

**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA FÁBRICA PRODUCTORA DE AROMAS  
Y FRAGANCIAS EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C.**

**ING. NUBIA ROCIO OLIVEROS BELTRÁN**

**Monografía para optar al título de Especialista en Ingeniería Ambiental**

**DIRECTOR  
ING. ANGÉLICA MARINA PROAÑO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN DE INGENIERIA AMBIENTAL  
BOGOTA, D.C.**

**2.006**

**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA FÁBRICA PRODUCTORA DE AROMAS  
Y FRAGANCIAS EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C.**

**ING. NUBIA ROCIO OLIVEROS BELTRÁN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN DE INGENIERIA AMBIENTAL  
BOGOTA, D.C.  
2.006**

Ni la Universidad Industrial de Santander,  
ni los jurados se hacen responsables de  
los conceptos expuestos en el presente  
documento.

*A los Angeles que me acompañan y me abren los caminos para alcanzar mis sueños.*

*A Juan Mauricio por su amor y apoyo, a N por creer en mí siempre, a ellos dedico este otro logro, un escalón más en nuestras vidas.*

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

A Symrise, por su apoyo en el desarrollo de este proyecto en cuanto a la financiación e información.

Ing. Angélica Proaño, Directora de este proyecto por su colaboración para la elaboración de este proyecto.

Al grupo de Water por la toma de datos de campo y análisis de laboratorio.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>PAG.</b>
<i>INTRODUCCION</i> .....	<i>1</i>
<b><i>1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES ACTUAL</i></b> .....	<b><i>2</i></b>
1.1. ETAPAS DE LA PLANTA.....	2
1.1.1. Pozo de Bombeo.....	3
1.1.2. Tanque de Alimentación.....	4
1.1.3. Trampa de Aceites y Grasas .....	5
1.1.4. Tratamiento Biológico.....	6
1.1.5. Recirculación.....	7
1.1.6. Clarificador.....	8
1.1.7. Caja de aforo y muestreo.....	8
1.1.8. Tratamiento de los Lodos .....	9
1.2. FUNCIONAMIENTO Y DESEMPEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO ....	11
<b><i>2. CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES</i></b> .....	<b><i>16</i></b>
2.1. MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN INICIAL .....	16
2.2. LISTADO Y DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS .....	33

2.2.1. Clasificación de Materias Primas .....	33
2.2.2. Hidrocarburos Alifáticos .....	33
2.2.3. Grasas y Aceites .....	34
2.2.4. Carbohidratos.....	34
2.2.5. Proteínas.....	35
2.2.6. Ácidos.....	35
<b>3. TRATAMIENTOS PROPUESTOS .....</b>	<b>36</b>
3.1. TRATAMIENTO FISICO-QUIMICO.....	36
3.1.1. Tratamientos Primarios .....	36
3.1.2. Tratamientos Secundarios .....	37
3.1.3. Tratamientos Terciarios.....	38
3.1.4. Tratamiento de Lodos.....	39
3.2. PRUEBAS DE TRATABILIDAD EN LABORATORIO .....	41
3.2.1. Pruebas de Coagulación .....	41
3.2.1.1. Ensayo A. ....	41
3.2.1.2. Ensayo B.....	43
3.2.1.3. Ensayo C.....	44
3.2.2. Pruebas de Oxidación .....	46
3.2.2.1. Ensayo D .....	46
3.2.2.2. Ensayo E.....	47
3.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS.....	54
3.4. PRUEBAS A REALIZAR EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FÁBRICA.....	54
3.4.1. Desarrollo de las Pruebas .....	55

3.5. PROPUESTA DE TRATAMIENTO FISICO-QUIMICO .....	57
3.5.1. Esquema Propuesto para el Tratamiento .....	59
3.5.2. Equipos Básicos para el Sistema .....	60
3.5.3. Parámetros Básicos de Operación .....	61
3.5.4. Cambios en el Sistema.....	61
3.5.5. Productos a Utilizar según Propuesta .....	62
3.6. TRATAMIENTO BIOLÓGICO .....	63
3.6.1. Descripción del Sistema de Láminas Filtrantes.....	66
3.6.2. Funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Láminas Filtrantes.....	67
3.6.3 Tratamiento de lodos .....	67
3.6.3.1 Etapas para el tratamiento de lodos .....	67
3.6.3.1.2 Deshidratación del lodo .....	68
3.6.4. Tratamiento de aguas residuales.....	71
3.7. PROPUESTA DE TRATAMIENTO PARA LOS EFLUENTES DE LA FÁBRICA .	75
3.7.1. Parámetros de Diseño .....	75
3.7.2. Etapas para el Tratamiento Biológico .....	75
3.7.3. Equipos Básicos para el Sistema de Tratamiento.....	76
3.7.4. Esquema Propuesto para el Tratamiento Biológico .....	76
<b>4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS PROPUESTOS .....</b>	<b>79</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>81</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>83</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>85</b>

## LISTA DE TABLAS

**PAG.**

<u>Tabla 1. Datos Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales</u> .....	2
<u>Tabla 2. Dimensiones y Medida de los Equipos</u> .....	10
<u>Tabla 3. Parámetros y Límites de la Resolución 1074 / 97 del DAMA</u> .....	10
<u>Tabla 4. Parámetros y límites de entrada para la planta de tratamiento de aguas residuales industriales dados por diseño.</u> .....	10
<u>Tabla 5. Resultados de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Año 2.005</u> .....	13
<u>Tabla 6. Eficiencias de Remoción para DQO y Aceites y Grasas para el Año 2005 de la PTAR.</u> .....	14
<u>Tabla 7. Resultados del Afluente a la PTAR.</u> .....	19
<u>Tabla 8. Resultados del Efluente de la PTAR</u> .....	19
<u>Tabla 9. Resultados de remoción trampa de grasas.</u> .....	20
<u>Tabla 10. Resultados de Remoción en los Biodiscos</u> .....	21
<u>Tabla 11. Resultados Efluente Fábrica de Sabores</u> .....	22
<u>Tabla 12. Muestreos Efluente Sabores Día 2</u> .....	22
<u>Tabla 13. Muestreos Efluente Sabores Día 3</u> .....	23
<u>Tabla 14. Resultados Efluente Fábrica de Fragancias</u> .....	24
<u>Tabla 15. Muestreo Efluente Fragancias Día 2</u> .....	25
<u>Tabla 16. Muestreo Efluente Fragancias Día 3</u> .....	25

<u>Tabla 17. Muestreo Efluente Fragancias Día 4</u> .....	26
<u>Tabla 18. Muestreo antes de la Trampa de Grasas, Mezcla de Efluentes de las Fábricas de Fragancias y Sabores.</u> .....	28
<u>Tabla 19. Tratamientos Químicos</u> .....	41
<u>Tabla 20. Resultados Pruebas de Tratabilidad Ensayos Realizados en el Laboratorio</u> .....	51
<u>Tabla 21. Resultados Prueba 1 en la PTAR de la Fábrica</u> .....	56
<u>Tabla 22. Comportamiento de los Biodiscos Operando</u> .....	56
<u>Tabla 23. Resultados Luego de los Ajustes en Laboratorio</u> .....	56
<u>Tabla 24. Resultados en Planta Luego de Ajustes.</u> .....	57
<u>Tabla 25. Parámetros de Diseño para la PTAR.</u> .....	58
<u>Tabla 26. Costos Aproximados de Tratamiento Físico-Químico Mes.</u> .....	62
<u>Tabla 27. Relación de la DQO/DBO para el Afluente de la PTAR</u> .....	64
<u>Tabla 28. Parámetros de Diseño de la PTAR para la Propuesta Biológica.</u> .....	75
<u>Tabla 29. Ventajas y Desventajas de los Sistemas Propuestos.</u> .....	79

## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>PAG.</b>
<u>Gráfico 1. La DQO-DBO Afluente PTAR</u> .....	21
<u>Gráfico 2. La DQO – DBO efluente Fábrica de Sabores.</u> .....	23
<u>Gráfico 3. Comportamiento Efluente Fábrica Sabores</u> .....	24
<u>Gráfico 4. La DQO – DBO Efluente Fábrica de Fragancias.</u> .....	26
<u>Gráfico 5. Comportamiento Efluente Fábrica Fragancias.</u> .....	27
<u>Gráfico 6. Caudal Vertido al Día a la PTAR</u> .....	31
<u>Gráfico 7. Comportamiento Mezcla de Efluentes de las Fábricas de Fragancias y Sabores.</u> .....	32
<u>Gráfico 8. Remoción de DQO</u> .....	53

## LISTA DE FIGURAS

	<b>PAG.</b>
<u>Figura 1. Pozo de Bombeo</u> .....	3
<u>Figura 2. Canastilla para Sólidos</u> .....	4
<u>Figura 3. Tanque de Alimentación</u> .....	5
<u>Figura 4. Trampa de Grasas 1ª fase</u> .....	5
<u>Figura 5. Trampa de Grasas 2ª Fase.</u> .....	6
<u>Figura 6. Biodiscos 1ª etapa.</u> .....	7
<u>Figura 7. Biodiscos 2ª etapa.</u> .....	7
<u>Figura 8. Clarificador</u> .....	8
<u>Figura 9. Caja de Aforo</u> .....	8
<u>Figura 10. Tratamiento de Lodos.</u> .....	9
<u>Figura 11. Esquema de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales según diseño</u> .....	11
<u>Figura 12. Esquema de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en su Funcionamiento Actual.</u> .....	14
<u>Figura 13. Conducción con Mangueras del Tanque al Sifón</u> .....	17
<u>Figura 14. Conexión del Tanque de Producción</u> .....	17
<u>Figura 15. Cárcamos Línea de Polvos</u> .....	18
<u>Figura 16. Llegada de Aguas al Pozo de la PTAR.</u> .....	18
<u>Figura 17. Flujograma del Proceso de Ensayo A.</u> .....	43
<u>Figura 18 Flujograma del Proceso de Ensayo B.</u> .....	44

<u>Figura 19. Flujograma del Proceso de Ensayo C</u> .....	45
<u>Figura 20. Flujograma del Proceso de Ensayo D</u> .....	47
<u>Figura 21. Muestra Aroma Citrus</u> .....	48
<u>Figura 22. Luego de los Tratamientos</u> .....	50
<u>Figura 23. Flujograma del Proceso del Ensayo E</u> .....	50
<u>Figura 24. Esquema Propuesto para el Tratamiento</u> .....	59
<u>Figura 25 . Esquema Planta de Tratamiento de Láminas Filtrantes</u> .....	66
<u>Figura 26. Tanque de Homogenización</u> .....	67
<u>Figura 27. Piscina con Phragmitis Australis</u> .....	68
<u>Figura 28. Mecanismo de Deshidratación del Lodo 1</u> .....	69
<u>Figura 29. Mecanismo de Deshidratación del Lodo 2</u> .....	69
<u>Figura 30. Lixiviado de la PTAR</u> .....	70
<u>Figura 31. Esquema Básico de la Composición de la Planta de Tratamiento Biológico</u> .....	71
<u>Figura 32. Aguas de Lavado de Máquinas de Imprenta</u> .....	73
<u>Figura 33. Planta de Tratamiento Horizontal para las Aguas de Lavado de Máquinas de Imprenta</u> .....	73
<u>Figura 34. Planta de Tratamiento Vertical y Horizontal Utilizada para Aguas Residuales de Curtiembres</u> .....	74
<u>Figura 35. Fase Inicial de las Plantas (Siembra)</u> .....	77

## GLOSARIO

**AGENTE FLOCULANTE:** Sustancia coagulante que, al ser agregada al agua, forma un precipitado floculante que arrastra la materia en suspensión y acelera su sedimentación.

**BIODISCOS:** Placas de plástico corrugado y otros materiales en las cuales son adheridos microorganismos a la superficie del material plástico que son utilizados para tratamiento de aguas ya que los discos giran y la película biológica entra en contacto con el agua residual que entra en un tanque y con el oxígeno atmosférico.

**COAGULACION:** Proceso de adición de un producto químico (coagulante) que provoca la desestabilización y agregación de materiales coloidales dispersos en forma de grumos. Proceso por el cual se ayuda a las pequeñas partículas (coloides) suspendidas en el agua a sedimentar, mediante la adición de compuestos químicos que inducen a las partículas pequeñas (coloides) a formar grupos grandes (flóculos) de mayor peso, para su mejor sedimentación.

**COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES (COV):** Cualquier compuesto orgánico que participa en reacciones fotoquímicas atmosféricas excepto aquellos clasificados como compuestos con reactividad fotoquímica insignificante

**DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO<sub>5</sub>):** Representa la cantidad de oxígeno consumido por los gérmenes aerobios para asegurar la descomposición dentro de condiciones bien especificadas de las materias orgánicas contenidas en el agua a analizar. El fundamento del método, consiste en medir la cantidad de O<sub>2</sub> disuelto en un medio de incubación al comienzo y al final de un período de 5 días, durante el cual la muestra es

mantenida al abrigo del aire, a 20° C, y en la oscuridad para inhibir la eventual formación de O<sub>2</sub> por las algas.

**DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO):** Se define como la cantidad de oxígeno expresado en mg/l. consumido por las materias oxidables en las condiciones de ensayo, contenidas en 1 litro de agua. Esta determinación, no representa lo que realmente ocurre en la naturaleza y por sobre todo no hace una distinción entre sustancias biodegradables y no degradables.

**FLOCULACION:** En el tratamiento del agua y de aguas residuales, aglutinación de materia en suspensión coloidal y finamente dividida después de la coagulación producida mediante agitación suave por medios mecánicos o hidráulicos.

**OXIDACIÓN QUÍMICA:** En algunos casos la reducción de toxicidad puede ser lograda mediante la oxidación química. Los oxidantes más comunes incluyen permanganato, ozono y peróxido de hidrógeno

**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR):** Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua residuales. Conjunto de obras, instalaciones, operaciones y procesos que se realizan sobre el agua residual, con el fin de modificar sus características contaminantes.

**PROCESO DE OXIDACIÓN:** Cualquier método de tratamiento de aguas residuales para producir la oxidación de la materia orgánica putrescible.

**SISTEMA DE LAMINAS FILTRANTES:** Sistema de tratamiento de aguas residuales a través de una especie de plantas que realizan procesos de limpieza y filtrado para eliminar cargas contaminantes.

**SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST):** Sólidos que están en suspensión (no disueltos) en el agua o en las aguas residuales

**TRAMPA DE GRASAS:** Dispositivo utilizado para retener las grasas en un sistema de pretratamiento

## RESUMEN

**TITULO: ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA FÁBRICA PRODUCTORA DE AROMAS Y FRAGANCIAS EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C.<sup>1</sup>**

Autor: OLIVEROS BELTRAN, Nubia Rocío<sup>2</sup>

Palabras Claves: Afluente PTAR, Planta de tratamiento de aguas residuales, tratamiento fisicoquímico, tratamiento biológico.

La compañía cuenta actualmente con una planta de tratamiento de aguas residuales basada en procesos físicos y biológicos la cual no ha logrado dar cumplimiento con los parámetros de DQO y DBO establecidos por la Resolución 1074 de 1997 DAMA. Es por esta razón que se ha llevado a cabo un seguimiento al desempeño de la Planta de Tratamiento en funcionamiento para así determinar cuales son las deficiencias del sistema siendo una de las primordiales la variabilidad en el efluentes ya que las descargas de las fábricas no corresponden a productos de línea sino a una gran cantidad de materias primas y productos.

Una vez establecidas las deficiencias se realizó una caracterización de los efluentes de cada uno de las plantas para determinar sus necesidades propias, luego se llevo a cabo la caracterización de los afluentes a la planta de tratamiento de aguas residuales y determinar sus nuevas necesidades de tratamiento.

Con esta caracterización se decide realizar una evaluación a una propuesta físico-química y otra biológica que puedan dar respuesta a las necesidades económicas, disponibilidad de área y sobre todo para dar cumplimiento con los parámetros de vertimiento establecidos por la entidad gubernamental DAMA, con miras a la protección del medio ambiente.

---

<sup>1</sup> Trabajo de grado

<sup>2</sup> Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director Ing. Angélica Proaño.

## ABSTRACT

**TITLE: ANALYSIS OF ALTERNATIVES FOR INDUSTRIAL EFFLUENT WATER TREATMENT FROM AN AROMA AND FRAGRANCE FACTORY IN BOGOTA D.C..<sup>3</sup>**

Author: OLIVEROS BELTRAN, Nubia Rocío<sup>4</sup>

Key words: PTAR Effluent, Water treatment facility, Physicochemical treatment, Biological treatment..

The company currently possesses a water treatment facility for liquid discharge residues based upon physical and biological processes, which has not been able to meet COD and BOD parameters stated by the DAMA (Environmental Ministry) according to Resolution No. 1074 from 1997. For this reason, the firm has been making a close follow up on the water treatment plant performance, to determine exact system defficiencies, finding one of the main issues is the ample variety of effluent discharges from factories, which do not correspond to end products, but rather to an extense amount of raw materials and byproducts.

Once process defficiencies were established, effluent characteristics were analyzed for each plant, in order to determine their particular needs. The residue water treatment plant affluents were later analyzed to determine new processing needs.

Through this identification it has been decided to proceed with further evaluation of a physicochemical and a biological process that meet both economical and space availability requirements, to assure compliance of residue water discharge regulatiuons according to DAMA parameters for environmental protection.

---

<sup>3</sup> Thesis

<sup>4</sup> Chemical Enginner School. Enviromental Enginner Especialist. Director: Ing. Angélica Proaño.

## INTRODUCCION

El objeto de estudio es una fábrica productora de aromas para el sector de alimentos y fragancias para la industria química y cosmética, esta fábrica utiliza gran variedad de materias primas de origen orgánico e inorgánico, cuenta con una gran variedad de productos finales alrededor de 3500 y como productos intermedios pueden llegar a ser 1200, su proceso productivo se realiza bajo pronóstico o pedido lo cual hace que la generación de aguas residuales sea variable tanto en caudal como en sus características físico-químicas y sensoriales.

La fábrica se encuentra ubicada en una zona industrial de la ciudad de Bogotá y cuenta actualmente con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la cual fue calculada y diseñada de acuerdo con los estudios realizados en su antigua sede (también ubicada en una zona industrial de Bogotá); sin embargo en la actualidad esta no ha brindado la seguridad de dar cumplimiento con los requerimientos legales de la norma de vertimientos de Aguas residuales (Res. 1074 Dama), por lo anterior a tenido que adelantar medidas temporales que han llevado a la organización a generar mayores gastos y sin resultados sostenibles.

De acuerdo con lo anterior la fábrica de aromas y fragancias desea caracterizar los efluentes, conocer la eficiencia de la planta de tratamiento actual y de acuerdo con los datos obtenidos determinar la mejor opción técnico – económica para el tratamiento de las aguas residuales ya sea mejorando la actual o dando paso a otros tratamiento que permita asegurar el cumplimiento de los requisitos legales de la norma de vertimientos de forma sostenible en el tiempo, teniendo en cuenta un incremento del 20% en el caudal de su efluente para los próximos 10 años.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES ACTUAL

La compañía cuenta actualmente con una planta de biodiscos instalada hace 5 años para el tratamiento de aguas residuales industriales generadas en su proceso de fabricación de aromas y fragancias, las aguas industriales son resultantes básicamente del lavado de los equipos y utensilios y en menor cantidad del lavado de manos, de pisos e infraestructura. A continuación se presentan los datos del diseño.

**Tabla 1. Datos Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales**

Fuente Abastecedora	: Módulos de producción Fragancias y sabores y los laboratorios de diseño y desarrollo (2) y laboratorio de control calidad.
Tipo de captación	: Cajas recolectoras y cárcamos
Aducción	: Tuberías internas en acero inoxidable
Capacidad	: 1 m <sup>3</sup> /h máximo.
Captación inicial	: Tanque de almacenamiento subterráneo
Separación inicial de sólidos	: Trampa de grasas.
Tratamiento	: Biológico aerobio
Tipo	: Biodiscos
Efluente final	: Agua tratada en tanque de acero inoxidable con adición de Hipoclorito de Calcio, previa remoción de lodos.

### 1.1. ETAPAS DE LA PLANTA

La planta de tratamiento de aguas residuales industriales fue diseñada con las siguientes etapas:

### **1.1.1. Pozo de Bombeo**

A 1,81 m de profundidad con dos bombas sumergibles una en operación y otra en Stand-by, que bombeará automáticamente dependiendo del nivel del líquido en la cámara. En la parte media del pozo se localiza un rebose que conecta a la red de alcantarillado de aguas residuales de origen domestico para permitir el desagüe de las aguas en condiciones de emergencia cuando las bombas no puedan ser operadas. El pozo además cuenta con tapa y escalerillas que faciliten el acceso al fondo cuando se requiera realizar su mantenimiento o el de las bombas, o el retiro de lodos.

A este pozo de bombeo confluyen de forma separada los efluentes de las dos fábricas, teniendo dispuesto en cada una de las tuberías unas canastillas para retención de material sólido de tamaño superior a 1 cm<sup>2</sup> con el objeto de evitar el daño de las bombas.

En el pozo de bombeo se adiciona Soda para la neutralización de pH y Urea para la alimentación de bacterias,

**Figura 1. Pozo de Bombeo**



**Figura 2. Canastilla para Sólidos**



### **1.1.2. Tanque de Alimentación**

Las aguas son bombeadas hacia el tanque con una capacidad de 620 L efectiva que permite que a partir de este punto, el funcionamiento del sistema por gravedad. El tanque de alimentación es una estructura simple el cual de ser necesario, se adicionarán los nutrientes requeridos para el tratamiento biológico de las aguas. Tanque de acero inoxidable. Estructura indispensable para eliminar las altas cargas hidráulicas.

El caudal de alimentación al sistema será regulado con una válvula; cuando el caudal de entrada sea superior al saliente los excesos serán evacuados hacia el pozo por medio de un drenaje localizado en la parte superior del tanque.

**Figura 3. Tanque de Alimentación**



**1.1.3. Trampa de Aceites y Grasas**

Es una estructura que permite un tiempo de retención de 15 minutos en el caudal máximo esperado. En ella por gravedad, se retiene la mayor parte de los aceites y grasas provenientes del proceso y los sólidos sedimentables. Para facilitar su mantenimiento se cuenta con una caja adicional para la recolección de grasas y material flotante separado. Esta caja esta comunicada a la trampa de grasas por medio de dos válvulas las cuales deben ser abiertas cada 2 días para drenar la capa de material flotante.

