

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE  
MÉXICO FACULTAD DE QUÍMICA  
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN PROFESIONAL**



**Mejora del proceso fisicoquímico de tratamiento de aguas residuales  
industriales**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERA QUÍMICA**

**PRESENTA**

**P.I.Q. Andrea De La Rosa Pérez**

**DIRECTOR DE TESIS:  
Dr. en C. Julián Cruz Olivares**

**TOLUCA, MÉXICO**

**Diciembre, 2022**

## Contenido

Presentación

Glosario de términos

Resumen

Objetivo

Introducción.

**1.0** Descripción de la planta y sus operaciones

**1.1** Pretratamiento

**1.1.1** Recolección del agua

**1.1.2** Homogeneización y bombeo

**1.1.3** Caracterización de agua residual

**1.2** Tratamiento Primario

**1.2.1** Tanques de almacenamiento, separación de aceites y neutralización

**1.2.2** Clarificador

**1.2.3** Tratamiento de lodos

**1.3** Tratamiento terciario

**1.3.1** Sistema de captación y bombeo

**1.3.2** Filtros de arena, antracita y carbón activado

**1.4** Monitoreo y Control

**1.4.1** Plan de monitoreo

**1.4.2** Muestreo y análisis

**1.4.3** Procesamiento de resultados

Capítulo 2. Metodología

**2.1** Tratamiento para potabilizar agua

**2.1.1** Procesos de separación solido-liquido

**2.1.2** Coagulación

**2.1.3** Estabilidad de las partículas coloidales Inmersión en un floculo sedimentado

- 2.1.4** pH
- 2.1.5** Tamaño de la partícula coloidal
- 2.1.6** Temperatura del agua
- 2.1.7** Fluidos en movimiento
- 2.1.8** Agitación de la mezcla
- 2.1.9** Floculación
- 2.2** Diseño experimental
  - 2.2.1** Tipo y cantidad de coagulante y floculante
  - 2.2.2** Estandarización de pH
  - 2.2.3** Medición del caudal
- 2.3.4** Variables de bombeo
- 2.3.5** Prueba preliminares
- 2.3.6** Prueba de jarras
- 2.3.7** Obtención de Resultados
- 2.3Comparative de Químicos
  - 2.3.1** Requerimientos de CONAGUA
  - 2.3.2** Resultados de la prueba
  - 2.3.3** Propuesta de ahorro de agua de las torres de enfriamiento
- 2.4** Herramientas adicionales al tratamiento de agua
  - 2.4.1** Implementación de hoja de registros
  - 2.4.2** Desarenador
  - 2.4.3** Descripción de la planta y sus operaciones a mejorar
  - 2.4.4** Características y evaluación del tratamiento de agua

### Capítulo 3 Resultados y discusión

- 3.1** Tratamiento para potabilizar agua
- 3.2** Diseño experimental
- 3.3** Comparación de Químicos
- 3.4** Herramientas adicionales al tratamiento de agua
- 3.5** Conclusiones y recomendaciones

### Capítulo 4. Referencias bibliográficas

### Anexo

## **Glosario**

En la revisión del marco teórico aplicable a la actividad de una empresa metal mecánica, se establecieron algunas definiciones importantes requeridas para el manejo de las aguas residuales, por lo cual no se las considera necesario nombrarlas nuevamente en esta sección, pero estos criterios si son necesarios considerarlos en el proceso de entrenamiento y capacitación al personal de la planta que opera la unidad de tratamiento.

### **Efluente**

Aguas con presencia de desechos sólidos o líquidos que se generan en industrias y en el uso doméstico.

### **Lodos Activos**

Proceso biológico de microorganismos aerobios, en tanques de depósito aireados y agitados mecánicamente que evita sedimentación y homogeniza los cultivos bacterianos; la aireación ya sea natural o mecánica suministra el oxígeno para la reproducción de microorganismos

### **Medición de caudal**

La medición de flujo constituye tal vez, el eje más alto porcentaje en cuanto a medición de variables industriales se refiere. Ninguna otra variable tiene la importancia de esta, ya que, sin mediciones de flujo, sería imposible el balance de materiales, el control de calidad y aún la operación de procesos.

La medición del caudal exige un conocimiento práctico de la tecnología del medidor, además de un profundo conocimiento del proceso y del fluido que se quiere medir. En el tratamiento de las aguas residuales, es necesario conocer los caudales con el fin de determinar los balances de materiales requeridos para las plantas depuradoras.

En la empresa, se facilita el proceso de medición de caudal en virtud que toda el agua residual producida es recogida en el tren número 1, donde anteriormente no se contaba con esa medición, pero se instaló un medidor de flujo ultrasónico donde se registra la medición del caudal, de manera que el agua es tratada una vez se tenga la carga requerida para iniciar el proceso del agua. De manera que el caudal ha permanecido constante. Esto hace que las operaciones se las haga por paradas lo que facilita la caracterización y la homogenización del agua a ser tratada y por consiguiente se facilita el control de la medición de caudal, en virtud que se tiene identificado el punto en la cisterna en el cual marcan los tres metros cúbicos.

Este valor es importante precisarlo en virtud, que en base a cantidad de agua se proyectaran los consumos de las sustancias al igual que el tiempo del proceso. De manera que, al ser el caudal casi permanente, esta medición está controlada.

En este punto se les indico a los operadores y personal de control de la planta la importancia de siempre operar con el caudal pre-establecido.

