción de una sustancia específica.

**Eficiencia de tratamiento:** Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en el afluyente, para un proceso o planta de tratamiento y un parámetro específico; normalmente se expresa en porcentaje.

**Efluente:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

**Filtración:** Proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso.

## **G & A:** Grasas y aceites

**IVL:** Índice volumétrico de lodos, es el volumen en mililitros ocupado por un gramo de lodo activado seco, después de sedimentar el licor aireado durante 30 minutos.

**Lodos activados:** Procesos de tratamiento biológico de aguas residuales en ambiente químico aerobio, donde las aguas residuales son aireadas en un tanque que contiene una alta concentración de microorganismos degradadores. Esta alta concentración de microorganismos se logra con un sedimentador que retiene los flóculos biológicos y los retorna al tanque aireado.

**Mezclador:** Equipo para producir turbulencia en el agua.

**Muestra compuesta de agua:** Integración de muestras puntuales tomadas a intervalos programados y por períodos determinados, preparadas a partir de mezclas de volúmenes iguales o proporcionales al flujo durante el periodo de toma de muestras.

**OD:** Oxígeno disuelto, concentración de oxígeno medida en un líquido, por debajo de la saturación. Normalmente se expresa en mg/L.

**Operación:** Conjunto de acciones para mantener en funcionamiento un sistema.

**pH:** Logaritmo, con signo negativo, de la concentración de iones hidrógeno, en moles por litro.

**pH óptimo:** Valor de pH que produce la máxima eficiencia en un proceso determinado.

**Phylum:** En biología es el rango de clasificación que está entre reino y clase.

**Planta de tratamiento de agua residual PTAR:** Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales.

**Potencial de hidrógeno (pH):** Expresión de la intensidad de la condición básica o ácida de un líquido.

**Q** = Caudal de las aguas residuales, sin incluir caudal de recirculación  $\left(\frac{m^3}{d}\right)$

**Reactor:** Estructura hidráulica en la cual un proceso químico, físico o biológico se lleva a cabo.

**So** = Concentración de DBO  $\left(\frac{g}{m^3}\right)$

**SS:** Sólidos suspendidos.

**SSTLM:** Sólidos suspendidos totales en el licor mezclado (mg/L)

**SSVLR:** sólidos suspendidos volátiles del licor de recirculación.

**Tratamiento biológico:** Procesos de tratamiento en los cuales se intensifican la acción natural de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente. Usualmente se utilizan para la remoción de material orgánico disuelto.

**T°:** Temperatura.

$$V = Q \cdot \theta$$

**V** = Volumen del licor en el tanque de aireación ( $m^3$ )

**Vertimiento:** como lo establece la definición número 35 del decreto 3930 del 2010, es la descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.

**X**= SSVLM, concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación,  $\frac{mg}{L}$

**X<sub>R</sub>:** sólidos suspendidos volátiles del licor de recirculación

**Θ** = Tiempo de retención hidráulica o tiempo de aireación (Romero, 2005), este parámetro está en función de las horas que opere la planta, en este caso trabaja 24 horas.

**μm:** micras