**Figura 4. Trampa de Grasas 1ª fase**



**Figura 5. Trampa de Grasas 2ª Fase.**



El Sistema De Pretatamiento (Bombeo-Control De Caudales Y Remoción De Sólidos, De Aceites Y Grasas) se dimensiona para un volumen total de  $3,21\text{m}^3$  el cual permite un tiempo de retención de aproximadamente 4 horas antes de la descarga a la red de alcantarillado. Adicionalmente por la recirculación y la aireación que se presenta en la descarga al pozo de bombeo resulta en una degradación natural de las aguas.

#### **1.1.4. Tratamiento Biológico**

Una vez removida las grasas, las aguas son conducidas a un tratamiento biológico, el cual es necesario para la reducción de la carga orgánica en el vertimiento. Las aguas se consideraron biodegradables ya que la DBO última es del 68% de la DQO. Se recomienda un sistema de tratamiento aeróbico de Discos Biológicos Rotatorios (RBC), que consiste en discos plásticos de baja densidad, montados en serie sobre un eje que gira a bajas revoluciones entre 4 y 6 por minuto, los discos están parcialmente sumergidos en las aguas residuales, lo cual permite que se forme una película biológica sobre ellos, su rotación permite el contacto alternado de la biomasa con la materia orgánica del agua residual y la absorción del oxígeno de la atmósfera, esta transferencia de oxígeno mantiene la biomasa en condiciones aerobias y propicia el crecimiento de las bacterias encargadas de degradar la materia orgánica presente. La rotación además es el mecanismo para remover los sólidos de exceso que se forman en los discos los cuales son desprendidos y sedimentados por

gravedad. Se cuentan con 2 etapas de biodiscos cada una compuesta por 70 biodiscos de 1,0 m de diámetro con una velocidad de rotación de 6 RPM, estructura de acero inoxidable.

**Figura 6. Biodiscos 1ª etapa.**



**Figura 7. Biodiscos 2ª etapa.**



#### **1.1.5. Recirculación**

Debido a la naturaleza de las materias primas y de los productos terminados existe una gran variabilidad de las características en los vertimientos industriales. Así que esta situación puede afectar la eficiencia del sistema de tratamiento biológico es necesario dotar al sistema para recircular parte de las aguas al pozo de bombeo. Relación 1:3.

### 1.1.6. Clarificador

Tanque en el cual se realiza el último tratamiento adicionando hipoclorito de calcio como oxidante, allí las aguas cambian su color final y adquieren un ajuste de pH asegurando el cumplimiento de los valores entre 6 a 9 unidades de pH, allí también se realiza la última sedimentación luego del tratamiento biológico.

**Figura 8. Clarificador**



### 1.1.7. Caja de aforo y muestreo

Los efluentes tratados son conducidos a cajas de inspección internas al final de la planta de tratamiento de aguas residuales antes de la descarga a la red de alcantarillado público para el muestreo y evaluación.

**Figura 9. Caja de Aforo**



### 1.1.8. Tratamiento de los Lodos

Se cuenta con un tanque donde los lodos provenientes del tanque clarificador, pozo y trampa de grasas son escurridos y secados, en este se adiciona Cal para controlar los olores ofensivos.

Alrededor de la planta de tratamiento se tiene un cerco biológico de pinos.

La recolección de lodos se realizan con las siguientes frecuencias: del pozo de bombeo cada 3 meses, limpieza de trampa de grasas cada 15 días y eliminación de lodos del tanque de clarificación 2 veces por semana.

**Figura 10. Tratamiento de Lodos.**



En la actualidad las fábricas deben realizar una actividad que llaman recolección de aguas de primeros lavados dado por que la mayor parte de la carga orgánica proviene de lavado de equipos y estas descargas puntuales afectan el metabolismo de los microorganismos encargados del tratamiento de aguas, el sistema por diseño indicado en el manual señala que funcionara de una manera más adecuada si se evitan vertimientos con altas cargas para lo cual es necesario recolectar las aguas de los primeros lavados en canecas utilizando de 20 a 25 L, los cuales deben ser recolectados y desechados junto con los lodos. ya que estas descargas iniciales han presentado datos de DQO de 30000 mg/L.

**Tabla 2. Dimensiones y Medida de los Equipos**

<b>Sistema</b>	<b>Dimensiones</b>
Tanque de alimentación	Diámetro: 0.95 m Altura: 0.88 m Capacidad: 0,62m <sup>3</sup>
Trampa de Grasas	2.19*0,8*1,2 m Capacidad: 2,1 m <sup>3</sup>
Tanque Biodiscos	1,40*0,87*0,8 m Capacidad: 0,97m <sup>3</sup>
Clarificador	1.36*1,45*0,9m Capacidad: 1,77m <sup>3</sup>
Caja de Inspección	0,45*0,45*0,5 m

La planta fue diseñada de acuerdo a las necesidades de la compañía y para dar cumplimiento con los requerimientos de la resolución 1074 de 1997 del DAMA que es la que rige para la ciudad de Bogotá D.C.

**Tabla 3. Parámetros y Límites de la Resolución 1074 / 97 del DAMA**

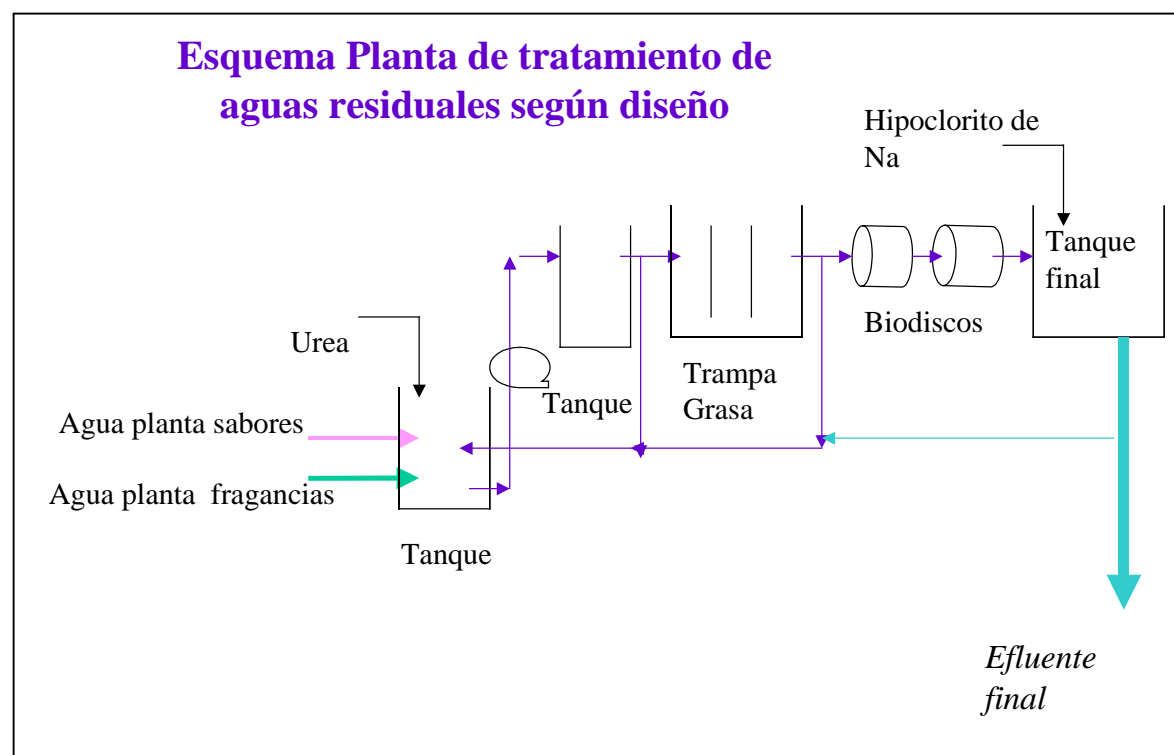
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite</b>
DBO	mg/L	1000
DQO	mg/L	2000
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	800
Sólidos Sedimentables	mg-L/h	2,0
Ph	Unidades pH	5,0 – 9,0
Temperatura	°C	30
SAAM	mg/L	20
Aceites y grasas	mg/L	100

**Tabla 4. Parámetros y límites de entrada para la planta de tratamiento de aguas residuales industriales dados por diseño**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite</b>
DBO	mg/L	2000
DQO	mg/L	4000
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	-----
Sólidos Sedimentables	mg-L/h	-----
Ph	Unidades pH	6,0 – 9,0
Temperatura	°C	45
SAAM	mg/L	2
Aceites y grasas	mg/L	500
Caudal	m <sup>3</sup> /h	1

Los porcentajes de remoción para DBO y DQO es del 50% y para aceites y grasas del 80%

**Figura 11. Esquema de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales según diseño**



## 1.2. FUNCIONAMIENTO Y DESEMPEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

En la actualidad la fábrica no cuenta con una persona dedicada por completo a la planta de tratamiento y sus labores se limitan a regular el caudal de entrada y salida de la planta de tratamiento una o dos veces al día, en la mañana se adiciona la soda 125 g y 25 g de Urea en el pozo, se prepara el hipoclorito de calcio al 5% en una proporción de 2100 g en 25 litros y se adicionan en el tanque de dosificación en el clarificador, al medio día se registra el caudal, temperaturas y pH.

Mensualmente se han tomado muestras compuestas de 8 h para realizar los análisis requeridos por la resolución 1074 en los parámetros establecidos por el DAMA siendo

estos: DBO, DQO, sólidos suspendidos totales, pH, temperatura, aceites y grasas, sustancias activas al azul de metileno – SAAM- y sólidos sedimentables.

Las aguas de los primeros lavados están siendo recolectadas pero son llevadas a un tanque colector de 1m<sup>3</sup> y estas son mezcladas por goteo con agua potable para que así lleguen diluidas a la planta de tratamiento de aguas residuales, los datos obtenidos durante un año con esta situación se indican a continuación en la tabla y las eficiencias de remoción de DQO y aceites y grasas.

**Tabla 5. Resultados de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Año 2.005**

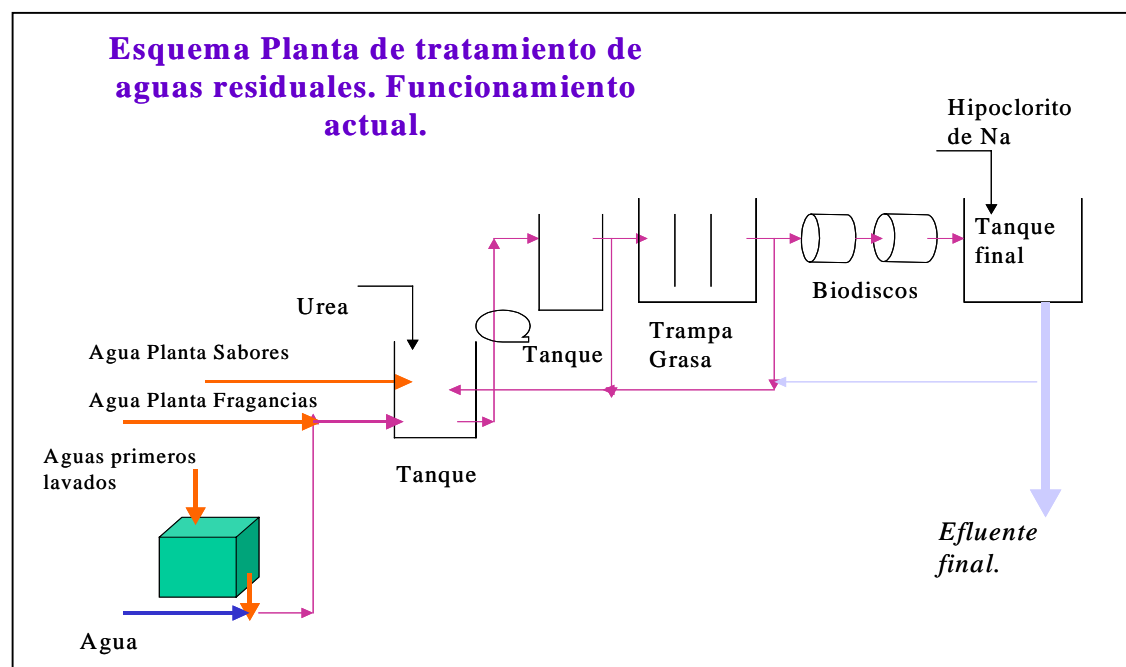
MES	DQO (1) mg/l	pH prom (1)	DQO (2) mg/l	pH prom (2)	DBO (1) mg/l	DBO (2) mg/l	ACEITES Y GRASAS (1) (mg/L)	ACEITES Y GRASAS (2) (mg/L)	SST (1) (mg/l)	SST (2) (mg/l)	SAAM (1) (mg/l)	SAAM (2) (mg/l)	T prom (1) °C	T prom (2) °C	SS (2) (ml/L-h)	Caudal (1) m <sup>3</sup> /h	Caudal (2) m <sup>3</sup> /h
Enero	5122	6,18	3138	6,73	2909	1078	376	33	1840	106	0,10	0,20	19,82	17,38	0,5	0,33	0,40
Febrero	2424	5,50	1929	6,50	1642	906	30	20	120	58	0,32	0,18	21,10	20,70	0,5	0,70	0,44
Marzo	4680	6,23	1949	6,27	2211	1377	211	11	124	94	0,09	0,04	21,04	19,55	0,5	0,58	0,45
Abril	3892	6,40	2183	6,45	1538	856	11	7	240	101	0,22	0,17	20,56	18,44	0,5	0,46	0,42
Mayo	7679	7,23	4305	8,53	2876	732	100	43	130	275	0,36	0,05	22,10	21,20	0,5	0,81	0,29
Junio	5961	7,27	2765	7,72	2112	408	30	14	256	158	0,08	0,05	20,05	17,95	0,5	0,80	0,41
Julio	2300	7,28	1007	8,61	1485	381	27	13	260	122	0,57	0,14	21,92	19,00	0,5	0,50	0,46
Agosto	3143	7,81	1482	6,72	1470	792	19	10	160	170	0,27	0,26	20,02	19,46	0,5	0,92	0,60
Septiembre	4395	8,85	2450	8,23	2668	1323	68	37	323	216	0,10	0,05	21,98	18,74	0,5	0,45	0,47
Octubre	18400	6,89	9237	8,41	9420	4800	139	44	1240	2440	0,62	0,42	21,52	19,20	0,5	1,18	0,98
Noviembre	4416	6,53	2484	8,74	2670	1283	21	9	540	600	0,09	0,05	19,70	18,58	0,5	0,52	0,44
Diciembre	7440	5,59	3511	8,31	3301	1815	116	21	134	223	0,09	0,05	17,90	17,64	0,5	0,47	0,24
prom	5821	6,81	3037	7,60	2859	1313	96	22	447	380	0,24	0,14	20,64	18,99	0,50	0,64	0,47
Max	18400	8,85	9237	8,74	9420	4800	376	44	1840	2440	0,62	0,42	22,10	21,20	0,50	1,18	0,98
min	2300	5,50	1007	6,27	1470	381	11	7	120	58	0,08	0,04	17,90	17,38	0,50	0,33	0,24

(1) Datos de entrada a la PTAR. (2) Datos de salida de la PTAR  Datos fuera de los límites establecidos tanto para entrada como para salida.

**Tabla 6. Eficiencias de Remoción para DQO y Aceites y Grasas para el Año 2005 de la PTAR.**

MES	% remoción DQO (mg/L)	% remoción Ay G (mg/L)
Enero	38,73	91,22
Febrero	20,42	33,33
Marzo	58,35	94,79
Abril	43,91	36,36
Mayo	43,94	57,00
junio	53,62	53,33
julio	56,22	51,85
agosto	52,85	47,37
septiembre	44,25	45,59
Octubre	49,80	68,35
Noviembre	43,75	57,14
Diciembre	52,81	81,90
<b>PROM</b>	<b>46,55</b>	<b>59,85</b>

**Figura 12. Esquema de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en su Funcionamiento Actual.**



De acuerdo con los datos obtenidos por los análisis realizados en el año anterior se observa que la mayoría de los casos no se da cumplimiento con los límites de entrada para los parámetros de DQO y DBO, por lo tanto los resultados esperados al final no dan cumplimiento con los requerimientos del DAMA, tampoco porcentajes de remoción dados por el diseño.

En el mes de Octubre se presenta un valor de 2440 mg/L de sólidos suspendidos totales en la salida, valor superior al obtenido a la entrada (1240 mg/L) lo cual no es normal e indica que durante el proceso se generaron, sin embargo esta situación se presentó ya que la biomasa de una etapa de biodiscos se desprendió y por esto dio este valor.

La práctica de coleccionar las aguas de primeros lavados y su disposición en un contenedor y luego su dilución con agua potable no brinda ningún beneficio para la planta de tratamiento y si más bien se tiene que disponer de mano de obra para el tiempo de colección, transporte y disposición de las aguas al colector, luego un gasto del recurso hídrico y se atenta ante la economía de la fábrica ya que se utiliza agua potable del acueducto para llevarla a una planta de tratamiento de aguas residuales aumentando de igual forma el caudal a tratar, por esta razón también se puede ver influenciado el caudal como otro parámetro de entrada de diseño que no ha sido cumplido. Además, existe un requisito legal que prohíbe utilizar esta práctica para el cumplimiento de parámetros (Dec. 1594/84)

## **2. CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES**

### **2.1. MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN INICIAL**

La fábrica cuenta con dos zonas separadas una para la fabricación de aromas para la industria de alimentos y otra para la fabricación de fragancias para la industria química y cosmética; los desagües de las fábricas son independientes entre si y también es independiente de las de las aguas residuales domesticas de la compañía que van directamente al alcantarillado de la ciudad, y las aguas residuales industriales son llevadas de forma independiente a un pozo que es la primera etapa de la PTAR.

Para el desarrollo del muestreo, la compañía implementó el uso de mangueras conectadas desde la descarga de cada uno de los equipos o tanques de mezcla hasta los sifones que conducen el agua residual hasta la PTAR. Además, se suspendió el uso del tanque colector plástico de 1.000 litros, el cual venía siendo utilizado para recoger los primeros enjuagues por estar más concentrados. Es así como, se garantizó que todo lo generado durante el proceso de lavado en las plantas de producción llegaría hasta la PTAR.

Simultáneamente, se identificaron todos y cada uno de los equipos de las plantas de producción y se reconoció el sistema de separación de redes de aguas lluvias y residuales industriales. Ver anexo 1. Plano de redes de aguas lluvias, aguas residuales domésticas e industriales .

**Figura 13. Conducción con Mangueras del Tanque al Sifón**



**Figura 14. Conexión del Tanque de Producción**



Algunos equipos no requieren conexión con mangueras ya que debajo de su descarga se cuenta con un cárcamo para la recepción y evacuación de las aguas, lo cual sucede en las zonas para la elaboración de productos en polvo (fabrica de sabores).

**Figura 15. Cárcamos Línea de Polvos**



**Figura 16. Llegada de Aguas al Pozo de la PTAR.**



El proceso de muestreo se inició aforando el caudal mediante el uso de la bomba centrífuga que saca el agua desde el pozo de bombeo hacia el tanque balanza o de alimentación.

Este tanque balanza fue aforado inicialmente tomando las dimensiones del mismo y determinando su volumen efectivo, el cual es de 525 litros; luego se inicia el bombeo hacia este tanque y se toma el volumen final de agua que llega cada vez que la bomba se enciende. El volumen que esta bomba envía cada vez que enciende es de 360 litros.

Se compone la muestra durante ocho (8) horas, incluidas las muestras antes de trampa de grasas, después de trampa de grasas, después del tratamiento biológico en los Biodiscos y al efluente final. Durante este proceso de muestreo, se cubrió la totalidad de las horas de operación de las plantas de producción para tener mayor certeza de los datos obtenidos, tanto en caudal como en concentración de contaminantes.

**Tabla 7. Resultados del Afluente a la PTAR.**

<b>AFLUENTE PTAR</b>								
	pH	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Solidos totales (mg/L)	S.S.T (mg/L)	S.S (mg/L- h)	GyA (mg/L)	Tensoactivos (mg/L)
día 1	5,35	5003,8	3008	1419	136,8	0,09	231,1	0,8
día 3	4,96	8800	3488	3967,8	146,7	1,2	128,7	0,64
día 4	4,48	7163,8	3840	3646,6	197,5	0,5	131	0,06
día 11	6,52	5610	2805					
día 15	8,23	14120	7060					
día 23	5,4	8610	4305					
día 24	5,85	6680	3340					
<b>PROM</b>	5,83	7998,23	3978,00	3011,13	160,33	0,60	163,60	0,50
<b>MAX</b>	8,23	14120,00	7060,00	3967,80	197,50	1,20	231,10	0,80
<b>MIN</b>	4,48	5003,80	2805,00	1419,00	136,80	0,09	128,70	0,06

**Tabla 8. Resultados del Efluente de la PTAR**

<b>EFLUENTE PTAR</b>								
	pH	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Solidos totales (mg/L)	S.S.T (mg/L)	S.S (mg/L- h)	GyA (mg/L)	Tensoactivos (mg/L)
día 3	5,82	4662,9	1824	1942,9	161	0,09	117,4	0,03
día 4		5673,9	2944				125,1	
<b>Rsln 1074</b>	<b>5-9</b>	<b>2000</b>	<b>1000</b>		<b>800</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	<b>20</b>

<b>% Remoción</b>	<b>47,0</b>
<b>DQO</b>	<b>20,8</b>
<b>Promedio</b>	<b>33,9</b>

De acuerdo con los datos obtenidos se cuenta con una gran variabilidad en el afluente con respecto a los datos de DBO y DQO esto dado a que los productos elaborados no corresponden a productos de línea sino a una gran variabilidad en los productos realizados día a día, por lo que nunca un día será igual a otro en producciones y cantidades elaboradas. De acuerdo con los datos de diseño el ingreso máximo para la DBO es de 2000 mg/L y para la DQO es de 4000 mg/L, por lo tanto no se está dando cumplimiento.

La remoción de la DQO y DBO se realiza en su mayoría en el sistema biológico (biodiscos) sin embargo el porcentaje de remoción para la DQO y DBO es de un 35% aproximadamente lo cual tampoco da cumplimiento con los datos de diseño que indican que debe ser de un 50%.