## **Medidor de pH**

La medición de pH antes y después de la floculación tiene una importancia básica. Por tanto, debe disponerse siempre de un sistema de medida del pH, ya sea por colorimetría o con electrodos. Este último es preferible porque es el único método que puede medir pequeñas variaciones de igual manera se instaló un sistema de electrodos y una automatización mediante PLC que no se contaba antes para llevar un mejor control de estos.

## **Temperatura**

El Test de Jarras debe realizarse, en lo posible, a la misma temperatura que la que tiene el agua en la planta de tratamiento. Dejar los vasos sobre el iluminador del base prendido o sobre un objeto caliente afecta la temperatura y produce resultados variables e inconsistentes. Por eso, es conveniente tener un termómetro para medir la temperatura del agua antes de iniciar los ensayos y en la Planta de tratamiento

## Resumen

Los sistemas de tratamiento de las aguas residuales industriales son procesos fisicoquímicos que constan de unidades de homogeneización, coagulación, floculación, sedimentación y filtración que permite eliminar sólidos en suspensión, sólidos disueltos y materia orgánica. Se ha realizado diversas mejoras del proceso de una planta de tratamiento de agua dentro de la empresa Crown Brand-Building Packaging, considerando en primera instancia; perfeccionar los recursos disponibles en la unidad de producción, así como estandarizar los parámetros ya establecidos.

El presente trabajo es un proyecto tanto de mejora, así como de corrección a un sistema instalado en la empresa de manufactura de latas de aluminio, debido a que actualmente no está funcionando de la manera óptima. Razón por la cual, la empresa propone la implantación de soluciones a su problema de tratamiento de las aguas residuales que se generan en la unidad de producción. Para solucionar este problema, se hicieron diferentes propuestas, algunas de las cuales requerían de una inversión fuera de presupuesto, por lo que se optó por mejorar la parte fisicoquímica del proceso actual. Con la propuesta desarrollada en este proyecto de mejora, se logró un aporte técnico y científico para las plantas de tratamiento de aguas residuales generadas por la industria de manufactura.

A diferencia de las demás propuestas, la presente va a aprovechar las unidades ya instaladas, a fin de garantizar la eficacia de los resultados con la inversión más baja.

Por lo tanto, es un proyecto de ingeniería que nos permitió dar solución a un problema, optimizando los recursos con una mínima inversión, realizando diversas pruebas de jarras para encontrar las cantidades necesarias para el tratamiento primario en cuanto a floculante y coagulante, así como; la instalación de PLC para automatizar el control del pH y del caudal del efluente de agua contaminada, con esto se logra un proceso controlado, y que cumple con la normativa que nos pide CONAGUA para descarga de agua residuales, así como propuestas para reutilización de dicha agua en otras áreas. La calidad del agua que se obtiene aplicando el proceso propuesto satisface la normatividad mexicana y es adecuada para ser reutilizada en la torre de enfriamiento y en otras áreas de la misma empresa, con lo cual no solo se cumple con la parte ecológica; sino también con la parte económica.

## Composición de las aguas residuales

Las aguas residuales se componen, básicamente, de un 99.9% de agua en su estado conocido como de agua potable y de un 0.1% por peso de sólidos, sean éstos disueltos o suspendidos. Este 0.1% referido es el que requiere ser removido para que el agua pueda ser reutilizada. El agua sirve o actúa como medio de transporte de estos sólidos, los que pueden estar disueltos, en suspensión o flotando en la superficie del líquido. El agua residual contiene componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua. La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos de alimentos, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos

Las proteínas son el principal componente del organismo animal, pero también están presentes en los vegetales. El gas sulfuro de hidrógeno presente en las aguas residuales proviene del azufre de las proteínas. Los carbohidratos son las primeras sustancias degradadas por las bacterias, con producción de ácidos orgánicos por esta razón, las aguas residuales estancadas presentan una mayor acidez. Los lípidos (aceites y grasas) incluyen gran número de sustancias que tienen, generalmente, como principal característica común la insolubilidad en agua, pero son solubles en ciertos solventes como cloroformo, alcoholes y benceno.

Están siempre presentes en las aguas residuales domésticas, debido al uso de manteca, grasas y aceites vegetales en cocinas. Pueden estar presentes también bajo la forma de aceites minerales derivados de petróleo, debido a contribuciones no permitidas (de estaciones de servicio, por ejemplo), y son altamente indeseables, porque se adhieren a las tuberías, provocando su obstrucción. Las grasas no son

deseables, ya que provocan mal olor, forman espuma, inhiben la vida de los microorganismos, provocan problemas de mantenimiento. La materia inorgánica

presente en las aguas residuales está formada principalmente de arena y sustancias minerales disueltas

El agua residual también contiene pequeñas concentraciones de gases disueltos. Entre ellos, el más importante es el oxígeno proveniente del aire que eventualmente entra en contacto con las superficies del agua residual en movimiento.