El contenido de grasas es realmente bajo de acuerdo con el requisito de diseño máx 500 mg/L, sin embargo no se está dando cumplimiento con los requisitos legales máx 100, tampoco con el % de remoción dado por diseño que corresponde al 80%

**Tabla 9. Resultados de remoción trampa de grasas.**

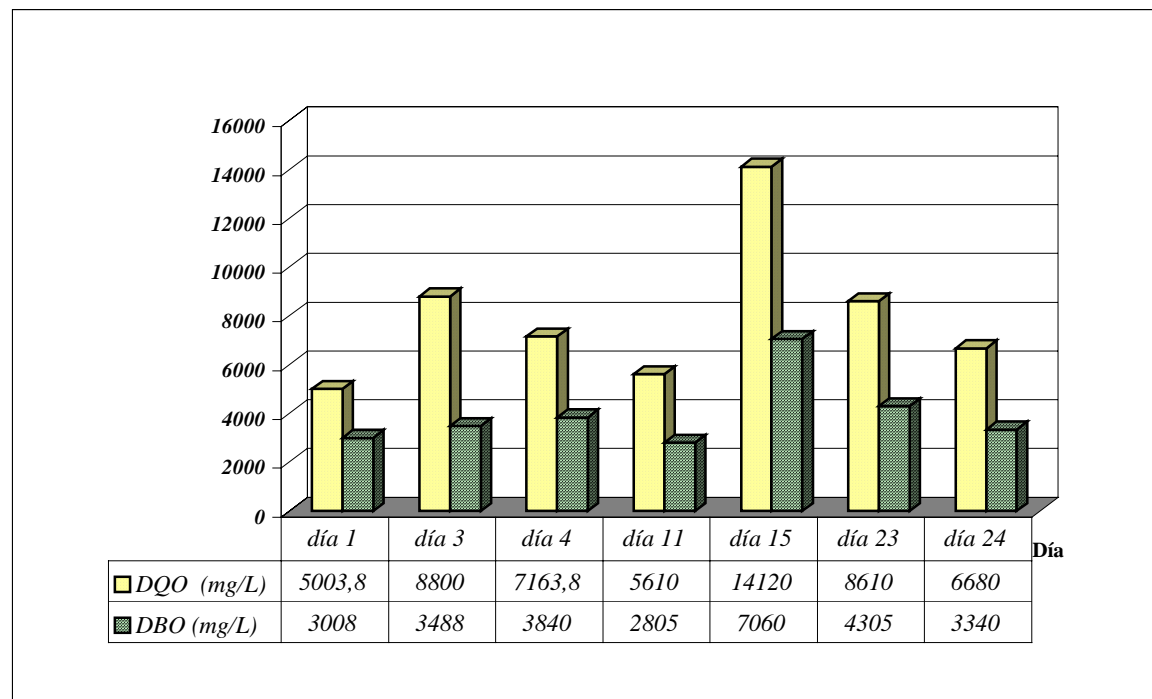
<b>TRAMPA DE GRASA</b>			
	GyA (mg/L) Antes	GyA (mg/L) Despues	Limite Rsln. 1074
Día 3	318,8	189,6	100
Día 4	128,2	131	100

<b>% Remoción</b>	<b>28</b>
-------------------	-----------

**Tabla 10. Resultados de Remoción en los Biodiscos**

<b>BIODISCOS</b>		
	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)
<b>SALIDA</b>	4647,7	1920
<b>ENTRADA</b>	6921	3163
<b>% Remoción</b>	<b>32</b>	<b>39</b>
<b>Promedio</b>		<b>35,5</b>

**Gráfico 1. La DQO-DBO Afluyente PTAR**



Para tener conocimiento de las características de las aguas residuales generadas se realizan muestreos compuestos de 8 horas de los efluentes de cada una de las plantas por separado (fragancias y sabores) registrando los valores de volumen, tiempo, caudal, minutos de vertido y total vertido.

Durante estos días de muestreo y medición de caudal, se verifica en las plantas de producción las referencias de productos que se están fabricando, las materias primas principales y los tiempos de lavado de Medidas, tanques y demás equipos de las plantas de producción. A su vez, se revisa la zona de lavado de traperos y otros materiales utilizados en limpieza de pisos.

**Tabla 11. Resultados Efluente Fábrica de Sabores**

EFLUENTE SABORES								
	pH	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Solidos totales (mg/L)	S.S.T (mg/L)	S.S (mg/L-h)	GyA (mg/L)	Tensoactivos (mg/L)
día 3	4,0	37627	13000	12588	452,6	2,7	243,6	N.D
día 5	4,69	7244,7	2912	6055,9	261,8	< 0.1	92,3	N.D
Día 22		18100	9050					
Día 26		4850	2425					

**Tabla 12. Muestras Efluente Sabores Día 2**

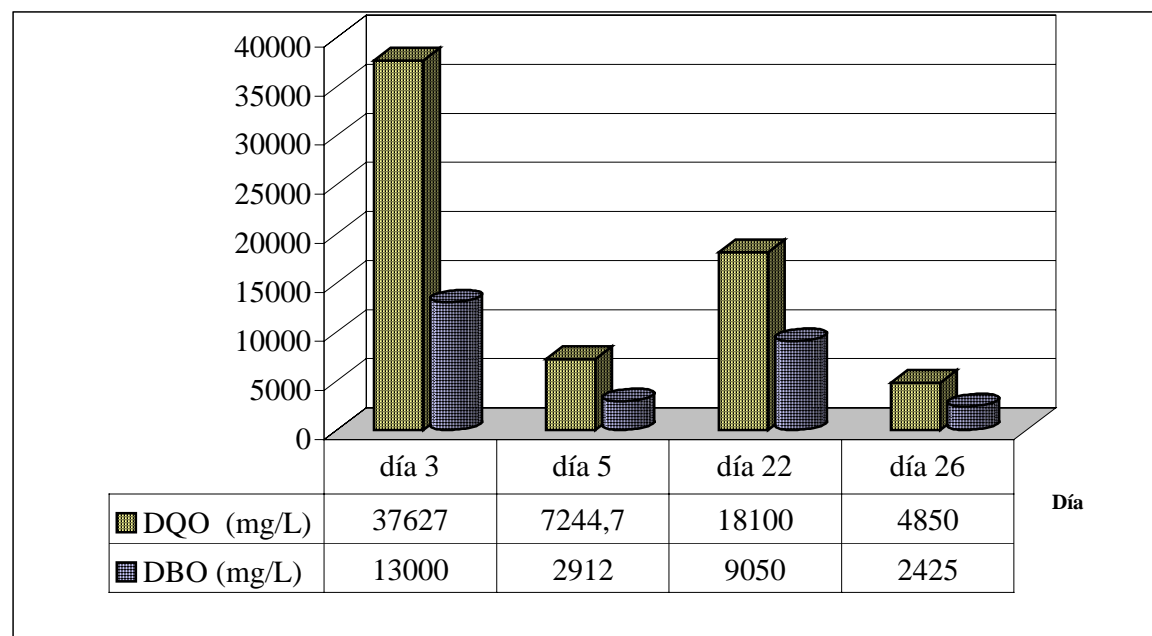
Hora	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lpm)	Minutos de vertido	Total Vertido (L)	Total Vertido L/día (aprox).
9:30	2000	25	4,80	8	38,40	910,36
10:15	1000	25	2,40	6,5	15,60	
10:45	2000	20	6,00	7,5	45,00	
11:30	2000	20	6,00	8,5	51,00	
13:00	2800	23	7,30	6,5	47,48	
13:30	3000	25	7,20	10,5	75,60	
14:00	3700	29,6	7,50	8,5	63,75	
14:30	3000	15	12,00	8,5	102,00	
14:40	2500	11,19	13,40	9	120,64	
15:45	1000	21	2,86	4	11,43	
16:00	4600	11	25,09	12,5	313,64	
16:20	1000	25	2,40	8,5	20,40	
17:00	400	20	1,20	3,5	4,20	
19:00	70	45	0,09	7	0,65	
20:00	70	55	0,08	7,5	0,57	

**Tabla 13. Muestras Efluente Sabores Día 3**

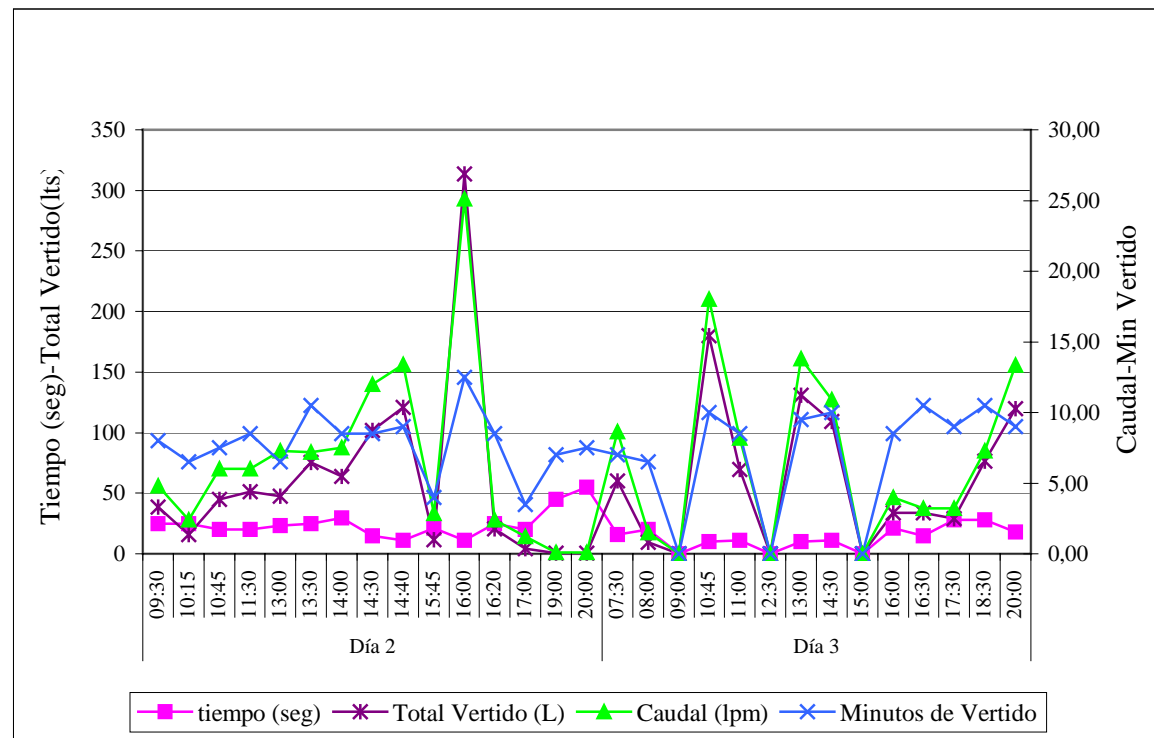
Hora	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lpm)	Minutos de vertido	Total Vertido (L)	Total Vertido L/día (aprox).
7:30	2300	16	8,63	7	60,38	852,89
8:00	500	20	1,50	6,5	9,75	
9:00	0	0	0,00	0	0,00	
10:45	3000	10	18,00	10	180,00	
11:00	1500	11	8,18	8,5	69,55	
12:30	0	0	0,00	0	0,00	
13:00	2300	10	13,80	9,5	131,10	
14:30	2000	11	10,91	10	109,09	
15:00	0	0	0	0	0,00	
16:00	1400	21	4,00	8,5	34,00	
16:30	800	15	3,20	10,5	33,60	
17:30	1500	28	3,21	9	28,93	
18:30	3400	28	7,29	10,5	76,50	
20:00	4000	18	13,33	9	120,00	

Total Vertido L/día (aprox): sumatoria de los totales vertidos (L)

**Gráfico 2. La DQO – DBO efluente Fábrica de Sabores.**



**Gráfico 3. Comportamiento Efluente Fábrica Sabores**



**Tabla 14. Resultados Efluente Fábrica de Fragancias**

EFLUENTE FRAGANCIAS								
	pH	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Solidos totales (mg/L)	S.S.T (mg/L)	S.S (mg/L-h)	GyA (mg/L)	Tensoactivos (mg/L)
día 3	4,91	9048,8	4064	808,9	70,9	0,2	135,8	0,25
día 5	5,04	6583	3168	1544,2	88,5	0,7	66,1	0,15
día 22		11003	5501,5					

**Tabla 15. Muestreo Efluente Fragancias Día 2**

(Muestreo Aleatorio)

Hora	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lpm)	Minutos de vertido	Total Vertido (L)	Total Vertido L/día (aprox).
9:30	5500	35	9,43	4,50	42,43	538,91
10:30	4000	21	11,43	4,50	51,43	
10:45	2000	11	10,91	3,50	38,18	
11:30	2000	7	17,64	6,00	102,86	
12:00	2000	20	6,00	6,50	39,00	
12:30	3500	15	14,00	3,50	49,00	
14:00	3000	19,6	9,18	5,00	45,92	
14:10	1600	11,5	8,35	4,00	33,39	
14:30	2000	20	6,00	3,50	21,00	
15:00	2100	20	6,30	3,00	18,90	
15:45	3700	15	14,80	3,50	51,80	
16:05	3000	22	8,18	5,50	45,00	

**Tabla 16. Muestreo Efluente Fragancias Día 3**

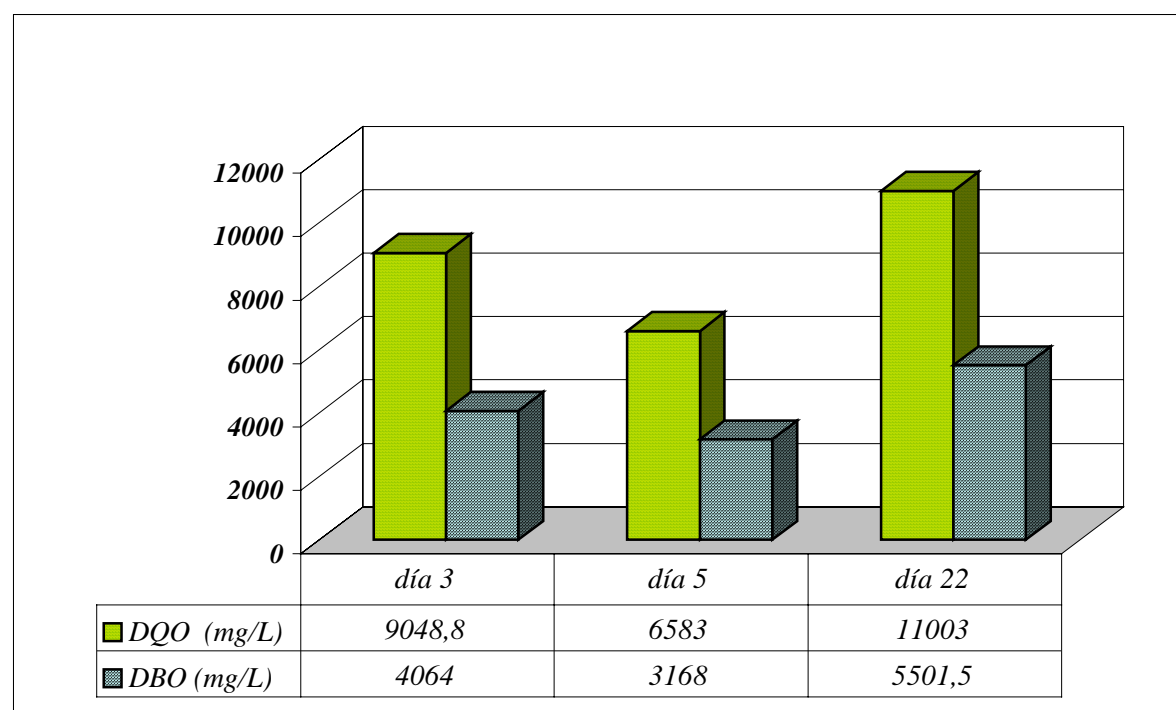
Hora	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lpm)	Minutos de vertido	Total Vertido (L)	Total Vertido L/día (aprox).
7:30	300	20	0,90	5,00	4,50	602,75
8:00	1300	10	7,80	4,50	35,10	
9:00	3000	10	18,00	6,00	108,00	
9:30	1300	11	7,09	2,50	17,73	
11:15	1100	8	8,25	3,50	28,88	
11:45	2000	15	8,00	5,00	40,00	
12:45	2800	10	16,80	5,50	92,40	
13:00	400	10	2,40	2,50	6,00	
14:00	4500	10	27,00	4,00	108,00	
15:00	3000	10	18,00	5,00	90,00	
17:30	3700	20	11,10	6,50	72,15	
19:00	0	0	0,00	0,00	0,00	

**Tabla 17. Muestreo Efluente Fragancias Día 4**

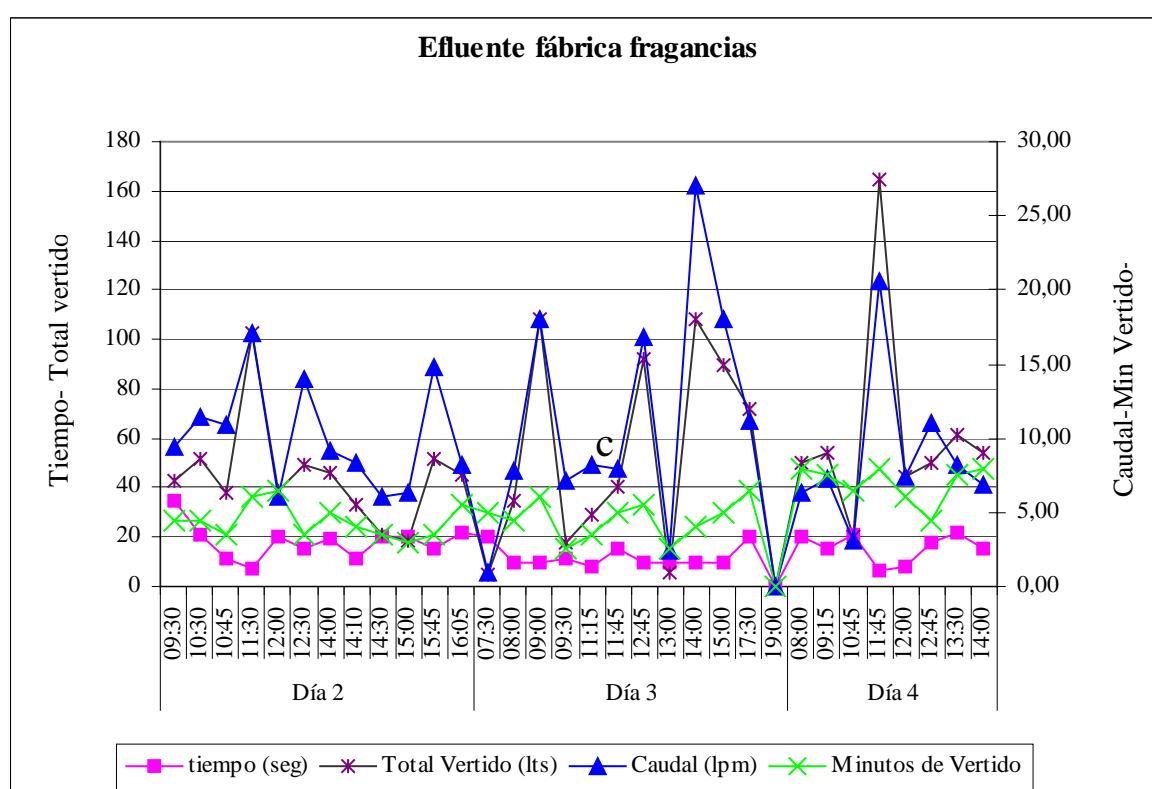
Hora	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lpm)	Minutos de vertido	Total Vertido (L)	Total Vertido L/día (aprox).
8:00	2100	20	6,30	8,00	50,40	499,69
9:15	1800	15	7,20	7,50	54,00	
10:45	1100	21	3,14	6,50	20,43	
11:45	2200	6,4	20,63	8,00	165,00	
12:00	1000	8,1	7,41	6,00	44,44	
12:45	3200	17,4	11,03	4,50	49,66	
13:30	3000	22	8,18	7,50	61,36	
14:00	1700	15	6,80	8,00	54,40	

Total Vertido L/día (aprox): sumatoria de los totales vertidos (L)

**Gráfico 4. La DQO – DBO Efluente Fábrica de Fragancias.**



**Gráfico 5. Comportamiento Efluente Fábrica Fragancias.**



Con respecto a los resultados obtenidos, se puede indicar que el efluente de la planta de sabores, presenta el mayor aporte contaminante ya que los valores presentados estuvieron entre los 4.800 mg/L y 37.000 mg/L como DQO y caudales entre los 850 L/hora hasta 910 L/hora, mientras que el efluente de la planta de perfumería, tuvo valores entre los 6.500 mg/L y 11.000 mg/L de DQO y caudales entre los 500 L/hora hasta 600 L/hora.

Podemos definir las proporciones de aportación de cada uno de las plantas de producción, cuyos valores en promedio son: 39.3% para fragancias y 60.7 % para sabores.

También se realiza una toma de muestra de las aguas residuales antes de la trampa de grasas, es allí donde llegan las aguas compuestas de ambas fábricas para ser tratadas y se toman datos de pH, conductividad, sólidos sedimentables, alcalinidad y volumen.

**Tabla 18. Muestreo antes de la Trampa de Grasas, Mezcla de Efluentes de las Fábricas de Fragancias y Sabores.**

**Día 1**

Hora	pH	Conductividad (uS/cm)	S.S. (ml/L)	Alcalinidad T (ppm CaCO3)	color	Volumen de agua (litros/día)	Productos	Obs
09:30	8,0	698	0,2	60	Lechoso	4320		El volumen bombeado es de 360 lts.cada vez que la bomba envía hacia el tanque balanza. Lavado de Medidas fragancias- sabores
10:30	8,0	630	0,5	120	Lechoso			
11:00	8,0	663	0,6	130	Lechoso			
11:40	10,0	1108	1	220	Lechoso			
12:00	0,0	0	0	0				
13:00	9,0	998	0,1	240	Lechoso			
14:00	9,0	1077	0,6	260	Lechoso			
14:30	9,0	780	0,4	220	Lechoso			
15:30	9,0	833	0,6	200	Lechoso			
17:30	9,0	753	0,7	300	Lechoso			
18:30	0,0	0	0	0				
19:30	10,0	712	0,2	200	Lechoso			
20:00	9,0	653	0,8	240	Lechoso			

**Día 2**

hora	pH	conductividad (uS/cm)	S.S. (ml/L)	Alcalinidad T (ppm CaCO3)	color	Volumen de agua (litros/día)	Productos	Obs
10:30	9,0	743	0,4	340	Amarillo	3960	528571-Aroma Carne-Aroma Sandía (Glutamato – Sal – Lactosa- Aceite comestible triglicérido Kosher, Triacetina)	Lavado de Medidas fragancias - sabores, Mezclador de polvos de capacidad de 500 kg, Lavado sedimentador final PTAR, Mezclador de polvos vertical de capacidad de 3000 kg.
11:00	9,0	657	0,3	300	Café			
11:45	9,0	579	0,3	360	Café			
12:00	0,0	0	0	0				
12:30	9,0	523	0,2	360	Café			
14:00	8,0	3700	0,6	160	Café			
14:45	9,0	1845	0,1	200	Verde			
15:00	9,0	2060	0,4	180	Verde			
15:45	8,5	4730	1,4	240	Verde			
16:10	9,0	4110	1	240	Café			
16:20	8,5	3080	0,6	190	Café			
17:00	8,5	2540	0,1	190	Café			
18:00	0,0	0	0	0				
19:30	0,0	0	0	0				

**Día 3**

Hora	pH	conductividad (uS/cm)	S.S. (ml/L)	Alcalinidad T (ppm CaCO3)	color	Volumen de agua (litros/día)	Productos	Obs
06:30	6,0	1118	0,3	60	Café	6840	Aroma Fresa-Aroma rancho - Aroma Canela - Aroma Lima limón (Azucar pulverizada - Maltodextrina - ácido silícico - Sal - Aroma canela - Agua - Azucar cristales - almidón de maiz)	Lavado Torre Spray Dry-Mezclador homogenizador de polvos vertical- lavado de medidas de fragancias y sabores
07:00	8,0	793	0,4	140	Café			
07:30	9,0	942	0,2	210	Café			
08:00	9,0	1147	0,2	190	Café			
09:00	9,0	955	0,2	190	Café			
09:30	9,0	800	0,1	200	Café			
09:45	9,0	670	0,1	220	Café			
10:30	9,0	718	0,2	200	Café			
11:30	9,0	809	0,5	220	Café			
12:00	8,0	1580	0,6	190	Lechoso			
13:30	8,0	1580	0,3	180	Lechoso			
14:00	9,0	1580	0,5	220	Café			
14:30	9,0	674	0,5	230	Café			
15:00	9,0	679	0,2	330	Café			
15:30	9,0	795	0,5	400	Café			
16:10	9,0	858	0,2	340	Café			
17:30	9,0	856	0,1	330	Café			
18:00	0,0	0	0	0				
18:30	10,0	739	0,1	160	Verde Claro			
20:00	9,0	644	0,1	220	Verde Claro			

**Día 4**

Hora	pH	conductividad (uS/cm)	S.S. (ml/L)	Alcalinidad T (ppm CaCO3)	color	Volumen de agua (litros/día)	Productos	Obs
08:30	8,0	618	0,6	140	Café	4680	Aroma de Te ingles - Aroma citurs emulsión-Lavado de medidas-Spray Cítrico (Agua - Maltodextrina - aceite de girasol refinado - purity gum - aceite esencial de naranja)	El operario adiciona diariamente (7:30 am) 125 gr de Soda y 25 gr de Urea al tanque de inicio. Prepara 2100 gr de Hipoclorito de Calcio en 25 litros de agua para dosificarlos en el tanque final.
09:30	0,0	0	0	0				
10:00	8,0	610	0,1	150	Café			
10:30	8,0	607	0,2	100	Café			
11:00	5,0	591	0,2	400	Naranja			
11:15	6,0	519	0,3	390	Naranja			
11:45	7,0	490	0,5	400	Naranja			
12:15	7,0	646	0,5	400	Naranja			
12:45	5,0	1712	0,1	0	Amarillo			
13:00	6,0	1100	0,1	20	Amarillo			
14:00	7,0	1109	0,4	160	Café			
14:45	8,0	1150	0,5	160	Café			
15:00	7,0	1167	0,5	150	Café			

**Día 7**

Hora	pH	conductividad (uS/cm)	S.S. (ml/L)	Alcalinidad T (ppm CaCO3)	color	Volumen de agua (litros/día)	Productos	Obs
09:30	5,0	1161	0,5	3000	Rojo	3240	Aroma citrus punch-Aroma colita-Aroma Pollo--Lavado de Tk300-1200 y 3000 lts (Agua- Aceite de girasol refinado – purity gum- goma arabiga – glutamato monosodico – sal con yodo -maltodextrina	En recirculación desde el Domingo , lavado de pisos, ductos, etc. Color Rojo todo el día pero bajo flujo Lavado de medians de fragancias y sabores
10:30	4,0	895	0,5	1500	Rojo			
10:45	5,0	896	0,5	1500	Rojo			
11:15	5,0	2060	0,5	750	Rojo			
12:00	4,0	1970	0,5	750	Rojo			
12:30	0,0	0	0	0				
13:15	6,0	3860	0,5	8750	Rojo			
02:00	7,0	1770	0,5	1400	Rojo			
02:30	8,0	1210	0,5	1250	Rojo			
03:30	9,0	1229	0,5	300	Rojo			
04:00	0	0	0	0				

**Día 8**

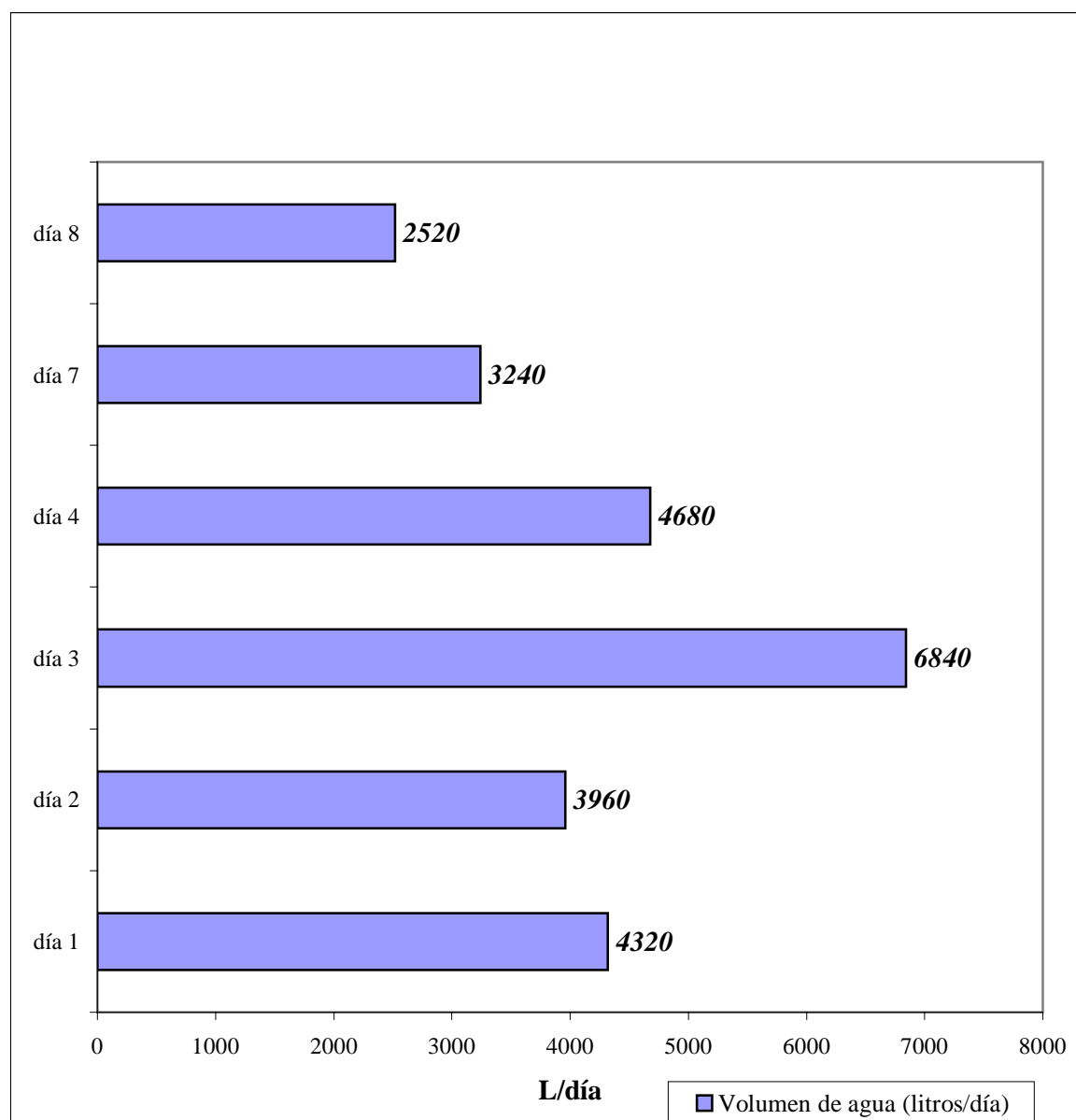
hora	pH	conductividad (uS/cm)	S.S. (ml/L)	Alcalinidad T (ppm CaCO3)	color	Volumen de agua (litros/día)	Productos	Obs
07:45	7,0	3600	0,5	420	Rosado	2520	Sabor-Aroma Picante (Sal – Aldehido cumínico – Maltroextrina – glutamato monosodico)	Lavado de mezclador de polvos de capacidad de 500kg y mezclador de polvos vertical de capacidad de 3000 kg. Se nota alta presencia de Grasas en el vertimiento-Bajo Flujo de Agua
08:30	8,0	2490	0,5	350	Rosado			
09:00	9,0	1860	0,5	240	Rosado			
10:00	9,0	1475	0,4	230	Rosado			
10:30	9,0	1173	0,4	200	Rosado			
11:00	9,0	1154	0,4	330	Rosado			
12:30	9,0	6070	0,2	360	Rosado			
13:00	0,0	0	0	0				

Volumen (litros/día) es calculado por el volumen bombeado \* número de bombeos al día.

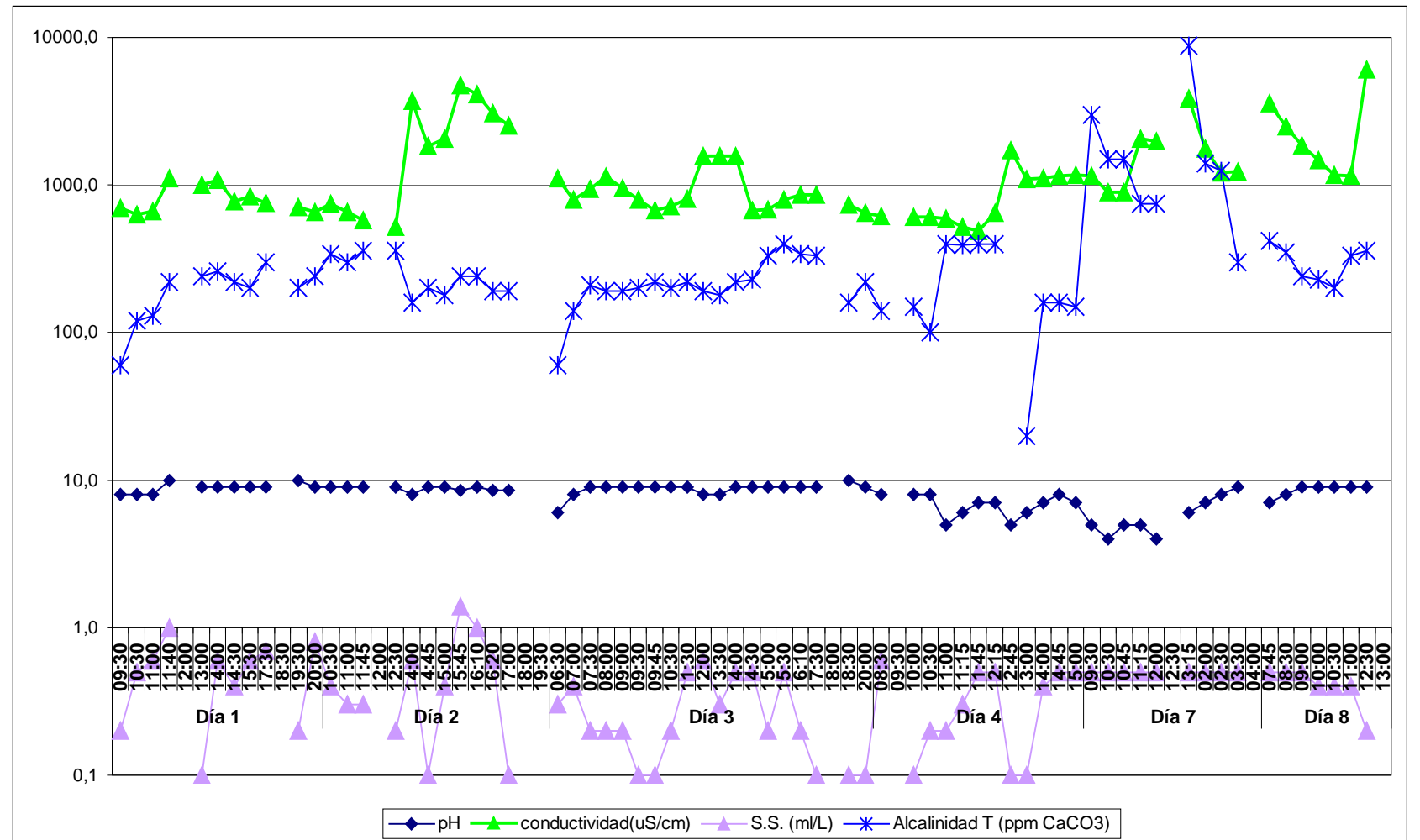
Durante estos días de muestreo y medición de caudal, se verifica en planta de producción las referencias de productos que se están fabricando, las materias primas principales y los tiempos de lavado de medidas, tanques y equipos de mezclas de polvos y demás equipos de la planta de producción. A su vez, se revisa la zona de lavado de traperos y otros materiales utilizados en limpieza de pisos.

El promedio de pH de la mezcla de los afluentes de sabores y fragancias es de 8.1, pero durante los días de pruebas se obtuvieron como valores mínimos de 4.0 y máximo de 10.0.

**Gráfico 6. Caudal Vertido al Día a la PTAR**



**Grafico 7. Comportamiento Mezcla de Efluentes de las Fábricas de Fragancias y Sabores.**



## 2.2. LISTADO Y DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS

### 2.2.1. Clasificación de Materias Primas

La compañía cuenta con 773 materias primas para la elaboración de sabores para la industria de alimentos, y 1300 materias primas para la elaboración de fragancias para la industria química y cosmética.

Como productos terminados se cuentan con 939 referencias de productos terminados para sabores y 2000 referencias de productos terminados para fragancias.

Debido a la variedad de materias primas utilizadas en la industria, para un total de 2073 se realiza una agrupación de materias primas de acuerdo a las top 100 es decir aquellas que tienen un consumo año mayor o igual a los 2000 kg/ año así:

### 2.2.2. Hidrocarburos Alifáticos

- Alifáticos: dipenteno  $C_{10}H_{16}$ , terpenos de limón wonf
- Hidrocarburos aromáticos: con anillo bencénico.
- Alcoholes: Compuestos orgánicos que contienen grupos funcionales hidroxilos OH- unidos al carbono. Dentro de las formulaciones encontramos el dipropilenglicol  $C_7H_{16}O_3$ , propilenglicol-1,2  $C_3H_8O_2$  ( $CH_3CHOHCH_2OH$ ), alcohol etílico 96%  $C_2H_5OH$ , alcohol feniletílico puro, alcohol bencílico, dihidromircenol  $C_9H_{10}O_2$ , terpineol puro  $C_{10}H_{18}O$ , solutol a, linalool especial  $C_{10}H_{18}O$  ( $((CH_3)_2C=CHCH_2CH_2C-(CH_3)(OH)CH=CH_2$ , linalol, timol cristales.  $C_{10}H_{14}O$  (unido a un anillo), mentol líquido  $C_{10}H_{20}O$ , mentol l, geraniol 60  $C_{10}H_{18}O$ . no solubles en agua.
- Aldehídos: Son compuestos orgánicos que contienen el grupo funcional formilo – CHO. Dentro de las formulaciones se encuentran el aldehído cinámico  $C_9H_8O$ , aldehído alfa hexil cinámico, aldehído benzoico, aldehído anísico puro, etilvainillina, liral a (4(4Hidroxi 4metil gentil) 3 ciclohexeno 10 carboxialdehido. No solubles en agua.

- Eteres: Son compuestos orgánicos que contienen el grupo funcional alcoxilo - O -, es decir un oxígeno unido a dos átomos de carbono R-O-R, dentro de las formulaciones encontramos la Heliotropina, triacetina dd  $C_9H_{14}O_6$  ( $C_3H_5-(OCOCH_3)$ ).
- Esteres (Acetatos, Salicatos): Compuestos orgánicos con el grupo funcional alcóxicarbonilo  $-COO-$ , dentro las formulaciones podemos encontrar el acetato de bencilo  $C_9H_{10}O_2$ , acetato de isoamilo g  $C_7H_{14}O_2$  ( $CH_3COO-CH_2CH_2CH(CH_3)_2$ ), acetato de linalilo  $C_{12}H_{20}O_2$  ( $CH_3COOC_{10}H_{17}$ ), acetato de terpinilo  $C_{12}H_{20}O_2$ , acetato de butilo  $C_6H_{12}O_2$  ( $(CH_3)_2CH-CH_2-OOC-CH_3$ ), acetato de isobornilo, acetato de etilo  $CH_3-COOH-C_2H_5$ , neo heliopan av, hediona (Metil dihidrojasmonat)  $C_{13}H_{22}O_3$ , salicilato de bencilo  $C_{14}H_{12}O_3$ , salicilato de amilo  $C_{12}H_{16}O_3$ , salicilato de metilo  $C_8H_8O_3$ , butirato de etilo  $C_6H_{12}O_2$ , citrato de trietilo, dietilftalato  $C_{12}H_{14}O_4$ , oriclona@ especial (Butilo ciclohexil acetato), lial (Lial Methylantranilato)  $C_{22}H_{27}NO_2$  (contiene grupo amino terciario), no solubles en agua o muy poco solubles con rangos de 0.07% solubles en agua, la mayoría son solubles en alcoholes y aceites.

### 2.2.3. Grasas y Aceites

- **Aceites:** Compuestos líquidos no solubles en agua en su mayoría de origen vegetales y muy pocos son los utilizados de origen minerales dentro de los cuales se pueden encontrar el aceite de girasol refinado, aceite esencial de naranja blanca brazil, aceite de naranja brazil, aceite comestible triglicérido kosher, aceite esencial menta piperita china, aceite esencial patchouly decol.
- **Grasas:** Compuestos sólidos a temperatura ambiente y son extraídas principalmente de tejidos animales. Dentro de las formulaciones encontramos la grasa de pollo.
- **Carbohidratos:** Son compuestos orgánicos que presentan en su estructura hidrógeno y oxígeno en la misma proporción que en agua, se forman en las plantas verdes como resultado de la fotosíntesis. Dentro de las formulaciones encontramos la maltodextrina de maíz, almidón de maíz, glutamato monosódico, leche entera en polvo, aroma lulo, azúcar en cristales, lactosa, queso en polvo tipo gouda, queso en

polvo lactosan, goma arábica, extracto de levadura, aroma pera, cebolla tostada, suero de leche, aroma caramelo leche, aroma durazno, aroma mango entre otros.

- **Proteínas:** Concentrado de pollo, pechugas de pollo, proteína de maíz.
- **Acidos:** ácido silícico  $H_2SiO_3$  oxácido no soluble en agua, ácido capríco natural  $C_8H_{16}O_2$ .

Compuestos inorgánicos: Oxido: óxido de zinc  $ZnO$  utilizado para enturbante, dióxido de titanio  $Ti_2O$ , sal con yodo.

La gran mayoría de materias primas corresponden a hidrocarburos aromáticos y aceites esenciales obtenidos de animales y vegetales que aunque su proporción en las formulaciones es muy poca pueden tener incidencia en las aguas residuales industriales generadas por el lavado de equipos.

### 3. TRATAMIENTOS PROPUESTOS

#### 3.1. TRATAMIENTO FISICO-QUIMICO

Con la denominación de tratamiento físico-químico de aguas residuales industriales se engloban una serie de tratamientos primarios, secundarios y terciarios que se suelen aplicar frecuentemente en las industrias de los cuales tendremos una breve reseña así:

##### 3.1.1. Tratamientos Primarios

- **Homogenización de efluentes:** con el mezclado y homogenización de los distintos efluentes generados en el proceso productivo se consigue disminuir las fluctuaciones de caudal de los diferentes vertidos, consiguiendo una única corriente de caudal y concentración más constante. Se suelen realizar en tanques agitados.
- **Cribado:** Esta etapa sirve para eliminar los sólidos de gran tamaño presentes en el agua residual. Se suelen realizar mediante rejillas, con aberturas entre 5-90 mm.
- **Neutralización:** la neutralización (tratamiento ácido-base del agua residual) puede utilizarse para los siguientes fines:
  - a. Ajuste final del pH del efluente último antes de la descarga al medio receptor: 5,0-9.0
  - b. Antes del tratamiento biológico: pH entre 6,5-8,5 para una actividad biológica óptima.
  - c. Precipitación de metales pesados: es la aplicación más importante. Intervienen diversos factores: producto de solubilidad del metal, pH óptimo de precipitación, concentración del metal y del agente precipitante, presencia de agentes complejantes del metal (cianuros, amonio). Los metales pesados se precipitan normalmente en forma de hidróxidos, utilizando cal hasta alcanzar el pH óptimo de precipitación (6-11).

### 3.1.2. Tratamientos Secundarios

Coagulación-floculación: para eliminar sólidos en suspensión y material coloidal.

La coagulación consiste en la desestabilización de las partículas coloidales, empleando productos químicos (coagulantes) que neutralizan la carga eléctrica de los coloides; la floculación consiste en la agrupación de las partículas coloidales desestabilizadas, formando agregados de mayor tamaño denominados “flóculos”, los cuales sedimentan por gravedad.

Para favorecer la formación de flóculos más voluminosos y su sedimentación, se suelen utilizar determinados productos químicos (floculantes), generalmente de naturaleza polimérica. Estos floculantes establecen puentes de unión entre los flóculos inicialmente formados.

Los principales compuestos químicos usados como coagulantes son:

- Sales de aluminio: sulfato de aluminio, cloruro de aluminio, policloruro de aluminio (polímero inorgánico de aluminio).
- Sales de hierro: cloruro de hierro (III), sulfato de hierro (III).
- Decantación: Se utiliza para la eliminación de materia en suspensión que pueda llevar el agua residual, eliminación de los flóculos precipitados en el proceso de coagulación floculación o separación de contaminantes en un proceso de precipitación química (metales)
- Filtración: La filtración es una operación que consiste en hacer pasar un líquido que contiene materias en suspensión a través de un medio filtrante que permite el paso del líquido pero no el de las partículas sólidas, las cuales quedan retenidas en el medio filtrante. De este modo, las partículas que no han sedimentado en el decantador son retenidas en los filtros.
- Separación de fases:
- Separación sólido-líquido: separación de sólidos en suspensión. Se suelen emplear la sedimentación, la flotación (para sólidos de baja densidad) y la filtración.