## **OBJETIVOS**

### Objetivo general

Proponer un proceso de mejora en el tren de tratamiento de aguas residuales, mediante la aplicación de tecnología de producción más limpia, para lograr que las descargas de las aguas residuales se encuentren dentro de los parámetros establecido por la Legislación Ambiental Mexicana

### ***Objetivos Específicos***

- Identificar oportunidades de optimizar la operación de la unidad de tratamiento de aguas, mediante la ejecución de inspecciones técnicas y estandarización de parámetros
- Formular recomendaciones que permitan perfeccionar la productividad y la eficiencia en cada operación unitaria de la planta de tratamiento.
- Implementar las recomendaciones seleccionadas.
- Medir el éxito obtenido con la aplicación de las recomendaciones.
- Lograr que la descarga del agua residual industrial, cumpla con los parámetros de calidad exigidos para verter el agua al drenaje, según lo establecido por la legislación ambiental de SEMARNAT.
- Así como ser una guía en la identificación del monitoreo y procedimientos



requeridos para el control del proceso y para la identificación de las fallas existentes en los diferentes elementos del sistema de tratamiento.

### **Planteamiento del problema**

El sistema tiene como propósito el tratar aguas residuales provenientes del proceso de manufactura de latas. Donde la empresa principalmente trata el agua de lavado de latas que contiene químicos principalmente ácidos, así como aceite soluble, limpieza de equipos, regeneración de columnas de agua desionizada, regeneración de equipos suavizadores, en general todo el proceso a excepción de las aguas que se usan en los servicios sanitarios y comedor debido a que estas son tratadas de manera independiente mediante una planta biológica. Los principales problemas a abordar son:

#### **Metales pesados**

Metales como cadmio, cobre, cromo, hierro, magnesio, mercurio, níquel, plomo y zinc, entre otros, que son tóxicos en concentraciones reducidas y tienden a la bioacumulación.

#### **Oxígeno disuelto**

Es el oxígeno libre que se encuentra en el agua, vital para las formas de vida acuática y para la prevención de olores ya que es un parámetro monitoreable en los entregables legales ambientales de la empresa

#### **Río**

Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, embalses naturales o artificiales, lagos, lagunas o al mar

#### **Tratamiento Convencional Para Potabilizar El Agua**

Son las siguientes operaciones y procesos: Coagulación, floculación, sedimentación, Filtración y desinfección que más adelante se detallan con más precisión en la página 62

## Antecedentes

Existen un sin número de industria que descargan sus efluentes industriales directamente a cuerpos receptores sin ningún tratamiento, causando un grave daño al medio ambiente, entre estas tenemos las industrias azucareras, de papel y celulosa, petroquímica, bebidas, textil, siderúrgica, eléctrica y alimentos, entre otras. Las instituciones gubernamentales, municipales e industriales conscientes de estos problemas de contaminación contribuyen a mejorar la calidad y cantidad del agua con acciones a corto y largo plazo, con tratamientos de sus efluentes.

El retorno de las aguas residuales a nuestros ríos o lagos nos convierte en usuarios directos o indirectos de las mismas, y a medida que crece la población, aumenta la necesidad de proveer sistemas de tratamiento o renovación que permitan eliminar los riesgos para la salud y minimizar los daños al ambiente.

TIPOS DE AGUAS RESIDUALES		
TIPOS DE AGUA	DEFINICION	CARACTERISTICAS
<i>Agua residual domestica</i>	<i>Producidas en las diferentes actividades al interior de las viviendas, colegios, etc.</i>	<i>Los contaminantes están presentes en moderadas concentraciones</i>
<i>Agua residual municipal</i>	<i>Son transportados por el alcantarillado de una ciudad o población</i>	<i>Contiene materia orgánica, nutrientes y patógenos, etc.</i>
<i>Agua residual industrial</i>	<i>Los resultantes de las descargas de industrias</i>	<i>Su contenido depende del tipo de industria Y/o procesos industriales</i>
<i>Agua negra</i>	<i>Contiene orina y heces</i>	<i>Alto contenido de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos farmacéuticos</i>
<i>Agua amarilla</i>	<i>Es la orina transportada con o sin agua</i>	<i>Alto contenido de nutrientes, hormonas y alta concentración de sales</i>
<i>Agua café</i>	<i>Agua con pequeña cantidad de heces y orina</i>	<i>Alto contenido de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos</i>
<i>Agua gris</i>	<i>Provenientes de lavamanos, duchas, lavadoras</i>	<i>Tienen pocos nutrientes y agentes patógenos, por el contrario presentan máxima carga de productos y detergentes</i>

Fuente :Romero R.J (2001)

En la concepción clásica del problema de la polución del agua, según su composición, los ríos se consideran los receptores naturales de las aguas residuales, con su correspondiente carga de contaminantes y nutrientes. Las cargas, o concentración de

contaminantes y nutrientes, constituyen el objeto de la regulación, por parte de las leyes, decretos y normas, para establecer la calidad apropiada del agua, de acuerdo con los diferentes usos aplicables a ella.

### **Características del agua residual**

Características químicas:

El estudio de esta característica son los siguientes; materia orgánica, medición del contenido orgánico, y materia orgánica.

a) Materia orgánica. Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables de agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica. Proviene del reino animal y vegetal. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40-60%), hidratos de carbono (25- 50%), grasas y aceites (10%). Otro compuesto orgánico presente en la urea, principal constituyente de la orina. Grasas de animales y vegetales. La composición de las grasas animales y aceites es de alcohol o glicerol y ácidos grasos. La forma que llegan a las aguas residuales son como mantequilla, manteca, margarina, aceites y grasas vegetales. Las partículas de estos compuestos interfieren en el normal desarrollo de la vida biológica creando películas y acumulaciones de materia flotante desagradables.