- Separación líquido-líquido: la separación de aceites y grasas es la aplicación más frecuente.

### **3.1.3. Tratamientos Terciarios**

El objetivo principal de los tratamientos terciarios es la eliminación de contaminantes que perduran después de aplicar los tratamientos primario y secundario; son tratamientos específicos y costosos, que se usan cuando se requiere un efluente final de mayor calidad que la obtenida con los tratamientos convencionales. Las principales técnicas son:

- Arrastre con vapor de agua o aire: denominados como procesos de “stripping”, para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles (COV), como disolventes clorados (tricloroetileno, clorobenceno, dicloroetileno, etc.) o contaminantes gaseosos (amoníaco, etc.).
- Procesos de membrana: en estos procesos el agua residual pasa a través de una membrana porosa, mediante la adición de una fuerza impulsora, consiguiendo una separación en función del tamaño de las moléculas presentes en el efluente y del tamaño de poro de la membrana.
- Intercambio iónico: sirve para eliminar sales minerales, las cuales son eliminadas del agua residual que atraviesa una resina, por intercambio con otros iones ( $H^+$  en las resinas de intercambio catiónico y  $OH^-$  en las de intercambio aniónico) contenidos en la misma.
- Adsorción con carbón activo: para eliminar compuestos orgánicos. Se puede utilizar en forma granular (columnas de carbón activado granular: GAC) y en polvo (PAC).
- Procesos de oxidación: sirven para eliminar o transformar materia orgánica y materia inorgánica oxidable.

Los principales procesos de oxidación se pueden clasificar en:

- Procesos convencionales de oxidación: se usan como oxidantes ozono, peróxido de hidrógeno, permanganato de potasio, hipoclorito de sodio, cloro y oxígeno.
- Procesos de oxidación avanzada:
  - a. Combinaciones de oxidantes:  $O_3 + UV$ ,  $O_3 + H_2O_2$ ,  $H_2O_2 + UV$ ,  $O_3 +$  alto pH., Reacción de Fenton.
  - b. Procesos a alta temperatura y presión: oxidación con aire húmedo (WAO), oxidación en condiciones supercríticas, etc.
  - c. Detoxificación solar: utiliza la radiación UV solar, con catalizador de  $TiO_2$ .
  - d. Procesos de reducción: para reducir elementos metálicos en alto estado de oxidación (reducción de  $Cr_{6+}$  a  $Cr_{3+}$  mediante sulfito de sodio, tiosulfato de sodio, sulfato ferroso, etc).
- Precipitación química: se basa en la utilización de reacciones químicas para la obtención de productos de muy baja solubilidad. La especie contaminante a eliminar pasa a formar parte de esa sustancia insoluble, que precipita y puede ser separada por sedimentación y filtración.

#### **3.1.4. Tratamiento de Lodos**

En todo tratamiento de aguas residuales se producen, junto al agua depurada, una serie de lodos o fangos que deben ser tratados adecuadamente. Según el tipo de tratamiento y la naturaleza de los contaminantes eliminados, serán lodos de naturaleza predominantemente inorgánica u orgánica.

Los objetivos finales buscados en el tratamiento de los lodos son:

- Reducción de volumen: concentración del lodo para hacer más fácil su manejo.
- Reducción del poder de fermentación: reducción de materia orgánica y de patógenos, para evitar la producción de olores y la evolución del lodo sin control.

Las principales etapas en el tratamiento de los lodos son: espesamiento (concentración) por decantación o flotación, digestión (estabilización para lodos fermentables), deshidratación y disposición.

- Espesamiento: reducción de volumen en tanques de sedimentación o flotación, según la naturaleza del lodo. A veces se realiza un acondicionamiento previo, de tipo físico- químico (coagulación-floculación) o térmico.
- Digestión: para lodos de naturaleza orgánica. En procesos de carácter aerobio (similar a fangos activos) o anaerobio (aprovechamiento energético).
- Deshidratación y secado: con el objetivo de una eliminación lo más completa posible del agua del lodo. Normalmente con una etapa de acondicionamiento previo. Métodos más utilizados: filtros de vacío, filtros prensa, filtros banda, centrifugas, evaporación térmica o en eras de secado.
- Evacuación: depósito o destino final de los lodos.
- Métodos principales: relleno de seguridad o de residuos sólidos urbanos según sus características; incineración con o sin adición de combustible adicional según el poder calorífico de los lodos, se generan cenizas, escorias y gases que necesitan tratamiento, con o sin recuperación de energía; compostaje, descomposición biológica controlada, de la materia orgánica, en condiciones aerobias, con el fin de obtener “compost” (abono orgánico).

**Tabla 19. Tratamientos Químicos**

Tratamientos primarios	Cribado	Elimina materiales flotantes > 5mm
	Homogenización de efluentes	Neutraliza unos con otros Los caudales y concentraciones son más homogéneas
	Neutralización	Precipita metales pesados PH apto para tratamientos biológicos
Tratamientos Secundarios	Coagulación - Floculación	Elimina coloides y aglomera partículas.
	Separación de fases: Sólido – Líquido Sedimentación Flotación Filtración Líquido – Líquido Flotación	Proceso de clarificación  Separación de grasas y aceites
	Decantación	Eliminación de materia en suspensión
	Filtración	Eliminación de materia a través de un medio que solo permite el paso del líquido.
Tratamientos Terciarios	Arrastre con vapor	Eliminación de COV
	Procesos de membrana	Separación por tamaño de molécula.
	Intercambio iónico	Eliminación de sales minerales
	Adsorción por carbón activado	Eliminación de compuestos orgánicos
	Procesos de oxidación	Eliminación o transformación de materia orgánica e inorgánica oxidable
	Precipitación química	A través de reacción en químicas se obtienen compuestos de baja solubilidad.

### 3.2. PRUEBAS DE TRATABILIDAD EN LABORATORIO

#### 3.2.1. Pruebas de Coagulación

##### 3.2.1.1. Ensayo A.

Coagulante : CLARIFIER CB-176

Ayudante : CLARIFIER CA-81

Floculante : FLOAID PA-008

Cloro : Hipoclorito de Sodio 13%

Alcalinizante : Soda cáustica

Las pruebas inician el día 11, con una muestra compuesta proveniente del afluente de Sabores, de color Naranja y pH de 4.0. Esta prueba finalizó el Día 26.

Se realiza un ajuste de pH y se lleva hasta valores de 10.0 con el fin de sedimentar compuestos presentes que formen hidróxidos insolubles y permitan reducir la DQO y DBO total.

El coagulante utilizado es el CLARIFIER CB-176, compuesto inorgánico de aluminio y se adiciona un ayudante de coagulación CLARIFIER CA-81 (Desemulsificante) para mejorar la separación de aceites y grasas presentes.

Sumado a la coagulación-floculación, se realizan adiciones de Hipoclorito de sodio al 13%, buscando remover mayor porcentaje de material orgánico por oxidación y verificando el contenido de cloro residual.

El floculante utilizado es de tipo poliacrilamida aniónica referencia FLOAID PA-008.

Se observa el comportamiento del coagulo formado, la apariencia del lodo, el color del clarificado y el tiempo de sedimentación del lodo.

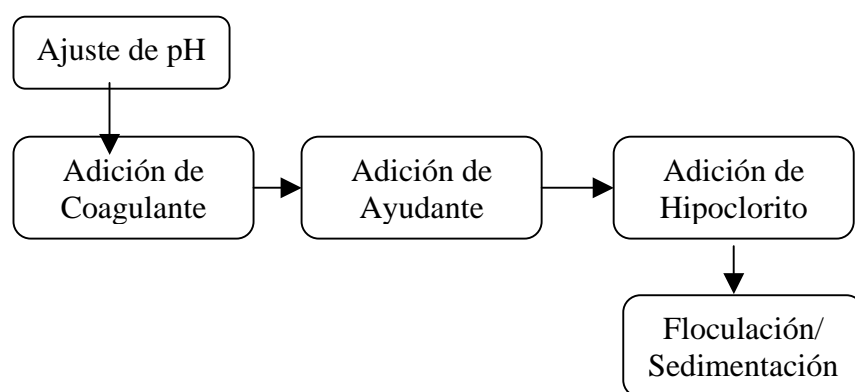
Luego de realizar cerca de 80 pruebas diferentes donde las variables como, pH, dosis de Coagulante, Dosis y tipo de floculante, dosis de cloro; las principales observaciones sobre los resultados son:

- El clarificado formado es traslucido
- El lodo presenta un color blanco-lechoso.
- El porcentaje de lodos esta entre el 25-30.
- La sedimentación es rápida, en promedio, 10 minutos
- El porcentaje de DQO removido es en promedio del 61.7% , máximo de 84,2% para una carga inicial de 18100mg/L teniendo como resultado final 2856 mg/L

DQO y mínimo de 59% para una carga de 4850 mg/L y un valor final de 1990 mg/L, sin embargo dentro de las pruebas también se obtienen valores finales entre 1.383 – 8.377

- Se realizaron pruebas con muestras individuales de la planta de Perfumería así como de Sabores y los resultados en cuanto a remoción iniciando con DQO = 18.000mg/L de aroma citrus fue del 85% para una DQO final de 2.856mg/L, y para una muestra de Aroma Colita con DQO=11.003mg/L la remoción fue del 75,5% para una DQO final de 2200 mg/L

**Figura 17. Flujograma del Proceso de Ensayo A.**



### 3.2.1.2. Ensayo B

Coagulante : CLARIFIER SF-707 (coagulante inorgánico de hierro)

Ayudante : CLARIFIER CA-81

Floculante : FLOAID PA-008

Cloro : Hipoclorito de Sodio 13%

Alcalinizante : Soda cáustica

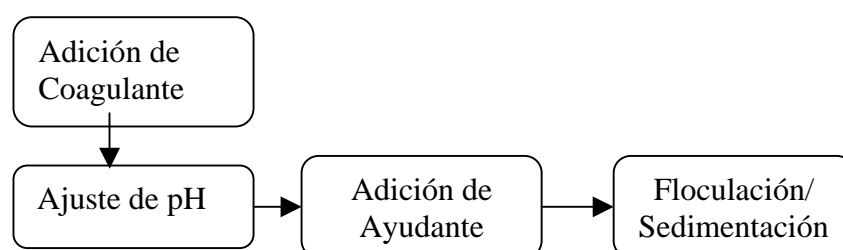
Tiempo de Prueba: día 28 al 31

Durante este ensayo, se modifica la secuencia de tratamiento, iniciando con la adición de Coagulante en diferentes dosis, luego adicionando soda cáustica hasta subir el pH > 9.0. Se mezcla hasta homogenizar y se agrega Ayudante en diferentes porcentajes respecto de la dosis de Coagulante; finalmente se adiciona el floculante hasta formar un lodo de buen tamaño y sedimentación rápida.

Luego de realizar unas 12 pruebas, las observaciones son las siguientes:

- El clarificado formado es traslucido
- El lodo presenta un color blanco-lechoso.
- El porcentaje de lodos esta entre el 20-25.
- La sedimentación es rápida, en promedio, 20 minutos
- El porcentaje de DQO removido es en promedio del 59%, lo que nos deja como resultados valores finales entre 2560 – 2576

**Figura 18 Flujograma del Proceso de Ensayo B.**



### 3.2.1.3. Ensayo C

Coagulante : CLARIFIER SF-707 (coagulante inorgánico de hierro)

Ayudante : CLARIFIER CA-73 (ayudante de menor peso molecular)

Floculante : FLOAID PA-008

Cloro : Hipoclorito de Sodio 13%

Alcalinizante : Soda cáustica

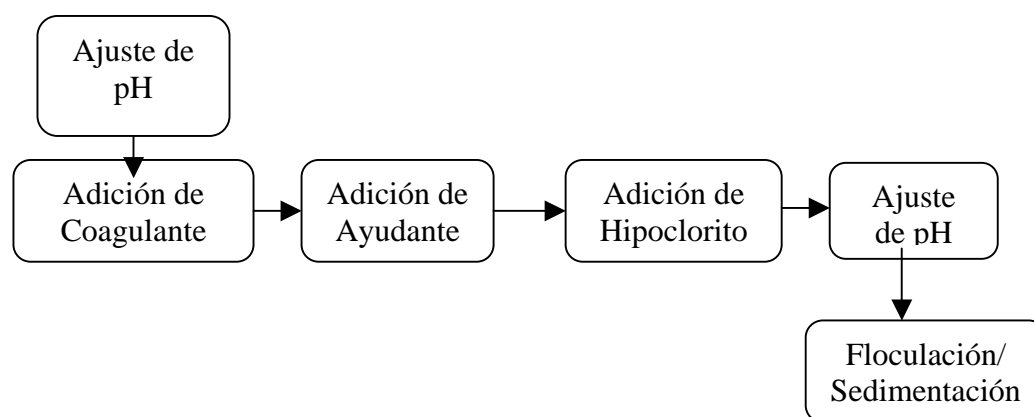
Tiempo de Prueba: día 33 a 35

Se inicia modificando el pH inicial con la adición de soda cáustica hasta  $\text{pH} \approx 7.5$ . Luego se adiciona el Coagulante en diferentes dosis, adición de ayudante en un 10% respecto de la dosis de Coagulante, adición de hipoclorito de sodio hasta obtener un residual de 1.0 ppm de cloro. Luego se adiciona el Floculante hasta obtener un lodo grueso y de rápida sedimentación.

Se realizan 6 pruebas y los resultados se resumen en:

- El pH baja a valores de 3.5 con la adición del coagulante y se requiere nuevamente subirlo hasta 7.5, aumentando la operación del tratamiento.
- El clarificado formado es traslucido
- El lodo presenta un color blanco-lechoso.
- El porcentaje de lodos esta entre el 17-20.
- La sedimentación es rápida, en promedio, 20 minutos
- El porcentaje de DQO removido es en promedio del 40.7%, lo que nos deja como resultados valores finales entre 3160 – 3550.

**Figura 19. Flujograma del Proceso de Ensayo C**



### 3.2.2. Pruebas de Oxidación

Debido a los bajos porcentajes de remoción de DQO obtenidos durante las primeras pruebas de Coagulación - Floculación, se inician los ensayos de OXIDACION y se escogen tres tipos adicionales a la usada con Hipoclorito de sodio:

- Oxidación con Oxígeno (aire)
- Oxidación con Ozono
- Oxidación con Peróxido

#### 3.2.2.1. Ensayo D

Coagulante : CLARIFIER SF-707 (coagulante inorgánico de hierro)

Ayudante : CLARIFIER CA-81 (ayudante de mayor peso molecular)

Floculante : FLOAID PA-008

Cloro : Hipoclorito de Sodio 13%

Oxidante : Ozono (O<sub>3</sub>)

Alcalinizante : Soda cáustica

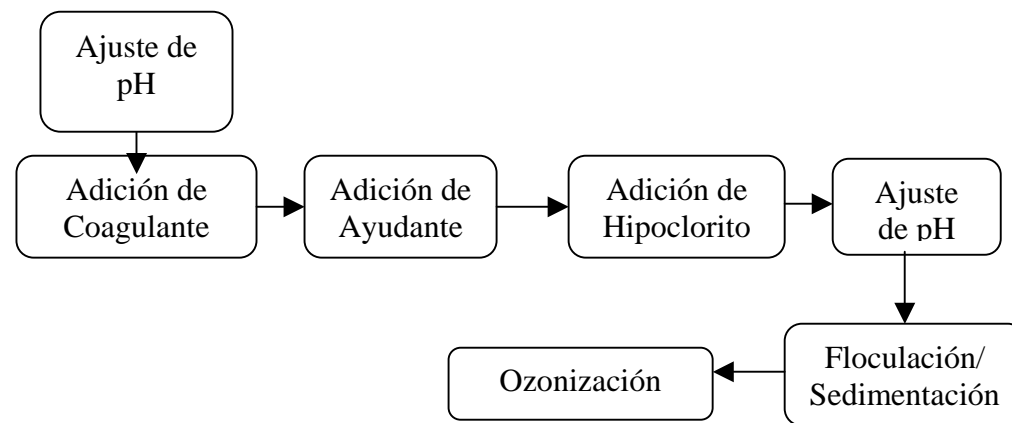
Para la ejecución de estas pruebas se tomaron los clarificados de las mejores muestras tratadas en la Prueba No. 3 de Coagulación y se inicia la inyección de Ozono como oxidante durante dos (2) horas , para lo cual se utilizó un generador de Ozono de 25 mg/hora difundido a través de una piedra porosa dentro de una columna de 30 cm de altura y 1 ½" Ø.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- La muestra en su apariencia no presenta cambio alguno.
- No se generan lodos adicionales
- Se genera gran cantidad de espuma, haciendo necesario el uso de un Antiespumante.
- La remoción de DQO es baja o nula, se inicia en 3.470 y se finaliza en 3.360, y de 6.940 hasta 5.300 para una reducción promedio del 13 %.

Se descarta como opción para continuar con esta aplicación

**Figura 20. Flujograma del Proceso de Ensayo D**



### 3.2.2.2. Ensayo E

Coagulante : CLARIFIER SF-707 (coagulante inorgánico de hierro)

Ayudante : CLARIFIER CA-81 (ayudante de mayor peso molecular)

Floculante : FLOAID PA-008

Cloro : Hipoclorito de Sodio 13%

Oxidante : OXYMATE PH-050

Alcalinizante : Soda cáustica

Esta prueba se basa en la aplicación de la Reacción de Fenton modificada. El proceso de tratamiento se inicia con el ajuste de pH con Hipoclorito de sodio, lo cual es una oxidación primaria de los compuestos orgánicos de menor peso molecular o menor estructura molecular ramificada, se verifica el contenido de cloro residual entre 0.5 y 1.0 ppm. Luego se adicionan diferentes dosis de CLARIFIER SF-707 y el 15% de CLARIFIER CA-81 (respecto de la dosis de SF-707), el pH baja con la adición de estos dos compuestos hasta valores cercanos a 6.5. Luego se flocula.

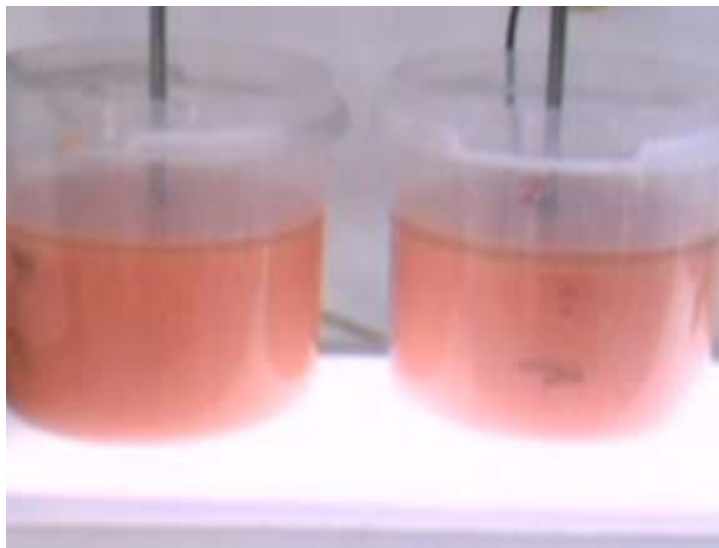
El clarificado se separa y se le adicionan diferentes dosis de OXYMATE PH-050, se mezcla y se observa la formación de burbujas; lo que demuestra que se está presentando un desprendimiento de los iones hidronio (H+) que se encargan de oxidar los compuestos orgánicos de mayor peso molecular.

Los resultados se resumen así:

- El clarificado formado es traslucido
- El lodo presenta un color marrón.
- El porcentaje de lodos esta entre el 30-35
- La sedimentación es rápida, en promedio, 10 minutos
- El porcentaje de DQO removido es en promedio del 75%, lo que nos deja como resultados valores finales entre 1.400 – 2.020.

Hasta el momento son los mejores resultados en las muestras compuestas tomadas en la planta y trabajadas en el Laboratorio.

**Figura 21. Muestra Aroma Citrus**

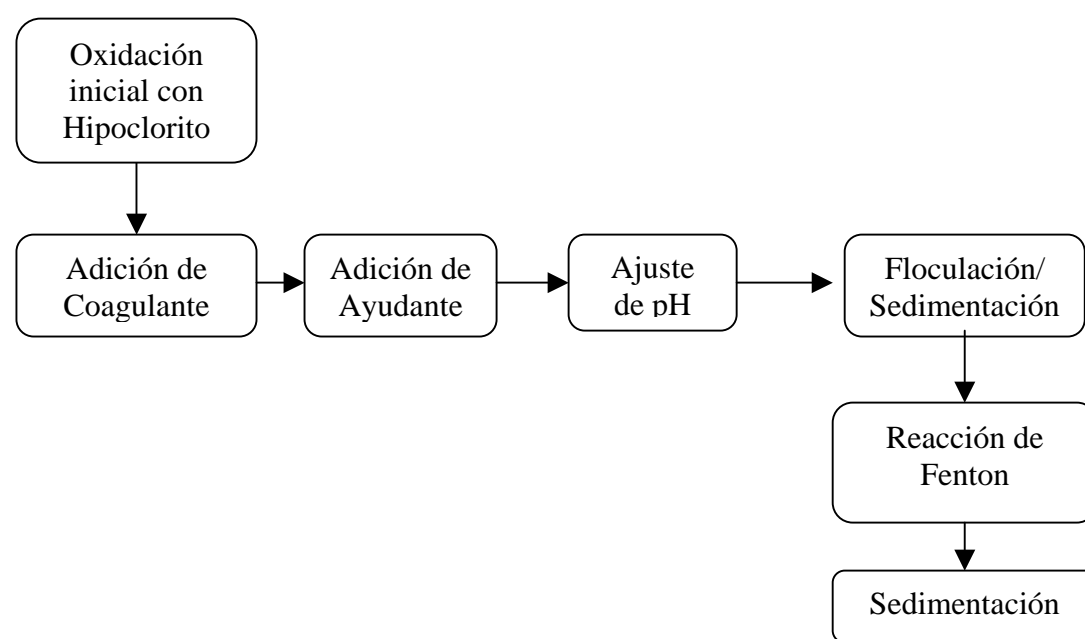




**Figura 22. Luego de los Tratamientos**



**Figura 23. Flujoograma del Proceso del Ensayo E**



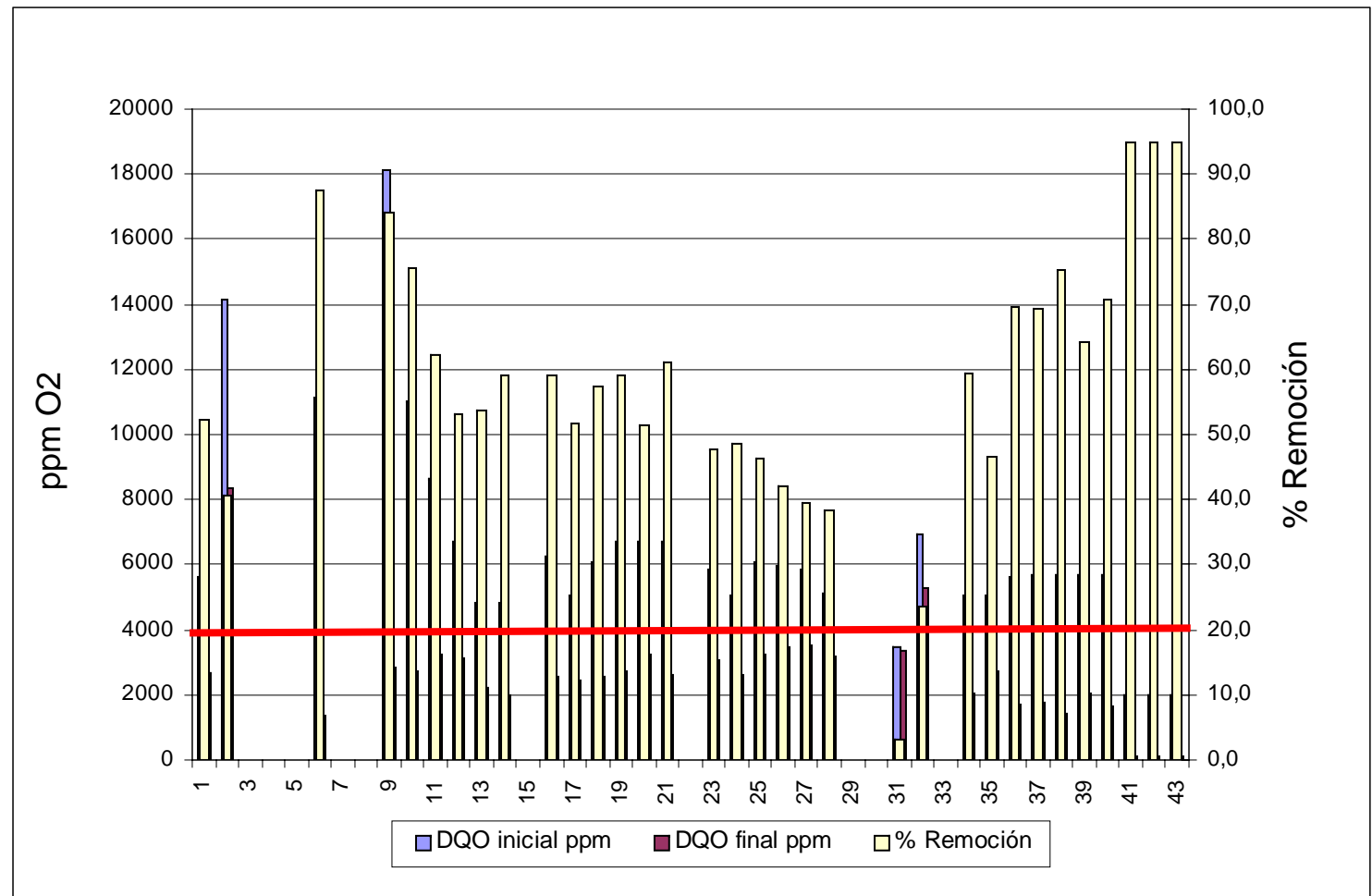
Los datos obtenidos para los ensayos se pueden ver en la Tabla 20. Resultados de los ensayos realizados en laboratorio. y los resultados de remoción se puede ver en la Gráfica 8. Remoción de DQO ensayos

**Tabla 20. Resultados Pruebas de los Ensayos Realizados en Laboratorio**

No. Prueba	Tipo Muestra	pH inicial	pH final	Dosis Coagulante ppm * CB-176	Dosis Ayudante ppm * CA-81/73	Dosis Floculan ppm * PA-08	Dosis de NaOCl ml	Dosis de Oxymate PH	Ajuste pH SODA	DQO inicial ppm	DQO final ppm	% Remoción	Color Inicial	Color Final	Apariencia lodo	Productos Predominantes	Otros Productos		
ENSAYO DE COAGULACION A	01-Abr	Mezcla comp	4	7,5	7000	600	2		Hasta pH 10.5	5610	2670	52,4	Naranja	Amarillo trasluc	Blanco/SED	229355			
	05-Sep	Mezcla comp	7	7,3	3000	150	4			14120	8377	40,7	Naranja	Amarillo trasluc	Blanco/SED	229355	284580		
					4000	200	4												
					5000	250	4			Hasta pH 10.5									
						6000	300	4											
						4800	480	2											
						5000	500	2											
	Oct-13	Mezcla comp	7	7,32	4600	460	2		Hasta pH 10.0	11109	1383	87,6	Rojo	Blanco Transp	Blanco/SED	229279	229389/285366		
	ENSAYO DE COAGULACION B	14-22	Sab70/30Perf	5	7,5	6400	640	8	20	Hasta pH 10.0	18100	2856	84,2	Naranja	Blanco Transp	Blanco/SED	229355	296422	
		23-30	Sabores	4,1	7,55	5000	500	4	3		11003	2700	75,5	Rojizo	Blanco Transp	Blanco/SED	229279	285384	
31-35		Sab50/50Perf	4,6	7,4	5200	520	12	10	Hasta pH 10.0	8610	3260	62,1	Rojizo	Blanco Transp	Blanco/SED	229355	296422		
36-42		Mezcla comp Sab30/70Perf	4,5	7,3	5200	520	40	10	Hasta pH 10.0	6680	3124	53,2	Naranja/Rojizo	Blanco Transp	Blanco/SED	229355/229279	226422/229389		
43-49		Mezcla comp	4,1	7,65	8000	800	30	15	Hasta pH 11.0	4850	2240	53,8	Naranja	Amarillo trasluc	Blanco/SED	170805	229355		
50-55		Mezcla comp	4,3	7,3	8500	850	40	20	Hasta pH 10.5	4850	1990	59	Naranja	Amarillo trasluc	Blanco/SED	170805	229355		
56-60		Mezcla comp	5,8	8,5	4000	200	5	20	Hasta pH 8.5	6250	2560	59	Rojo	Amarillo trasluc	Blanco/SED	229015/285887/229210/	155280		
61-80		Mezcla Comp	5,2	8,5	7000	1050	5	10	Hasta pH 8.5	5060	2450	51,6	Rojo	Blanco Transp	Blanco/SED	229015/285887/229056	296422		
61-80		Mezcla Comp	3,5	8,5	6000	600	5	5	Hasta pH 8,5	6060	2576	57,5	Rojo	Blanco Transp	Blanco/SED	229015/285887/229210/	296422		
61-80		Mezcla Comp	3,5	8,5	4800	720	5	10	Hasta pH 8,5	6700	2750	59	Rojo	Blanco Transp	Blanco/SED	229015/285887/229210/			
61-80	Mezcla Comp	3,5	8,5	3500	350	6	10	Hasta pH 8,5	6700	3250	51,5	Rojo	Blanco Transp	Blanco/SED	229015/285887/229050				
61-80	Mezcla Comp	4	8	6000	600	5	20	Hasta pH 8,0	6700	2600	61,2	Rojo	Blanco Transp	Blanco/SED	229015/285887/229051				
ENSAYO DE COAGULACION C	No. Prueba	Tipo Muestra	pH inicial	pH final	Dosis Coagulante ppm * SF-707	Dosis Ayudante ppm * CA-81	Dosis Floculan ppm *	Dosis de NaOCl ml	Dosis de Oxymate PH	Ajuste pH SODA	DQO inicial ppm	DQO final ppm	% Remoción	Color Inicial	Color Final	Apariencia lodo	Productos Predominantes	Otros Productos	
	81-100	Mezcla comp	5,8	7,5	4000	200	5	20		Hasta pH 9.2	5850	3050	47,9	Rojo	Amarillo trasluc	Verde/SED	229015/285887/229210/	155280	
		Mezcla Comp	5,2	7,5	7000	1050	5	10		Hasta pH 8.0	5060	2600	48,6	Rojo	Blanco Transp	Blanco/SED	229015/285887/229056	296422	

	Mezcla Comp	3,5	7,5	6000	600	5	5		Hasta pH 9,2	6060	3250	46,4	Rojo	Blanco Transp	Blanco/SED	229015/285887/229210/	296422	
	Mezcla Comp	3,5	7,5	4800	720	5	10		Hasta pH 9,2	5950	3455	41,9	Rojo	Blanco Transp	Blanco/SED	229015/285887/229210/		
	Mezcla Comp	3,5	7,5	3500	350	6	10		Hasta pH 9,2	5870	3550	39,5	Rojo	Blanco Transp	Blanco/SED	229015/285887/229050		
	Mezcla Comp	4	7,8	4500	450	5	10		Hasta pH 9,0	5120	3160	38,3	Rojo	Blanco Transp	Blanco/SED	229015/285887/229051		
	No. Prueba	Tipo Muestra	pH inicial	pH final	Dosis Coagulante ppm * SF-707	Dosis Ayudante ppm * CA-81	Dosis Floculan ppm *	Dosis de NaOCl ml	Dosis de Oxymate PH	Ajuste pH SODA	DQO inicial ppm	DQO final ppm	% Remoción	Color Inicial	Color Final	Apariencia Iodo	Productos Predominantes	Otros Productos
101-105	Mezcla comp																	
OZONO	1 HORA	5,3	7,2	7000	1050	4	20				3470	3360	3,2	café Verdoso	café claro	café	229015/285887/229056	
OZONO	2 HORAS	5,3	7,2	7000	1050	4	20				6940	5300	23,6	café Verdoso	café claro	café	229015/285887/229056	
106-129	mezcla comp.30/30/20/20	5,22	6,91	8000	1200	3	40	0,5	Hasta pH 8.5	5060	2060	59,3	Rojo	blanco trans.	marron/SED	229015/285887/229056	229355	
	mezcla comp.30/30/20/20	5,22	6,42	9000	1350	3	40	0,5	Hasta pH 8.6	5060	2700	46,6	Rojo	blanco trans.	marron/SED	229015/285887/229056	296422	
	Mezcla 20/40/30/10	4,95	7,24	7500	1125	5	40	50	Hasta pH 8.5	5600	1710	69,5	Naranja	blanco trans.	marron/SED	229015/285887/229056	296422	
	Mezcla comp	4,95	7,58	8000	1200	5	40	20	hasta ph 8.5	5660	1740	69,3	Café Verdoso	blanco trans.	marron/SED	229015/285887/229056	296422	
	Mezcla comp	4,95	8,5	8000	1200	10	40	15	Hasta pH 8.0	5660	1400	75,3	Café Verdoso	blanco trans.	marron/SED	229015/285887/229056	229355	
	Mezcla comp	4,95	6,86	8000	1200	3	40	20	Hasta pH 8.0	5660	2020	64,3	Café Verdoso	blanco trans	marron/SED	229015/285887/229056	285384	
	Mezcla	5,41	7,28	6500	975	5	30	15	Hasta pH 8.1	5660	1660	70,7	Café Verdoso	Blanco Trans	marron/SED	229015/285887/229056	132374/737555	
	mezcla	4,35	9	7000	840	9	30	2,5	Hasta pH 8.2	2010	100	95	naranja	Blanco Trans	marron/SED	284545/285723/229009	132374/737556	
	mezcla	4,35	5,5	8000	960	3	30	5	Hasta pH 8.2	2010	100	95	naranja	Blanco Trans	marron/SED	284545/285723/229009	132374/737557	
	mezcla	4,35	6	9000	1080	11	30	2,5	Hasta pH 8.2	2010	100	95	naranja	Blanco Trans	marron/SED	284545/285723/229009	132374/737558	

Gráfico 8. Remoción de DQO



### **3.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**

- Aunque los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con el coagulante CLARIFIER CB-176 fueron buenas en cuanto a porcentajes de remoción, no son constantes y en diferentes muestras no se repiten, por lo tanto no se podría implementar en el proceso.
- El uso de un ayudante de coagulación que actúe sobre las grasas emulsionadas es bastante efectivo y mejora la reducción de carga orgánica del agua.
- El ajuste de pH con hipoclorito permite realizar además, una oxidación primaria de materia orgánica, notándose este efecto en la remoción del color predominante en el agua residual.
- La aplicación de Aire u Ozono no tuvo efecto positivo sobre la remoción de compuestos orgánicos que aportan la DQO en este efluente.
- La aplicación de los principios de la Oxidación Avanzada, Peróxido + Metal, mejoró el proceso de destrucción de los compuestos orgánicos de alto peso molecular presentes en el agua residual y se logró obtener valores inferiores a los 2.000 mg/L de DQO (Valor Res.1074 DAMA), lo cual no había sido posible con los procedimientos anteriores.
- El lodo formado presenta un buen peso y permite sedimentar en poco tiempo, además se compacta fácilmente. Los porcentajes obtenidos van desde 25 hasta 35% del volumen tratado.

### **3.4. PRUEBAS A REALIZAR EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FÁBRICA**

Teniendo en cuenta las pruebas ejecutadas en Laboratorio y sus resultados, se llevan a cabo unas pruebas en la planta de tratamiento de la fábrica, con el fin de verificar el comportamiento del proceso de tratamiento respecto de los cambios en la producción y

vertido de los diferentes residuos. Es así como se coordinan para la realización de dichas pruebas los días 46, 47, 53 y 56 obteniendo los siguientes observaciones y resultados:

#### **3.4.1. Desarrollo de las Pruebas**

Para la ejecución de las pruebas, se suspendió la aplicación de urea y soda cáustica que el operario de mantenimiento realiza periódicamente en el agua. además, se habilita la línea para la inyección de aire dentro del tanque de alimentación o equilibrio para facilitar la mezcla del agua con los diferentes productos del tratamiento.

Se inician las pruebas el día 46 aplicando el siguiente procedimiento:

- a. Bombeo hacia el tanque de alimentación : Volumen : 500 litros
- b. Adición de Hipoclorito hasta eliminar el color – pH inicial: 4.2
- c. Adición de CLARIFIER SF-707
- d. Agitación con Aire
- e. Adición de OXYMATE PH-050
- f. Adición de Floculante
- g. Agitación con Aire

#### **Observaciones**

- Se genera bastante espuma en el momento de la mezcla con aire, lo cual se elimina con la adición de Antiespumante.
- La mezcla del agua con los productos no es óptima y permanecen sin reaccionar.
- El lodo generado es poco.
- Se complica el manejo del proceso de tratamiento.

**Tabla 21. Resultados Prueba 1 en la PTAR de la Fábrica**

<b>Día</b>	<b>DQO inicial mg/L</b>	<b>DQO final mg/L</b>	<b>% Remoción</b>
46	5.700	2.720	52.2
46	5.700	3.360	41.0
47	5.510	3.460	37.2
47	5.510	3.370	38.8
47	5.510	2.310	58.8

**Tabla 22. Comportamiento de los Biodiscos Operando**

<b>Día</b>	<b>DQO inicial mg/L</b>	<b>DQO final mg/L</b>	<b>% Remoción</b>
47	3.370	2.850	15.4
50	4.520	3.780	16.3

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante los dos días de pruebas, se tomaron nuevamente muestras el día 50 y en el Laboratorio para realizar la verificación del proceso de tratamiento, encontrándose los siguientes resultados:

- La agitación con aire perjudica la mezcla y genera bastante espuma durante el proceso.
- El proceso de tratamiento aplicado es funcional y los resultados se repiten.
- El clarificado es translucido y el lodo de color marrón, de la misma manera como se ha comportado durante las demás pruebas de laboratorio.
- Se ajustan dosis y el comportamiento mejora, no hay generación de espumas cuando se agita con agitador de paletas.

**Tabla 23. Resultados Luego de los Ajustes en Laboratorio**

<b>Día</b>	<b>DQO inicial mg/L</b>	<b>DQO final mg/L</b>	<b>% Remoción</b>
52	1.980	< 100	95
52	1.980	< 100	95

100 mg/L es el límite de detección del equipo utilizado para la medición.

Se realizan nuevamente pruebas para los días 53 y 56 con los siguientes resultados:

Productos fabricados: Aroma guanábana, aroma pimienta, 719890 y 460752

- La agitación se realiza con un tubo durante 5 minutos entre adición de cada reactivo.
- No se genera espuma.
- El clarificado es traslucido
- El lodo es de color marrón, de buen peso y sedimentación rápida.
- La generación de iones hidrónico continúa por unos 10 minutos más después de la adición de OXYMATE PH-050.
- Se realizan algunos ajustes de dosis en los reactivos para observar el comportamiento final de la DQO.

**Tabla 24. Resultados en Planta Luego de Ajustes.**

<b>Día</b>	<b>DQO inicial mg/L</b>	<b>DQO final mg/L</b>	<b>% Remoción</b>
53	4.320	490	88.16
53	3.920	710	81.8
56	3.710	840	77.3

### **3.5. PROPUESTA DE TRATAMIENTO FISICO-QUIMICO**

De acuerdo con los datos obtenidos de los ensayos realizados en laboratorio y luego llevados a prueba en la planta de la fábrica y con los datos obtenidos finalmente se procede a realizar una propuesta para el cambio de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales actual, iniciando a definir las características del afluente así:

Con los datos obtenidos en la caracterización de los afluentes de cada una de las fábricas se organiza una tabla con los valores máximos, mínimos y promedios, al igual que con los datos obtenidos del muestreo compuesto del afluente a la PTAR se realiza una tabla con los datos máximos, mínimos y promedios. Ver Tabla 25. Parámetros de diseño para la PTAR.

**Tabla 25. Parámetros de Diseño para la PTAR.**

<b>Afluente Combinado PTAR</b>	
Valor Máximo DQO	14120
Valor mínimo DQO	5003,8
Valor Promedio DQO	7998
Valor máximo DBO	7060
Valor Mínimo DBO	2805
Valor Promedio DBO	3978
Valor Máximo AyG	318,8
Valor Mínimo AyG	128,2
Valor Promedio AyG	223,5
Valor Máximo pH	10
Valor Mínimo pH	4
Valor Promedio pH	7
Valor Máximo Caudal/Hora (lts/hr)	570
Valor Mínimo Caudal/Hora	330
Valor Promedio Caudal /Hora	429
Valor Máximo Horas Operación (día)	13
Valor Mínimo Horas Operación (día)	6
Valor Promedio Horas Operación (día)	10
Volumen Máximo a Tratar (lts/día)	7410
Volumen Mínimo a Tratar (lts/día)	1980
Volumen Promedio a Tratar (lts/día)	4290

<b>Afluente Perfumería</b>	
Valor Máximo DQO	11003
Valor mínimo DQO	6583
Valor Promedio DQO	8878
Valor máximo DBO	5501,5
Valor Mínimo DBO	3168
Valor Promedio DBO	4244,5
Valor Máximo AyG	135,8
Valor Mínimo AyG	66,1
Valor Promedio AyG	100,95

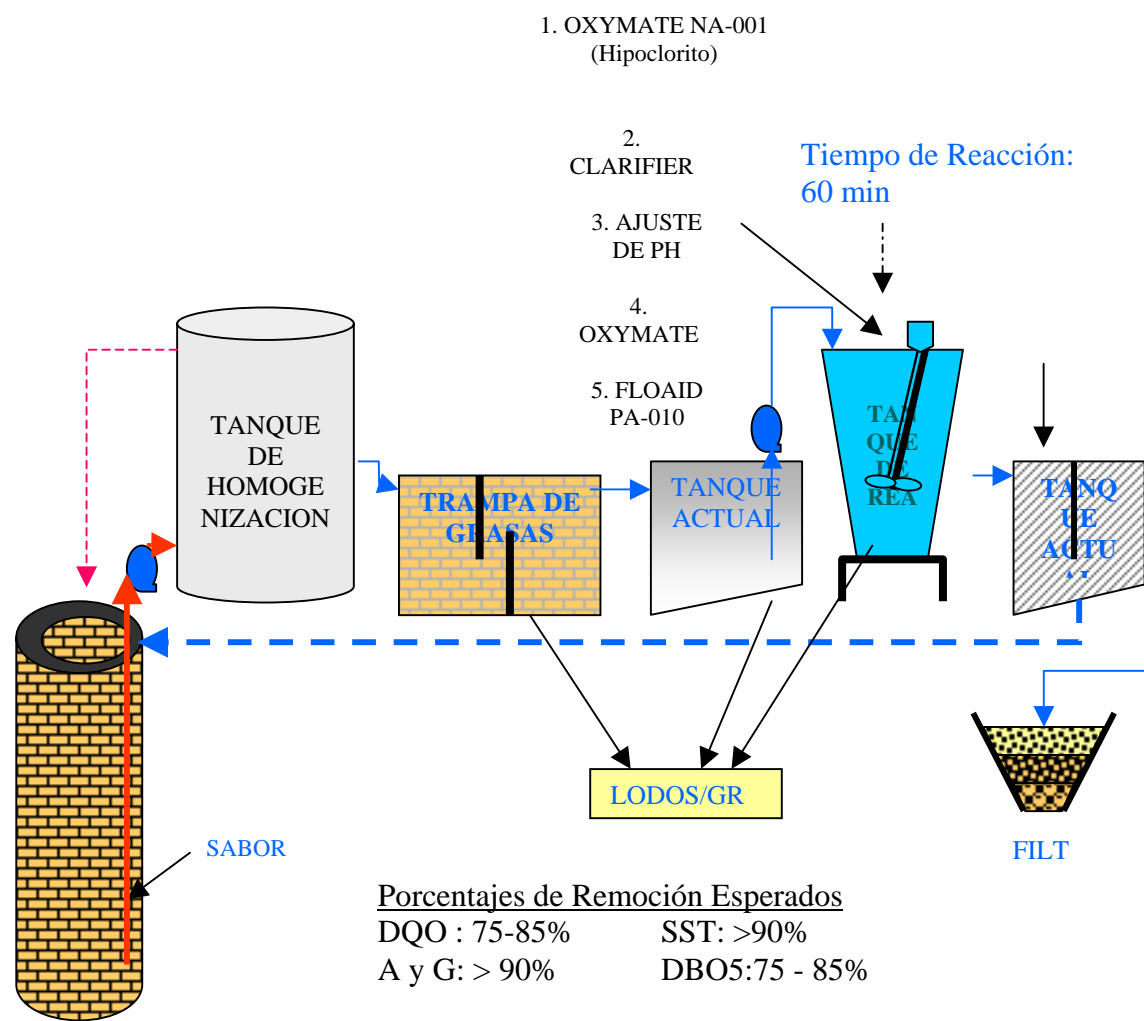
<b>Afluente Sabores</b>	
Valor Máximo DQO	37627
Valor mínimo DQO	4850
Valor Promedio DQO	16955
Valor máximo DBO	13000
Valor Mínimo DBO	2425
Valor Promedio DBO	6846,75
Valor Máximo AyG	243,6
Valor Mínimo AyG	92,3
Valor Promedio AyG	167,95

Valor Máximo Caudal/Hora (lts/hr)	224,0
Valor Mínimo Caudal/Hora	129,7
Valor Promedio Caudal /Hora	168,6

Valor Máximo Caudal/Hora (lts/hr)	346,0
Valor Mínimo Caudal/Hora	200,3
Valor Promedio Caudal /Hora	260,4

### 3.5.1. Esquema Propuesto para el Tratamiento

Figura 24. Esquema Propuesto para el Tratamiento



### **3.5.2. Equipos Básicos para el Sistema**

Para la propuesta de tratamiento se requiere realizar modificaciones a la planta de tratamiento actual teniendo en cuenta que se debe priorizar la utilización de equipos actuales.