b) Medida de contenido orgánico. Los métodos más empleados para medir el contenido orgánico de las aguas residuales y superficiales son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), y la demanda química de oxígeno (DQO). Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>). El parámetro de contaminación orgánica más empleado, la DBO<sub>5</sub> a 5 días. La determinación del mismo está relacionada con la medición de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. La cantidad de oxígeno usado en la estabilización materia orgánica y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20°C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable. Demanda Química de oxígeno (DQO). Este ensayo se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de aguas

naturales como aguas residuales. En el ensayo se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de materia orgánica que puede oxidarse, la DQO de un agua residual suele ser mayor que la DBO, debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por la vía química frente a los que se oxidan por vía biológica.

c) Materia orgánica. Debido a que las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar mucho a los usos de agua, conviene examinar la naturaleza de algunos de ellos. Nitrógeno. Recibe el nombre de bioestimulante. Es básico para la síntesis de proteínas. El contenido total de nitrógeno está compuesto por nitrógeno orgánico, amoníaco, nitrito, nitrato. El nitrógeno del nitrato es la forma más oxidada del nitrógeno que se puede encontrar en las aguas residuales, cuando el efluente secundario deba ser recuperado para la recarga de agua subterránea, la concentración del nitrato es importante. La concentración de nitratos en efluentes puede variar entre 0 y 20 mg/l en forma de nitrógeno (N), con valores típicos entre 15 y 20 mg/l. Fósforo. Este es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. El contenido de fósforo en aguas residuales municipales puede variar entre 4 y 15 mg/l.

### **Composición de las aguas residuales después de su tratamiento**

Según Sanchez (1995), indica que después de un tratamiento biológico que contemple un buen diseño, adecuado tiempo de retención hidráulico y en presencia de los microorganismos idóneos, las características finales del agua son muy distintas a las iniciales, la actividad biológica intensa y suficiente a cargo de las bacterias, algas, protozoarios, hongos, principalmente, produce agua mineralizada cuyas características son las requeridas en el desarrollo de la flora y fauna, lo cual significa capacidad de intercambio gaseoso, cantidad de oxígeno disuelto superior a 6 mg/l, mínima presencia de materia orgánica biodegradable, mucha cantidad de minerales como lo son carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos, sodio, potasio, calcio y magnesio. También puede encontrarse minerales como lo son los silicatos, fluoruros, compuestos de hierro, magnesio, aluminio, boro, entre otros. Un aspecto a recalcar es

la múltiple presencia de microorganismos encargados de los procesos para el tratamiento del agua residual en los sistemas biológicos.

### **Descripción del proceso productivo**

A diferencia de los envases de acero tradicionalmente empleados en el sector de la alimentación, fabricados a partir de tres piezas (cuerpo, fondo y tapa), las latas de bebidas solamente constan de dos elementos: el cuerpo y la tapa. Su fabricación, como veremos a continuación, se basa en una tecnología muy avanzada que permite obtener un envase partiendo de una simple placa de acero.

- 1** – El acero llega a la planta metalmecánica en grandes bobinas, que se cortan en láminas.
- 2** – Las láminas se lubrican con una capa muy fina de aceite y pasan una tras otra por una máquina de corte que produce cada minuto miles de pequeñas chapas
- 3**– Cada chapita pasa por una serie de anillos de tungsteno que van reduciendo el diámetro de partida y adelgazando las paredes al incrementar la altura de la pieza: este es el proceso DWI (Draw and Wall-Ironed).
- 4** – La parte irregular superior se corta, ajustando cada pieza a la altura precisa. (El material sobrante se recicla).
- 5** – Una vez cortadas, las latas pasan por un sistema muy sofisticado de lavado y secado. Este proceso permite eliminar cualquier traza de lubricante antes de pasar al barnizado.
- 6** – Una vez limpias, las latas reciben en su cara externa una laca blanca o coloreada que forma una superficie idónea para imprimir.
- 7** – Las latas pasan a través de un horno de aire para secar la capa aplicada.
- 8** – El siguiente paso es un sistema de pintado y decoración muy sofisticada que aplica el diseño especificado por el cliente, hasta en seis colores, y añade una capa de barniz protector.
- 9** – La base de la lata recibe también una capa de protección.
- 10** – Un segundo horno permite secar las tintas y barnices aplicados.
- 11** – La parte interior del bote recibe a su vez una capa de revestimiento. Esta operación permite proteger la lata de la corrosión y de cualquier posible interacción entre el contenido y el metal.
- 12** – Las latas pasan de nuevo por un horno para el secado del revestimiento interno.

**13** – Las latas pasan a continuación a una máquina que reduce el diámetro de la pared en la parte alta del envase. Esta operación se denomina “necked-in”. El borde superior del bote es moldeado hacia fuera para poder recibir el cierre una vez acabado el proceso de llenado.

**14** – Todas las latas son objeto de controles de calidad a lo largo del proceso de fabricación

En la etapa final, un sensor óptico (pressco) desecha las piezas que presentan fisuras o micro perforaciones.

**15** – Una vez acabados, los envases pasan al almacén, donde son dispuestos en tarimas de madera para ser enviados a las plantas correspondientes

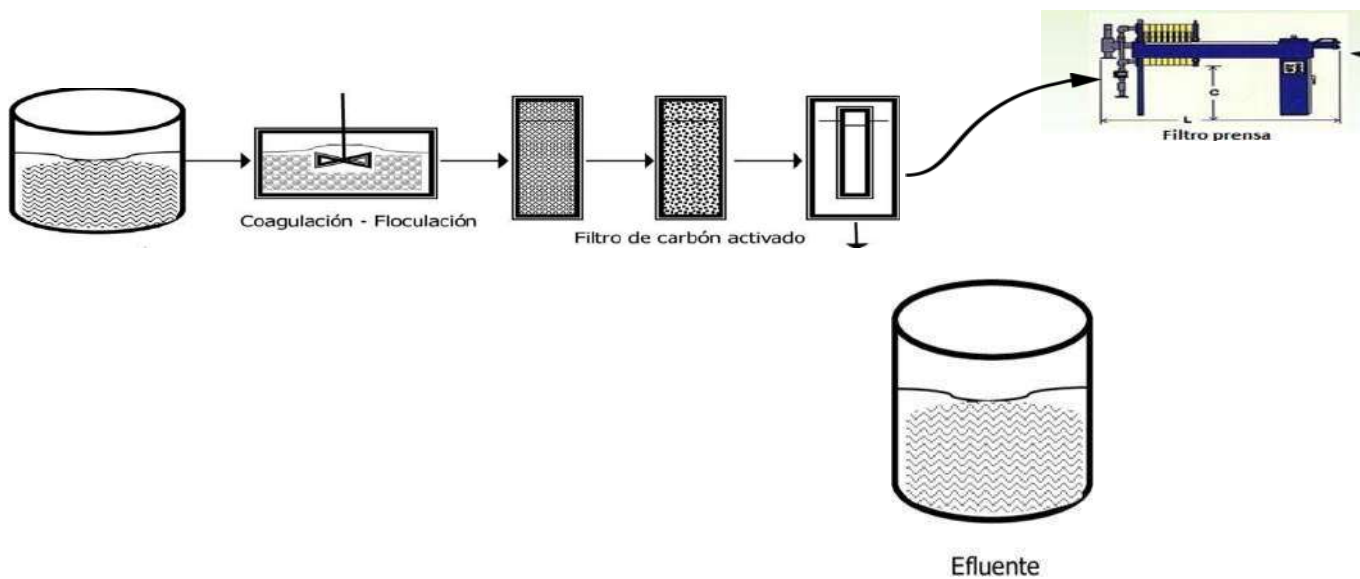
Anteriormente la empresa, contaba únicamente con un sistema de tratamiento de aguas utilizadas en el proceso el cual funciona hace varios años atrás, sin embargo, debido a la normatividad que establece los estándares de calidad del agua, se ve en la necesidad de implementar un sistema de remoción de contaminantes en su descarga de aguas residuales sanitarias y de servicios.

Los parámetros sobre los cuales se concentra el objetivo del tratamiento son esencialmente: Sólidos Suspendidos Totales (SST), potencial de Hidrógeno (pH), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

El tratamiento de aguas que se utilizaba anteriormente constaba del siguiente proceso (Ver tren de tratamiento figura 1). Este estaba definido para el tratamiento de las aguas residuales fundamentado en sus características cualitativas. El tamaño y capacidad de cada sistema o unidad de tratamiento es función del tiempo de retención, de la cinética de biodegradación o remoción de sustrato (carga contaminante) y de la magnitud del flujo de descarga de agua residual.

En resumen, el proceso de tratamiento de aguas residual, de acuerdo con el diagrama de flujo se divide en las siguientes tres etapas:

- Primera etapa o pretratamiento.
- 
- Segunda etapa o tratamiento secundario.
- 
- a) Desinfección
- b) Tratamiento final de lodos
- Tercera etapa o recuperación de agua tratada



**Diagrama de flujo**

### **Primera Etapa (Pre tratamiento)**

La corriente de agua residual se ha clasificado en función de sus fuentes generadoras, es colectada y conducida hasta el punto en donde inicia el tren de tratamiento.

La primera etapa consiste en los siguientes procesos:

- Homogeneización
- Bombeo

### **Homogeneización Y Bombeo**

Una vez que la mezcla de agua residual es captada en un cárcamo de almacenamiento (1000 m<sup>3</sup>) para ser enviada al reactor biológico mediante la bomba que cuenta con una recirculación para retornar el exceso de flujo y mantener el agua de alimentación homogénea y evitar que los sólidos se acumulen en el fondo del cárcamo.

El retorno de las aguas residuales a nuestros ríos o lagos nos convierte en usuarios directos o indirectos de las mismas, y a medida que crece la población, aumenta la necesidad de proveer sistemas de tratamiento o renovación que permitan eliminar los riesgos para la salud y minimizar los daños al ambiente.

En la concepción clásica del problema de la polución del agua, los ríos se consideran los receptores naturales de las aguas residuales, con su correspondiente carga de contaminantes y nutrientes. Las cargas, o concentración de contaminantes y nutrientes, constituyen el objeto de la regulación, por parte de las leyes, decretos y normas, para establecer la calidad apropiada del agua, de acuerdo con los diferentes usos aplicables a ella.

### **Fallas y Acciones Correctivas Del Proceso**

Por otro lado, al hacer un análisis detallado del tren de tratamiento de aguas en la empresa, las fallas y soluciones se han considerado dentro de los siguientes aspectos:

- Problemas de operación
- Efecto o consecuencia del problema de operación
- Acción correctiva ó solución.



En el primer aspecto se identifica el problema específico de operación existente de acuerdo a observación.

En el segundo aspecto se toma en cuenta el efecto o las consecuencias del problema de operación detectado.