Para esta propuesta es necesario tener un tanque de homogenización luego del pozo colector el cual debe tener una capacidad de 5000 L para asegurar una mejor homogenización de las aguas ya que su tiempo de retención está calculado para 6 a 7 horas, el cual corresponde al tiempo mínimo del turno laboral, aunque el material de todos los tanques que se encuentran en la planta de tratamiento de la fábrica son de acero inoxidable no es factible la construcción de este tanque en este material sin embargo se ha dispuesto polietileno de alta densidad dentro de las diferentes muestras compuestas tomadas y luego de 50 días no se ha determinado cambio alguno, es por esta razón que se determina como una opción económica factible la adquisición de este tanque y demás equipos en polietileno de alta densidad, la alimentación de este tanque debe ser por la parte inferior y su salida debe ser por la parte superior.

Tanque de reacción con capacidad de 2000 L, en polietileno de alta densidad para un tiempo de retención de 60 a 80 minutos, agitador de 120 a 160 rpm / 1HP.

Filtro multicapa a gravedad, para el cual se utilizará el tanque de alimentación actual el cual será llenado con arena, antracita y grava.

Bombas dosificadoras para controlar el ajuste de pH en el tanque de reacción, medidores de caudal, tablero de control, control de llenado de tanques, manómetro, potenciómetro, tuberías de conexión, panel de sedimentación acelerada de área de 1 m<sup>2</sup> para ser ubicado dentro del tanque actual de los biodiscos.

### 3.5.3. Parámetros Básicos de Operación

- DQO cargas hasta de 18000 mg/L.
- Aceites y grasas: 310 – 350 mg/L
- pH entre 4 a 10 unidades
- Caudal de 8 a 10 galones por minuto.
- 4 a 6 m<sup>3</sup> tratados/ día.
- 20 a 24 días de operación.
- 80 – 120 m<sup>3</sup> tratados/ mes.

### 3.5.4. Cambios en el Sistema

- Instalar de tanque de homogenización con accesorios y tuberías
- Retirar del tanque de alimentación.
- Instalar de colectores de grasa en trampa de grasas.
- Retiro de discos (biodiscos) y de uno de estos tanques.
- Instalar el tanque de reacción con agitador, bomba centrífuga y ajuste de ph automático, tuberías.
- Instalar panel de sedimentación acelerada.
- Implementar el filtro multicapa con el tanque alimentación reformado.

La cotización presentada para la adecuación de la planta de tratamiento en cuanto a equipos y obra civil es de \$ 53'262.000 para entregar la planta en su puesta a punto en un periodo no superior a tres meses, el plano final de la propuesta se encuentra en el Anexo 2. Plano propuesta tratamiento fisico-quimico.

### 3.5.5. Productos a Utilizar según Propuesta

- Oxidante (hipoclorito de sodio) marca comercial OXYMATE NA – 001, con un estimado de consumo mes de 500 a 600 kg con un costo por Kg de \$940.
- Coagulante marca comercial CLARIFIER CB-707 con un consumo estimado de 500 – 600 kg y costo por kg de \$1530.
- Soda caustica neutralizante con un consumo aproximado de 75 a 100 kg con un costo aproximado por kg de \$1780.
- Floculante nombre comercial FLOAID PA-008 con un consumo aproximado de 3 a 5 kg con un costo aproximado de \$14850 por kg.
- Oxidante nombre comercial OXIMATE PH-050 con un consumo aproximado de 75 a 125 kg y un costo promedio por kg de \$2050.

Para obtener un costo aproximado del tratamiento de aguas por mes se valora con las necesidades máximas estimadas y para un tratamiento de 100 m<sup>3</sup> mensuales, como se puede ver en la siguiente tabla.

**Tabla 26. Costos Aproximados de Tratamiento Físico-Químico Mes.**

Producto	Kg/mes	m <sup>3</sup> /mes	Costo \$/kg	Costo \$/mes	Costo \$/m <sup>3</sup>
Oxymate NA-001	600	<b>100</b>	940	564000	<b>19905</b>
Clarifier CB-707	600		1530	918000	
Soda caustica	100		1780	178000	
Floaid PA-010	5		14850	74250	
Oxymate PH-050	125		2050	256250	
<b>Sumatoria</b>	<b>1430</b>				

El lodo generado en el sistema posee cerca del 90% de humedad, por tanto es necesario efectuar un proceso de deshidratación, ya sea por medio de un equipo o por secado al aire, se tiene que la cantidad de lodo generado por m<sup>3</sup> tratado es del orden de 100 a 150 kg y al realizar un proceso de secado se encontrarían alrededor de 80 kg, esto lodos deben ser manejados por una compañía que posea el permiso ambiental correspondiente (DAMA o

CAR) dependiendo del lugar donde fueran a disponerse, el costo aproximado por kg/tratado/dispuesto está entre \$600 a \$800.

Debido al espacio con que se cuenta en la actualidad se recomienda la utilización de un filtro prensa el cual da un muy buen resultado en la deshidratación de los lodos y se minimizan los malos olores y su disposición es más cómoda, mientras si se realiza un lecho de secado se debe contar con gran espacio ya que por el clima de Bogotá es mayor el tiempo que se requiere para su secado y se pueden generar malos olores al igual que no se obtiene el mismo nivel de deshidratación que con el uso del filtro prensa.

La utilización de un filtro prensa de 40 \* 40 cm de 14 pasos requiere una inversión de \$13'000.000 adicionales en el proyecto.

Para el manejo de la planta de tratamiento se requiere de la disponibilidad de un operario tiempo completo quien debe seguir el procedimiento estipulado para el control de tiempos y adición de químicos según los parámetros de control establecidos.

### **3.6. TRATAMIENTO BIOLÓGICO**

La planta de tratamiento actualmente cuenta con un tratamiento biológico a través del uso de biodiscos y de acuerdo a lo establecido en la teoría estos presentan un buen desempeño para el tratamiento de cargas orgánicas y pueden llegar a tener una eficiencia del 40%, su rotación no debe ser superior a 4 rpm para permitir que durante su recorrido de 360° los microorganismos fijados a los discos interactúen con la materia orgánica del agua residual y con la absorción de oxígeno de la atmósfera puedan realizar la descomposición disminuyendo la carga de la DQO y DBO respectivamente por procesos aerobios, reduciendo así la generación de malos olores.

En la actualidad la planta de tratamiento no ha presentado un buen desempeño con estos sistemas aunque al aplicar la teoría de Degremont los valores de DQO/DBO son aptos para la utilización de tratamientos biológicos. Ver Tabla 27. Relación de la DQO/DBO para el afluente de la PTAR, esto puede ser dado a que algunas materias primas utilizadas son de carácter biocida de forma tal que disminuye la población bacteriana que es la que realiza la degradación.

**Tabla 27. Relación de la DQO/DBO para el Afluente de la PTAR**

	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Relación DQO/DBO
día 1	5003,8	3008	1,66
día 3	8800	3488	2,53
día 4	7163,8	3840	1,86
día 11	5610	2805	2
día 15	14120	7060	2
día 23	8610	4305	2
día 24	6680	3340	2

Ya que la relación obtenida es  $<3$  la teoría indica que para el tratamiento de esta aguas pueden ser utilizados tratamientos físicos y biológicos, es por esta razón que se decide buscar también una alternativa de carácter biológico diferente a la de biodiscos para el tratamiento de las aguas residuales de la fábrica teniendo en cuenta que la mayoría de sus compuestos son de carácter orgánico.

Es así como de los tratamientos biológicos existentes en el mercado se estudia la opción de las láminas filtrantes

Estas plantas fueron descubiertas durante los años 50 pero han tenido su mayor desarrollo durante los últimos diez años en Alemania, fortaleciéndose en su experiencia, investigación

y desarrollo. La metodología ha sido mejorada para encontrar tratamiento a una gran lista de contaminantes más comunes.

El diseño principal es para aguas residuales domésticas e industriales y en áreas remotas pueden ser beneficiosa esta tecnología ya que no requiere de insumos especializados, energía o mano de obra especializada.

Estas plantas de láminas filtrantes han sido entregadas en funcionamiento a lo largo del mundo para diferentes propósitos como son para fábricas de explotación de aceites, producción de detergentes, industria farmacéutica, laboratorios químicos, minería, industria metalmeccánica, hospitales, hoteles, entre otros.

El diseño de cada una de las plantas esta de acuerdo a las necesidades del proyecto, y se estandariza el sistema una vez se han desarrollado cada una de las plantas. A lo largo del diseño se optimizan las condiciones hidráulicas y la actividad microbiana se aumenta integrando los procesos biológicos y químicos alternados, la filtración mecánica y los procesos de absorción de los coloides del suelo, para la remoción de cualquier compuesto contaminante.

La diferencia de esta tecnología es que los procesos son integrados como se encuentran diseñados en la naturaleza que al mismo tiempo entrega la misma capacidad buffer en el volumen del suelo, a través de la purificación y el mejoramiento que se mantiene constante hasta en condiciones de alta lluviosidad.

Las plantas de laminas filtrantes están compuestas por una mezcla especial de materiales orgánicos, cal, suelo arenoso y cobertura de materiales naturales (óxido de hierro, dolomita, anhídridos, etc). Uno de los propósitos del suelo es mantener el flujo durante la etapa de arranque, mientras las raíces de las plantas penetran al interior de la zona de trabajo. La conductividad hidráulica es asegurada por la red de micro canales luego del crecimiento de

las raíces de la *Phragmites australis* las cuales pueden tener un diámetro de 5 a 15 mm, lo cual asegura la percolación de las aguas.

Todo el sistema debe ser construido sobre una tela impermeable para evitar que el suelo se contamine con las sustancias contenidas en el agua residual a tratar.

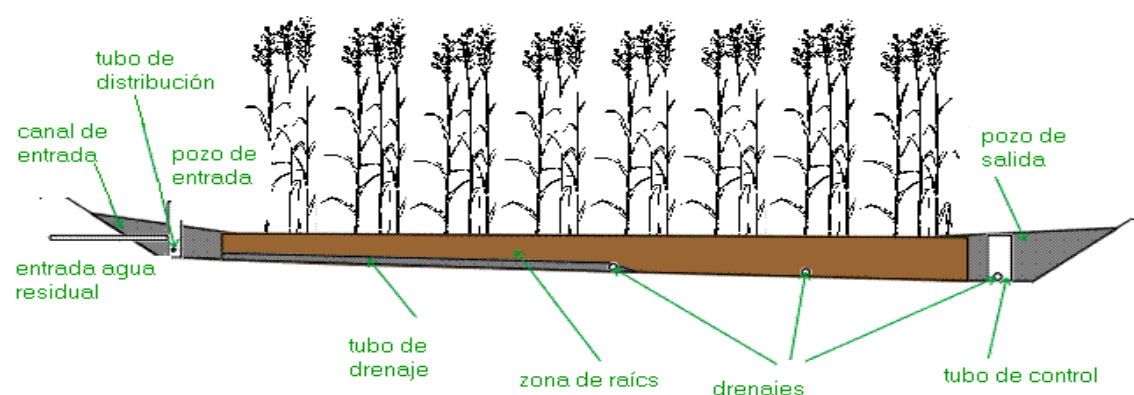
Naturalmente, el consumo de energía con este sistema es intangible, ya que el requerimiento operacional de bombas para la aireación en tratamientos con filtros biológicos es remplazada por la energía solar y el oxígeno es brindado por los tejidos de las raíces de las plantas desarrollados en esta especie.

### 3.6.1. Descripción del Sistema de Láminas Filtrantes

Las láminas filtrantes son una combinación de procesos de sedimentación, filtración, procesos aeróbicos y anaeróbicos de reducción orgánica e inorgánica; todos estos pasos se realizan en el mismo suelo poroso. La zona de raíces, filtro biológico, en el cual el agua residual pasa de forma horizontal a través de estos filtros que están continuamente húmedos. Este tipo de sistema es de fácil instalación y mantenimiento especialmente en Suramérica; desde el punto de vista tecnológico, es de fácil adaptación y manejo por tratarse de material vegetal, además por el clima favorece el crecimiento del junco aumentando su efectividad.

El esquema básico de una planta de tratamiento de aguas residuales a través de la tecnología de láminas filtrantes es como se presenta a continuación.

**Figura 25 . Esquema Planta de Tratamiento de Láminas Filtrantes**



### **3.6.2. Funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Láminas Filtrantes**

La instalación de las plantas de láminas filtrantes es muy sencilla, ya que se compone de una piscina cubierta con una geomembrana para evitar infiltraciones, contaminación al suelo, luego se adicionan lechos filtrantes (heno, piedras de río, grava, cal), un drenaje para regular y evitar el desbordamiento, y en la parte superior los juncos que además de tener una gran masa, tiene la propiedad de transportar oxígeno. Estos sistemas son una alternativa de tratamiento tanto para aguas residuales industriales y domésticas como para lodos resultantes del sistema de tratamiento convencional (físico-químico y/o biológico).

### **3.6.3 Tratamiento de lodos**

#### **3.6.3.1 Etapas para el tratamiento de lodos**

##### **3.6.3.1.1. Tanque de homogenización**

En este tanque se dispone de la primera adición de organismos biológicos para que realicen la digestión de los contaminantes, este tanque además de servir como engrosamiento de lodo, se detectan problemas de leudamiento y mucosidad, y se hace un balance para hacer más efectivo el tratamiento.

**Figura 26. Tanque de Homogenización**



Una vez hecho el engrosamiento del lodo, este se dispone en una planta de sistema vertical con la ayuda de un sistema hidráulico.

**Figura 27. Piscina con Phragmitis Australis**



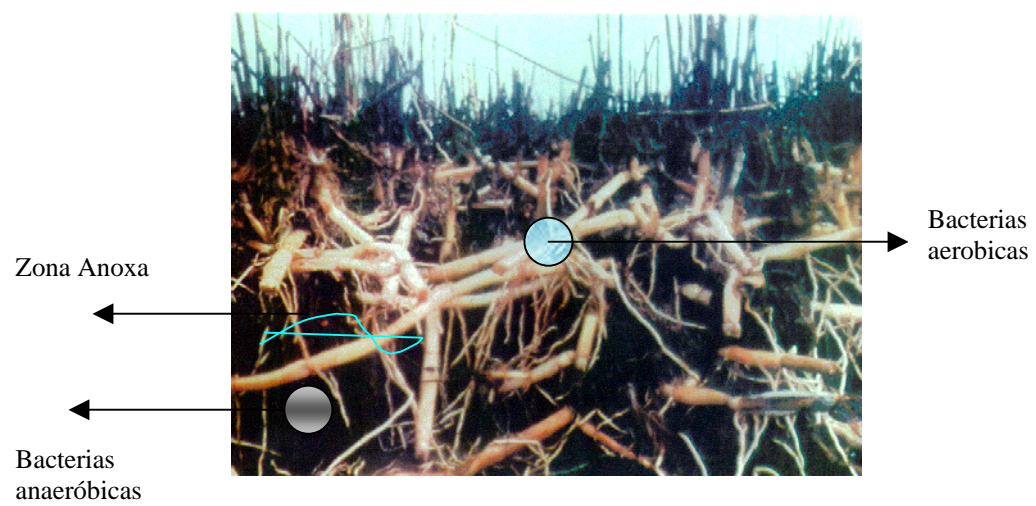
#### **3.6.3.1.2 Deshidratación del lodo**

Después del tanque de homogenización, los lodos son deshidratados en una piscina impermeabilizada, con un sistema hidráulico para evacuar las aguas provenientes de la deshidratación, en donde se siembra material vegetal (*Phragmites australis*)

La deshidratación ocurre utilizando la enorme capacidad de evapotranspiración que tiene la especie utilizada en la piscina, *Phragmites australis*. Las raíces penetran en la partícula de lodo y los pelos radiculares absorben el agua del mismo, sin necesidad de fuerzas mecánicas.

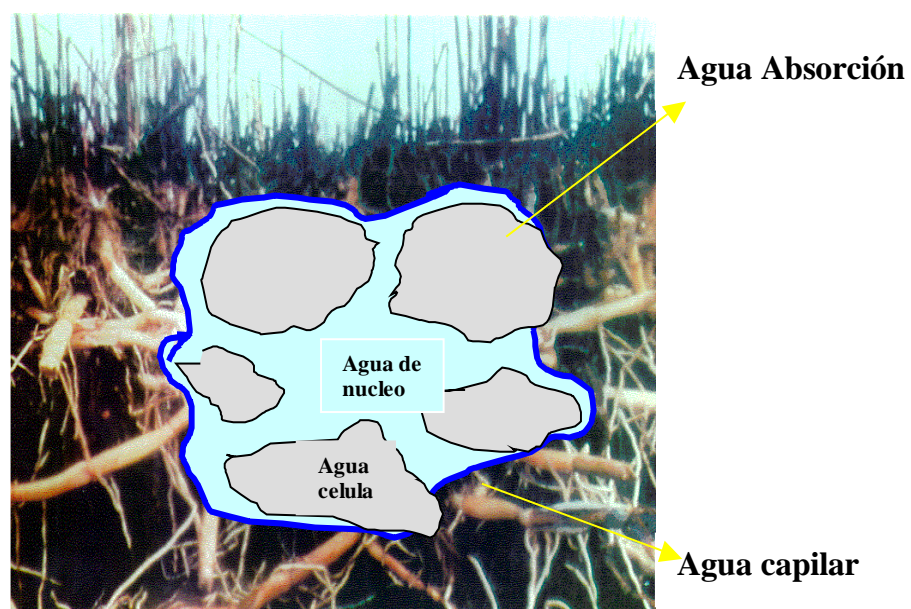
La experiencia en climas tropicales, indica que después de tres semanas se obtiene un lodo con una cantidad de sustancia seca del 35 – 48 % del lodo inicial.

**Figura 28. Mecanismo de Deshidratación del Lodo 1**



En la biomasa se cuenta con zonas aerobias cerca de las raíces y anaerobias lejos de las raíces, por esto se cuenta con una gran cantidad de bacterias y microorganismos que contribuyen a la degradación de los elementos como se muestra a continuación.

**Figura 29. Mecanismo de Deshidratación del Lodo 2**



#### **3.6.3.1.3 Mineralización**

La mineralización de lodos se efectúa biológicamente, y es la transformación del material sobrante después de la deshidratación, en abono en muchos casos o tierra normal. Además de disminuir aún más el volumen de los lodos iniciales.

#### **3.6.3.1.4 Tratamiento del lixiviado**

El lixiviado (efluente) generado en esta primera fase es conducido por tubería subterránea al tanque sedimentador, para el tratamiento en su segunda fase, también puede ser evacuado si se da cumplimiento con los requerimientos legales o normativos.

**Figura 30. Lixiviado de la PTAR**



Para metales pesados: Los vegetales ejercen un papel importante en la remoción de productos tóxicos. La phragmites absorbe sustancias tóxicas activamente, pudiendo concentrar en sus tejidos cantidades importantes de metales pesados, participando de ésta manera en la desintoxicación de los mismos.

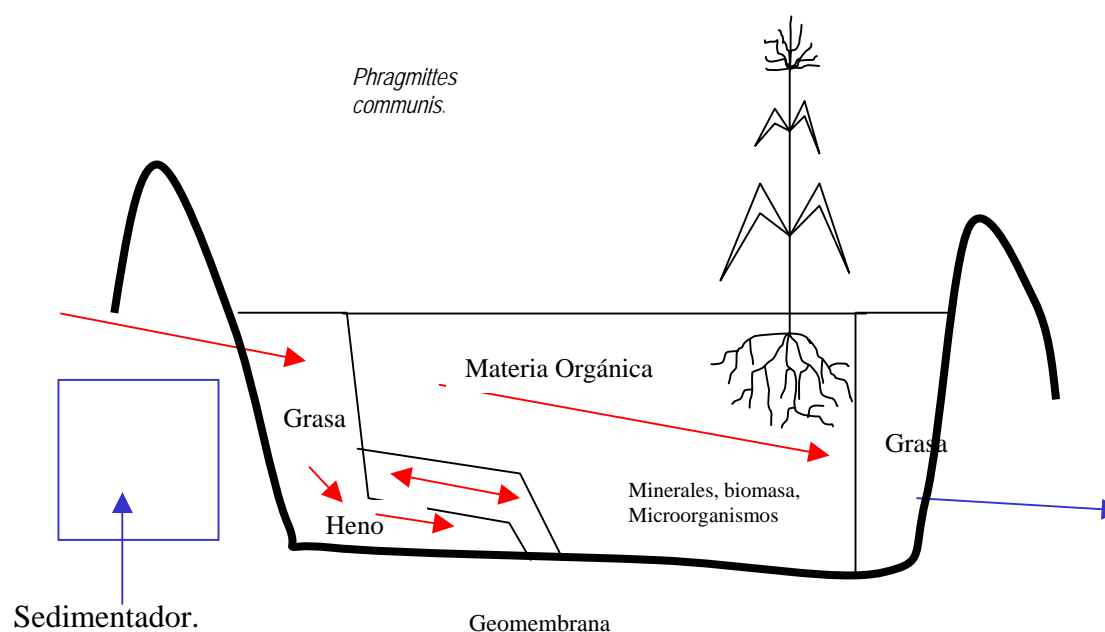
Lo cual es facilitado por la adición del sustrato TSN (Transform Nutrients) con propiedades antioxidantes y rico en material orgánico que brinda un perfil orgánico del suelo que hace

posible enlaces entre las sustancias nocivas y los componentes orgánicos del lodo por procesos de insolubilización o también por su transformación en otras sustancias con menor grado de toxicidad.