En el tercer aspecto se presenta la acción o acciones correctivas a seguir hasta que el problema ha sido confirmado y la solución para esto sea adecuada. La acción correctiva se presenta de acuerdo a la causa de origen del problema.

Cualquier detalle que se presente en la operación de la planta se deberá registrar en las hojas para control, como se muestra en la tabla 1 y en la bitácora de operación, con la finalidad de tener un papel guía para la revisión del sistema por parte del departamento a cargo de la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 1. Principales problemas del tratamiento de agua

PROBLEMA	CAUSA	ACCION CORRECTIVA
Sedimentación en el tanque de Homogeneización / igualación .	La recirculación de agua no es suficiente para mantener la mezcla homogénea.	Verificar que no exista obstrucción en la válvula y/o en la tubería.
	Operación inadecuada de los electroniveles.	Verificar el funcionamiento de los electroniveles, así como su correcta posición.
Bomba con ruido	Cavitación de la bomba	Verificar posibles obstrucciones ó taponamientos en la línea.
Nivel hidráulico en tanque de homogeneización fuera de los límites establecidos.	Falla en la medición de los interruptores de nivel en el tanque de igualación del agua de alimentación.	Verificar que la medición de los interruptores este dentro de lo requerido.
		Verificar el estado físico de los elementos sensores y de los interruptores de nivel.

## Funcionamiento del sistema actual

El sistema está compuesto por los pasos:

1. Colector de aguas residuales
2. Tanques de igualación
3. Tanques de químicos
4. Tanque de almacenamiento de lodos
5. Filtro prensa
6. Sistema terciario

Para el colector de aguas residuales

Las aguas residuales que se van a tratar en la planta química son colectadas en el interior de la fábrica, en los tanques y bombeadas al sistema de tratamiento

Los sistemas que generan aguas residuales para tratamiento son:

1. Lavadoras L2 y L3
2. Trincheras de formación L2 y L3
3. Trinchera de prensas de copas L2 y L3
4. Sistema de agua desionizada
5. Sistema de suavizadores
6. Sistema de aceite soluble

El sistema de recolección de los desechos ocurre por gravedad hacia la planta de tratamiento en el caso de lavadora L2, mientras que para la lavadora L3 se depositan en un sistema llamado sump que consiste en bombas que absorben agua con aceite

que cae a las coladoras debajo de la formación de las latas para ser enviadas por bombeo al tratamiento.

- Para el sistema de agua desionizada sus aguas residuales son producto de las regeneraciones que se llevan a cabo en las columnas de agua desionizada principalmente son desechos ácidos que son recibidos a una trinchera y dirigidos hacia una fosa donde es bombeada p al tanque de igualación como se observa en la figura 3. Esto funciona de igual manera para el sistema de suavizadores y el sistema de aceite soluble

## **Etapas del proceso de tratamiento del agua**

### **Pre tratamiento**

Para darle un pre tratamiento a las aguas residuales se cuenta con los tanques de igualación (figura 3) que tienen la finalidad de recibir las aguas residuales de los diferentes procesos de la planta y que tenga un tiempo de residencia y homogeneización para formar una sola mezcla, ya que las aguas que se reciben contienen :

- Aceites
- Ácidos
- Finos de aluminio y otros metales
- Desengrasantes (detergentes biodegradables)
- Fluoruros

Si cada descarga se tratara, necesitaría una planta tratadora para cada una de las descargas, por lo que se juntan todas las descargas para tener una sola agua y en base a esto tener solo un tratamiento.

Otra función de los tanques es precipitar los finos de metal y que los aceites floten.

En el tanque A se almacenan todos los aceites y residuos de las lavadoras 2 y 3 y en el tanque B son los desechos del agua de ionizada, los suavizadores, así como los filtros de aceite soluble

El tanque A recibe la mayor carga en cuanto a aguas residuales de la planta ya que va de 40 a 60 ppm y con una estabilidad de pH normal

Para el tanque B este posee una desestabilidad tanto en pH como en contenido de aceite ya que va ingresando conforme la operación lo desecha y no se nivela el flujo en algún proceso anterior porque en este tanque se almacena agua y se va dosificando en pequeñas cantidades al tanque A para homogeneizar la mezcla.

Una vez que se tiene igualada la mezcla del tanque, el agua es bombeada hacia los tanques de ajuste de pH figura 1 que tiene como diseño especial a prueba de ácidos o álcalis

En caso de que al tanque A le lleguen aguas con un pH no estable es decir con un pH muy ácido menor a 2 o muy básico mayor a 9 se recomienda que se ponga a trabajar 10 minutos las bombas neumáticas de recirculación con las que cuentan los tanques a medida que se estabilice para así mandar el agua con un pH un poco más estable a los tanques de pretratamiento

## **1.1 Tanques de Almacenamiento**

Son los tanques que están diseñados para almacenar los químicos que se usan en el sistema de tratamiento.

El tanque de almacenamiento de la empresa se muestra en la figura 2, en el cual se ubican las sustancias químicas usadas en el sistema y que son son:

- Ácido sulfúrico
- Coagulante
- Sosa Cáustica
- Flocculante

## 1.2 Tanque de separación de aceite

La separación de aceite del agua residual se lleva a cabo en los trenes 2, 3 y 4 que se muestran en la figura 1 del tratamiento de aguas para el tren número 2 se recibe el agua proveniente del tanque de igualación por medio de bombas y se le suministra ácido sulfúrico para obtener un pH de 2 a 2.5 y con el cual se va a lograr una separación de aceite emulsionada del agua

El tanque del primer tren de tratamiento (figura 1) tiene un agitador que debe de estar trabajando en forma continua, para que el ácido sulfúrico se distribuya bien en todo el tanque. También se encuentra un sensor de pH que nos está detectando que nivel de pH se encuentra en el tanque y que manda señal a un controlador donde se ajusta el valor que se desea mantener, de tal forma que siempre se mantiene el pH deseado para lograr un buen rompimiento de la emulsión.

Una vez agregado el ácido en el tren dos (figura 1) el agua sigue su recorrido por diferencia de niveles y pasa al tanque 3, donde el aceite empieza a separarse del agua. El aceite separado del agua se extrae con un desnatado con felpa que trabaja intermitentemente y envía el aceite por gravedad a un tanque colector de aceite para de ahí ser enviado a una bomba neumática a un tanque colector de aceite residual Como el aceite se empieza a separar del agua en el tren 3 el agua residual sigue surecorrido y pasa al tren 4 que recibe el nombre de unidad de flotación, ya que es donde el aceite separa en mayor cantidad con la ayuda de micro burbujas de aire que son inyectadas en la parte inferior del tren de tratamiento para ayudar que a que el aceite que se está separando del agua flote lo más rápido posible y se deposite en la superficie del agua , para ser extraído por los desnatadoras

Debe de lograrse en estos tanques 2, 3 y 4 que se separe todo el aceite para evitar que pase al siguiente paso, ya que un exceso de aceite evitara que la coagulación, floculación y secado de lodos se efectuó con buenos resultados

### **1.3 Tanque de neutralización**

Este tanque se divide a su vez en dos tanques, el de primera neutralización y el tanque de segunda neutralización

En el tanque de la primera neutralización el agua llega con un pH aproximado de 2 y se debe elevar a un rango de 4.5 a 5

La finalidad de elevar el pH es porque los metales pesados son solubles a un pH ácido y en un rango de 9.5 la mayoría de los metales no son solubles y se precipitan como hidróxidos

De igual manera en el primer tanque se incorpora el coagulante para que se empiece a agregar el agua residual

En el tanque de la segunda neutralización el agua que llega del primer tanque con un pH de 4.5 a 5 se debe elevar de 8.9 a 9.2

Para elevarlo se utiliza la sosa caustica líquida al 50 % y el valor del pH es controlado por un sensor que manda la señal al controlador que arranca o para la bomba que suministra la sosa

La finalidad de elevar el pH es porque en la floculación es indispensable que se mantenga este rango de pH

### **1.4 Clarificador**

En esta parte del sistema es donde se le inyecta el polímero y comienza a unir todos los sólidos con los flóculos figura 2, este tanque recibe el agua que viene de la neutralización por medio de bombas.

Los hidróxidos de metales y otros contaminantes insolubles son removidos de las aguas residuales por sedimentación debido a la gravedad. La remoción eficiente de los sólidos por gravedad depende del grado de sólidos suspendidos en el agua residual. Normalmente algunos de estos sólidos sedimentan muy despacio porque su tamaño es muy pequeño y su densidad es diferente comparada con la del agua.

Para mejorar las características de sedimentación de los sólidos suspendidos, agentes

floculantes son empleados, tales como los polímeros y que son agregados antes de el proceso de floculación. En el tanque de floculaciones se agrega el polímero, que nos ayuda para que se sedimente

Para obtener una buena floculación el agua residual debe agitarse lentamente para permitir que los sólidos coagulen. Una agitación rápida provoca que se fracturen las cadenas del polímero y no se lleve a cabo una buena floculación

Del tanque de floculación las aguas residuales pasan al tanque de flotación (o clarificador) donde se lleva a cabo la separación de los flóculos y el agua

Los flóculos de gran densidad se depositan en el fondo del tanque (conos) y los de menos densidad se depositan en el fondo en la superficie del tanque con la ayuda de una mezcla de aire comprimido y agua que se inyecta en la parte inferior del tanque.

Esta mezcla de aire-agua debe de inyectarse a una presión de 80-85 psi y un flujo tal que no se desintegre los flóculos que se encuentren en el agua residual dejando que los de gran tamaño se precipiten y los de menos tamaño salgan a la superficie

Al obtener una buena floculación se obtendrá una buena separación de los sólidos y el agua, de tal manera que los lodos quedan detenidos en el tanque y el agua ya clarificada sigue su paso

Los lodos separados son descargados de los conos y de la superficie del tanque por medio de una bomba neumática al tanque de almacenamiento de lodos

### **Tanque de lodos**

El tanque de acumulación de lodos tiene una capacidad de almacenamiento de 16,000 L y recibe lodos provenientes del clarificador, para posteriormente enviarse al filtro prensa (prensa de lodos) por medio de una bomba neumática

Para el almacenamiento y el vaciado del tanque este se hace en forma manual por el operador de acuerdo a un programa establecido

El tanque tiene drenes a diferentes alturas para drenar el excedente de agua. Este dren va hacia la trinchera para retornar nuevamente al tanque de igualación



## **Filtro prensa**

La prensa tiene como finalidad la separación de sólidos suspendidos de una mezcla de líquidos y sólidos que llamaremos lodo como se muestra en la figura 6. El lodo va directo hacia una pieza de tela y como el líquido pasa a través de la tela, los sólidos se quedan en la tela. La filtración debe asegurar que la mayor cantidad de líquidos pase y los lodos se queden atrapados en la tela filtro. Con menos cantidad de líquido atrapado en los lodos filtrados el costo de la disposición de lodos en los confinamientos es más barato. El filtro prensa consiste en una estructura, platos filtrantes, telas filtro, manifold de descarga, transportador de platos y un mecanismo de cierre.