#### 3.6.4. Tratamiento de aguas residuales

El principio de funcionamiento es el mismo que para el tratamiento de lodos (construcción de un lecho filtrante para la degradación de los contaminantes por métodos biológicos, con el fin de que puedan ser absorbidos por las plantas), pero en lugar de un tanque de homogenización cuenta con un tanque sedimentador cuya función es reducir el contenido de aceites y grasas y sólidos sedimentables contenidos en el agua residual a tratar, a través de procesos biológicos que se llevan a cabo por la adición de bacterias anoxas y anaerobias que se hospedan en el lodo que se va formando, evitando el taponamiento del filtro de grava inicial del sistema y reduciendo la carga orgánica a ser transformada. La especie de lodo que con el paso del tiempo se va formando en el sedimentador y que no ha sufrido digestión, es dispuesto en el área de raíces del sistema convirtiéndose en biomasa.

**Figura 31. Esquema Básico de la Composición de la Planta de Tratamiento Biológico**



Existen dos tipos de sistemas diseñados para el tratamiento de aguas dependiendo de la concentración de los parámetros a reducir, por ejemplo, cuando el contenido de grasas y aceites o el de sólidos totales es muy alto, se debe tratar el vertimiento con un sistema vertical de Láminas Filtrantes que cuenta con el mismo principio de diseño pero que recibe el vertimiento del sedimentador no de forma lateral al sistema (flujo horizontal) sino de por la parte superior. La cantidad de los materiales que se adicionan para construir el lecho al igual que la biomasa, es diferente dependiendo del parámetro a reducir. En ambos sistemas de tratamiento se encuentran bacterias de tipo aerobio, anaerobio y anoxo.

Las ventajas de estos sistemas frente a otras alternativas de tratamiento es que técnicamente superan la eficiencia de otros tratamientos existentes de tipo químico o biológico, reduciendo además sustancias nocivas no tomadas en cuenta por otros métodos, el mantenimiento requerido es mínimo y no existe generación de lodos resultantes del tratamiento que deban disponerse posteriormente con otras tecnologías representando a las empresas un ahorro al no necesitar operarios para su operación ni la adición constante de químicos para el tratamiento.

El área para el montaje del sistema depende del caudal del vertimiento a tratar. Estos sistemas ofrecen una remoción del 50% una vez se terminado el montaje y del 90% después de siete meses de construido cuando ya el ecosistema haya madurado. Dependiendo del tipo de aguas a tratar (parámetros a ser removidos) el porcentaje de remoción puede estar entre el 80 y el 98%

Estas plantas de tratamiento han sido utilizadas para el tratamiento de fenoles, tintas con solventes orgánicos, aguas de curtiembres de las cuales se han obtenido algunas fotos.

**Figura 32. Aguas de Lavado de Máquinas de Imprenta**



**Figura 33. Planta de Tratamiento Horizontal para las Aguas de Lavado de Máquinas de Imprenta**



En la planta de tratamiento de aguas residuales del lavado de máquinas de imprentas se han obtenidos valores de DQO máximos de 1.000.000 y como resultado final luego de 152 días de puesta en marcha la planta de tratamiento el resultado final se encuentra dentro de los valores de la resolución del DAMA. Esta planta cuenta con un tanque sedimentador de 4 m<sup>3</sup>, dos horizontales de aproximadamente 27 m<sup>3</sup> cada una.

**Figura 34. Planta de Tratamiento Vertical y Horizontal Utilizada para Aguas Residuales de Curtiembres**



En esta planta de tratamiento para curtiembres se cuentan con datos de DQO máximos de 26710 mg/L como afluente y en esta planta se cuenta con un tanque sedimentador de 4 m<sup>3</sup>, dos etapas de tratamiento vertical cada una de 1 m<sup>3</sup> y luego tratamiento horizontal se han obtenido valores inferiores a la normatividad aplicada del DAMA de máximo 1000 mg/L.

### 3.7. PROPUESTA DE TRATAMIENTO PARA LOS EFLUENTES DE LA FÁBRICA

#### 3.7.1. Parámetros de Diseño

De acuerdo con los datos obtenidos de la caracterización del efluentes de las fábricas se realiza una propuesta con los siguientes parámetros de diseño. Ver Tabla. Parámetros de diseño de la PTAR para la propuesta biológica.

**Tabla 28. Parámetros de Diseño de la PTAR para la Propuesta Biológica.**

Parámetro	Valor Máximo
Valor máximo caudal/hora (L/hr)	570
Valor máximo horas de operación	13
Caudal máximo a tratar (m <sup>3</sup> /hr)	7.4
Caudal de diseño de la PTAR (m <sup>3</sup> /día)	8
DQO (mg/L)	16955
DBO (mg/L)	6845
Grasas y Aceites	243.6 mg/L

#### 3.7.2. Etapas para el Tratamiento Biológico

Debida la carga contaminante del efluente se propone:

- Pozo de recibo de efluentes de las aguas de las fábricas con cribas dispuestas en la caída de agua de cada una de las tuberías. Sistema que se encuentra actualmente.
- Tanque sedimentador: de concreto con capacidad de 4 m<sup>3</sup> para lograr un periodo de retención total de 12 horas. En este tanque se debe dividir en 3 fases en la primera de mayor capacidad de 2m<sup>3</sup> en la cual se adicionan bacterias para que se realice la primera digestión y formación del lodo, luego pasa a una segunda y tercera etapa de capacidad de 1m<sup>3</sup> cada una y tiempos de retención de 3 horas en las cuales se continua con el fraccionamiento de las cadenas químicas de los contaminantes de forma tal que ingrese a la siguiente etapa con cadenas más fáciles de digerir por los microorganismos dispuestos en el lecho.

- Sistema de flujo vertical: Etapa de 40 m<sup>2</sup> para el tratamiento de 8 m<sup>3</sup> día, con un área total de raíces de 40 m<sup>2</sup>, profundidad de 1.5m y la profundidad del llenado sería de 1.2m es decir la distancia hasta donde llegan las raíces.
- Sistema de flujo horizontal: etapa de 60 m<sup>2</sup> para el tratamiento de 8m<sup>3</sup> día, con un área de raíces de 48 m<sup>2</sup> en total y profundidad de 1.5 m.

### **3.7.3. Equipos Básicos para el Sistema de Tratamiento**

En el sistema de tratamiento biológico es muy sencillo y básicamente requiere de 2 bombas para el transporte del agua del pozo al sedimentador y del tanque de sedimentación a la primera etapa de tratamiento.

La tubería sería en acero inoxidable aprovechando las que actualmente se tienen, el transporte del agua de la primera etapa a la segunda etapa se realiza por gravedad a través de tubería PVC.

### **3.7.4. Esquema Propuesto para el Tratamiento Biológico**

La planta de tratamiento debe realizarse sobre una tela impermeable de forma tal que se elimine el riesgo de contaminación al suelo, esta debe realizarse dejando un borde superior de forma tal que se elimine el riesgo de captar aguas de escorrentía en el terreno, el sistema esta probado para aceptar las aguas lluvias pero no las aguas que puedan llegar de otro flujo diferente al sistema hidráulico tanto vertical como horizontal.

El sistema una vez construido y las plantas se encuentren sembradas como se muestra en la Figura 35. Es apto para recibir los vertimientos de la fábrica y así dar inicio a su proceso de maduración que por tratarse de sistemas biológicos se demora cerca de siete meses para ofrecer los porcentajes de remoción superiores al 90%.

**Figura 35. Fase Inicial de las Plantas (Siembra).**



Alrededor de la planta es recomendable cercar el sistema para evitar daños en su funcionamiento.

La planta requiere de mantenimientos preventivos en los cuales se revisa el flujo hidráulico del sistema y retiro de lodos del sedimentador el cual es retirado en una parte (exceso) y es dispuesto como capa vegetal sobre el sistema horizontal.

Este mantenimiento debe realizarse aproximadamente de 2 a 3 veces por año y su valor es de dos salarios mínimos mensuales y son ejecutados únicamente por el personal de la empresa que realiza la planta de tratamiento o por un operario debidamente entrenado por ellos.

La planta de tratamiento biológico no requiere mayor mano de obra a la de una verificación de flujo, limpieza de las cribas del pozo, mantenimiento de bombas, verificación de funcionamiento del agitador y flotador del tanque de homogenización, operaciones que no toman más de 1 hora y puede ser realizada por el auxiliar de mantenimiento que actualmente labora en la fábrica realizando algunas actividades en la planta de tratamiento de aguas residuales actual.

Las plantas pueden alcanzar una altura de 3 m, no requieren poda y su vida útil está alrededor de unos 50 años para luego realizar cambio de las plantas dependiendo del tipo de agua residual a tratar, es decir, si las aguas residuales no contienen metales pesados u otros contaminantes peligrosos, la planta de tratamiento tendrá un tiempo de vida aun no determinado.

El diseño y distribución de la planta de tratamiento se encuentra en el gráfico del Anexo 3. Gráfico de distribución planta de tratamiento biológico.

El costo total del proyecto es de \$63'766.272 este valor incluye el diseño, el dimensionamiento y puesta en marcha del sistema de tratamiento biológico con las siguientes unidades que hacen parte integral del sistema:

- Sedimentador
- Sistema de tratamiento biológico fase uno flujo vertical
- Sistema de tratamiento biológico fase dos flujo horizontal.

La elaboración de las obras civiles realizadas con el sistema como son la conformación de la biomasa, material vegetal, minerales, instalaciones internas de drenaje del sistema de tratamiento, activador de bacteria para el arranque.

#### 4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS PROPUESTOS

Tabla 29. Ventajas y Desventajas de los Sistemas Propuestos

SISTEMA FISICO-QUIMICO	SISTEMA BIOLOGICO
VENTAJAS	VENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El espacio total requerido para el tratamiento es de 60 m<sup>2</sup> incluyendo todas sus etapas.</li> <li>- Este sistema permite el ajuste de las dosis de los químicos adicionados de acuerdo con los datos de DQO obtenidos al inicio del tratamiento a través de métodos colorimétricos. (kit)</li> <li>- Permite la adaptación de más etapas si se requiere aumento en la capacidad del volumen a tratar.</li> <li>- Las aguas provenientes de la deshidratación de los lodos se puede adicionar al tanque de homogenización, lo cual hace que la carga se diluya un poco.</li> <li>- Luego del tratamiento el efluente puede ser mejorado y almacenado para ser utilizado en actividades de riego de los jardines internos de la fábrica o para algunas actividades que no requieran agua potable.</li> <li>- Procedimientos extensamente probados y utilizados a nivel mundial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interacción de la tecnología con el medio ambiente, es un componente agradable a la vista una vez las plantas hayan crecido.</li> <li>- No produce malos olores, ni mal aspecto.</li> <li>- Fácil remoción de lodos y no genera mayores costos ya que el valor de este mantenimiento es de dos salarios mínimos mensuales (\$ 412.000 * 2 = \$ 824.000) actualmente.</li> <li>- De acuerdo con lo observado en otras plantas de tratamiento se cuenta con un amplio listado de elementos tóxico y orgánico de lenta degradación que se pueden tratar.</li> <li>- Es muy higiénico y reduce bacterias patógenas.</li> <li>- No sufre saturaciones ni desgastes.</li> <li>- No requiere de un operario que labore exclusivamente para la planta de tratamiento.</li> <li>- No requiere de flujo constante de la planta se puede mantener sin flujo por un periodo de 3 a 6 meses.</li> <li>- No requiere recubrimiento pues sus procesos biológicos requieren de la luz solar.</li> <li>- El efluente en caudal es disminuido debido los procesos de evo transpiración de las plantas y puede ser hasta de un 30% en reducción del caudal inicial.</li> <li>- El caudal del efluente puede ser utilizado para el riego de plantas.</li> <li>- Dado que este es un goteo constante se puede eliminar como tal el efluente de la</li> </ul>

	<p>planta de tratamiento, sin tener ni siquiera efluente final que entregar a la red de acueducto y alcantarillado de la ciudad.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajos costos de mantenimiento y sostenimiento</li> <li>- Poca cantidad de lodos generados que no deben ser dispuestos al ser reincorporados al sistema de tratamiento.</li> </ul>
<b>DESVENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran cantidad de generación de lodos.</li> <li>- Requiere de una persona capacitada de perfil tecnólogo para un manejo adecuado de la PTAR.</li> <li>- Generación de mayores costos de mantenimiento por los insumos mes a consumir.</li> <li>- La planta de tratamiento requiere cubrimiento.</li> <li>- Requiere de mayores tiempos operativos diarios.</li> <li>- Necesidad de realizar análisis de laboratorio o pruebas rápidas que incrementan los costos de tratamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para la implementación de una planta biológica se debe contar con espacio suficiente.</li> <li>- No se cuentan con resultados obtenidos de prueba piloto con una mezcla de las aguas residuales de la fábrica.</li> <li>- Debido a que la fábrica elabora productos para la industria alimenticia, se debe tener un procedimiento estricto del personal que realiza la verificación diaria de la planta de tratamiento y su ingreso debe ser restringido ya que en la PTAR se cuenta con bacterias y microorganismos que pueden generar una contaminación cruzada.</li> <li>- Se puede acabar con el humedal si llegase un producto químico puro.</li> </ul>

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se realiza la caracterización del vertimiento de cada una de las plantas de fabricación y se pudo determinar que las cargas de mayor contaminación en DQO son provenientes de la fábrica de sabores hasta con un máximo cercano a los 37000 mg/L, igualmente esta es la que mayor aporte en caudal realizaría a la planta de tratamiento con un valor próximo al 70% del total.
- El comportamiento del afluente teniendo en cuenta la mezcla de los dos efluentes fábrica sabores y fragancias presento una reducción significativa en las características fisicoquímicas determinantes para el desarrollo y comparación de los diseños ya que el valor de la DQO y DQO es reducido casi a la mitad del valor máximo obtenido en la caracterización del efluentes de la fábrica de sabores.
- De acuerdo con la evaluación y caracterización del afluente de la planta de tratamiento se observa que el diseño de la planta de tratamiento que se encuentra en funcionamiento actualmente no da respuesta a las necesidades reales y que los valores de diseño son realmente demasiado inferiores a los requerimientos de tratamiento y los niveles de eficiencia de los procesos unitarios son nulos frente al cumplimiento legal ambiental y que así mismo es clara la necesidad de realizar modificación total al sistema de tratamiento utilizado.
- Se llevo a cabo la evaluación de dos alternativas para el tratamiento de las aguas residuales industriales, una fisicoquímica y otra biológica, siendo la más económica la planta de tratamiento fisicoquímica por un diferencia de \$10'000.000, sin embargo el costo del filtro prensa es de \$13'000.000 para la planta de tratamiento fisicoquímico el cual es realmente necesario teniendo en cuenta el costo de las disposición final de los

lodos, ya que a menor humedad menos peso de lodo entregado así el costo más económico de las plantas de tratamiento evaluadas es la biológica por una diferencia de \$3.000.000

- La planta de tratamiento biológica presenta grandes ventajas en cuanto a costos operativos ya que su mantenimiento es realmente bajo al comparar con la del tratamiento fisicoquímico que requiere insumos y mano de obra totalmente dedicada al sistema, sin embargo hasta el momento no ha sido posible tener una planta de tratamiento piloto para poder realizar ensayos con muestras compuestas y tener resultados propios de las aguas generadas en la fábrica.
- Para la propuesta de tratamiento biológico dado que es susceptible de que a ella llegue una descarga alta de DQO o DBO al tanque sedimentador y puede presentar allí la muerte del lodo inoculado sería apropiado instalar un tanque de homogenización de 5 m<sup>3</sup> con agitación de forma tal que allí se genere una etapa de homogenización para asegurar el ingreso de una mezcla con valores promedio a los de diseño.
- Dado que la fábrica posee dentro de su listado de productos gran cantidad de compuestos orgánicos volátiles es posible desarrollar pruebas con inyección de aire de forma que se obtenga un arrastre y disminución de valores de la DQO. Esta etapa debe ser dispuesta luego del cribado.
- Teniendo en cuenta que la fábrica cuenta con el espacio requerido para la construcción de la planta de tratamiento biológico, que los costos de mantenimiento y operación son bajos, que su valor es similar al de la planta de tratamiento fisico-química y su instalación presenta una agradable interacción con el medio ambiente la mejor decisión será realizar el diseño de la planta de tratamiento con un tanque de homogenización de forma tal que allí se homogenicen las cargas contaminantes y sea una trampa inicial en caso de presentarse un reguero de producto puro en las plantas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

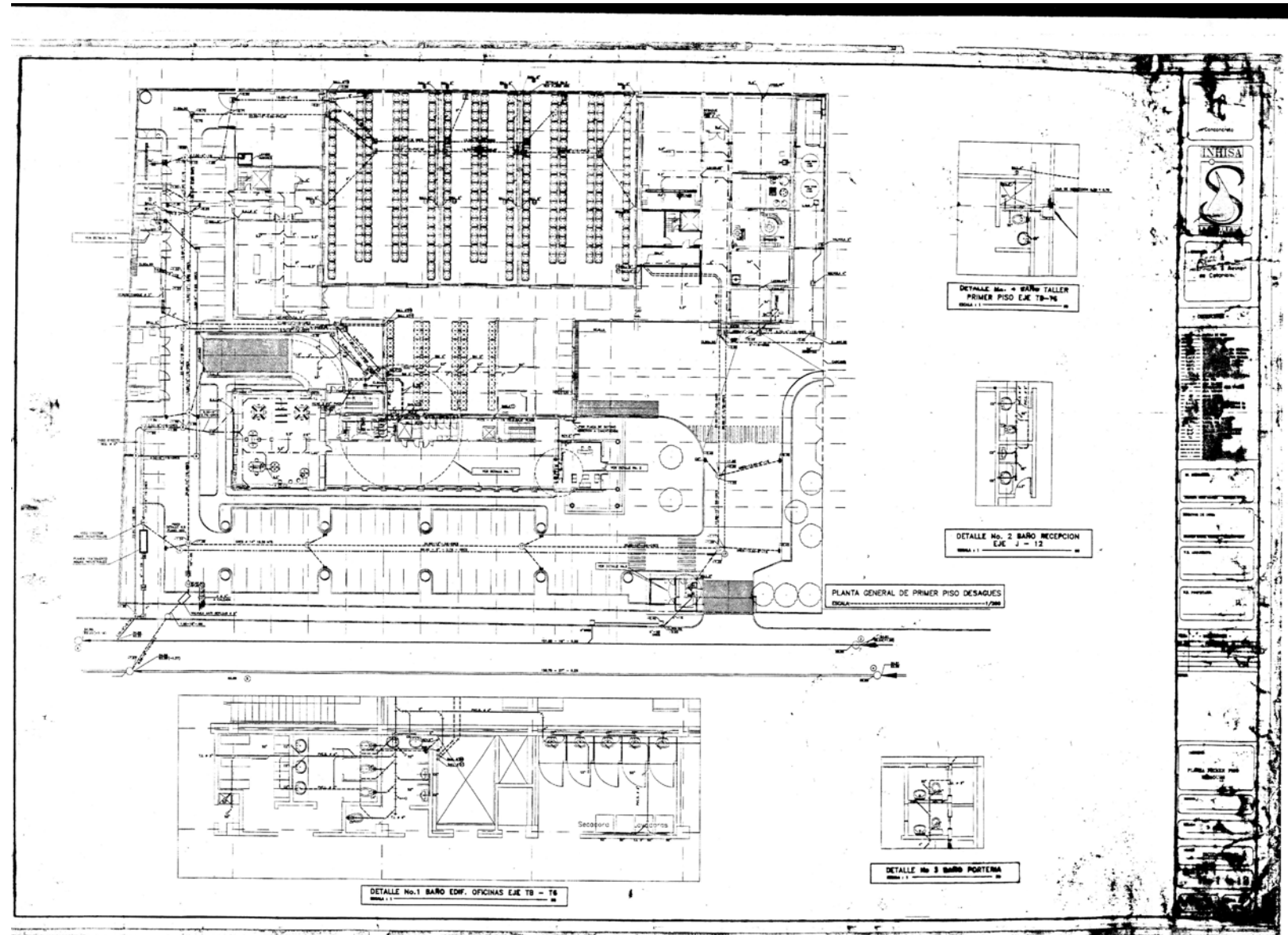
1. ARUNDEL, John.. Tratamientos de aguas negras y efluentes industriales. Editorial Acribia. Primera edición 2002. 350 p
2. CONIL, Philippe. El tratamiento anaerobio de las aguas residuales en Colombia. histórico, posibilidades, limitaciones, situación actual y perspectivas. Alemania, junio 1996. 29 p.
3. CORTES, Luis Enrique y RODRIGUEZ, Luis Alfonso. Química ambiental. Universidad Industrial de Santander. Fascículo 4. Bucaramanga 2005, p55-68
4. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas colombianas para la presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Quinta actualización. Bogotá D.C. ICONTEC, 2002. 30 p. NTC 1486
5. NEMEROW, N. y Dasgupta, A.. Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos. Ed. Diaz de Santos. 1ª edición 1998. 842 p.
6. Manual de tratamiento, reciclado, aprovechamiento y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias. 2003. 465 p.
7. PERRY, Robert H. Manual del ingeniero químico.. Editorial McGraw-Hill, Mexico 1992. Sexta edición. Tomo 6. 26-40, 26-52
8. SEOÁNEZ CALVO, Mariano. Depuración de las aguas residuales por tecnologías ecológicas y de bajo costo. Mundi prensa libros S.A. 2004. 464 p.

9. STENCO. Tratamiento de aguas. 3ª Edición del Libro STENCO. Febrero 2004. 668 p

10. VARIOS AUTORES. Tratamientos de aguas negras y efluentes industriales. Editorial Acribia. 2002

## **7. ANEXOS**

Anexo 1. Plano de redes de aguas lluvias, aguas residuales domésticas e industriales .





Anexo 3. Gráfico de distribución planta de tratamiento biológico.