La estructura está hecha de 4 partes básicas: el cabezal, soporte del cilindro, barras laterales, y el seguidor.

## **Sistema terciario**

La finalidad del sistema terciario es la de mantener el contenido de grasa, aceite y sólidos en suspensión dentro del parámetro que fija la Norma Oficial Mexicana y que con el sistema normal hasta el clarificador se está en el punto máximo.

El sistema terciario consiste de lo siguiente:

1. Tanque de captación de agua con una capacidad de 15000 L
2. Bombas de transferencia de agua residual a filtros
3. Filtros de arena y antracita de cama profunda
4. Filtro de carbón activado
5. Soplador de aire

### **1. Tanque de captación**

Este tanque recibe el agua que viene del clarificador y que contiene pequeñas cantidades de aceite y sólidos, por lo que la capacidad del tanque ayuda a que se efectúe una separación y sedimentación de ambos elementos.

El tanque tiene 4 flotadores que controlan la alimentación al tanque de captación, la descarga directa del clarificador al tanque de descarga a la tubería de salida de la

planta se encarga el flotador 1, en caso de que el tanque se llene, arranque la bomba uno y paro de la otra bomba

Los dos primero controlan las válvulas, para mantener un nivel adecuado en el tanque de almacenamiento

## **2. Bomba de transferencia**

Las bombas son del tipo centrifugo marca Goulds, estas bombas deben mantenerse cebadas o llenas de líquido, ya que el líquido bombeado proporciona lubricaciones la bomba funciona seca, las piezas giratorias se inmovilizarán y se dañara el sello mecánico

## **3. Filtro de arena y antracita**

El proceso de filtración consiste en un proceso físico de depuración de agua que consiste en una eliminación rápida de partículas suspendidas relativamente grandes, aun flujo determinado, agua en forma descendente a través de las camas filtrantes, como la arena, antracita o ambas, y la cama de soporte con el objeto de eliminar todas las partículas en suspensión que pueda traer el agua

Las partículas en suspensión se van acumulando en la superficie de la cama filtrante, por lo que, pasado cierto tiempo generalmente de 8 a 12 horas, se efectúa el retro lavado, el cual se puede hacer en forma manual o automática

Es muy importante que el proceso de retro lavado se efectúe como mínimo una vez al día, para evitar que se compacte la cama filtrante y se produzca lo que se conoce como "canalizaciones"

Si se alarga el periodo de retro lavado se corre el riesgo de ensuciar más pronto la cama filtrante y compactarla haciendo que se formen grietas o canalizaciones en la misma, dando lugar una mala calidad en la filtración, requiriendo además tiempos de retro lavado más prolongados

En este filtro de arena y antracita, la cama filtrante es de arena sílica especial de malla 10-30, antracita, la cama soporte es de grava clasificada en cuatro diferentes tamaños

Los pasos de un ciclo de filtro son:

1. Drenado parcial: Se baja el nivel de agua hasta que queda justo sobre la cama filtrante. Las válvulas quedan abiertas durante un tiempo de 2 min
2. Retro lavado con aire: Se alimenta con aire por el fondo del filtro, a un flujo determinado por unidad de área, las válvulas permanecen abiertas por 5 min
3. Retrolavado con aire y agua: Sin suspender la alimentación de aire, se inicia el retrolavado con agua. Las Válvulas permanecen abiertas por 10 minutos
4. Retrolavado con agua: Para completar el retrolavado y reclasificar el material filtrante, se suspende la alimentación de aire y se continúa con el retrolavado con agua únicamente hasta que el agua salga de un color cristalino. Las válvulas permanecen abiertas por 10 minutos
5. Enjuagado: Se introduce el agua nuevamente en forma descendente y lentamente para que se asiente las camas, enviando el agua al dren, terminando este paso, el filtro se pone en pausa. Las válvulas permanecen abiertas por 5 minutos
6. Servicio: El filtro está produciendo agua filtrada. Las válvulas permanecen abiertas por el tiempo que se genere agua en buenas condiciones y con el flujo adecuado

La presión de agua de alimentación al filtro deberá ser mínima de 1.8 kg/cm<sup>2</sup>, si la presión del agua es excesiva se debe colocar en esa línea una válvula reguladora de presión a un máximo de 4 kg/cm<sup>2</sup>

#### **4. Filtro de carbón activado**

Los filtros de presión de carbón activado se emplean generalmente después de los filtros de arena o antracita, a diferencia de estos no retienen partículas en suspensión, sino que se usan para absorber y retener cloro o materia orgánica que le impacta el agua en color o sabor. También requieren de un retrolavado para evitar la compactación de la cama filtrante y el ciclo de retrolavados generalmente se fija en 72 horas

Los pasos de un ciclo de un filtro son los siguientes:

1. Retrolavado: Se invierte el flujo y se eliminan las partículas retenidas, además se expande y afloja la cama filtrante. Las válvulas permanecen abiertas por 10 minutos
2. Enjuagado: Se introduce el agua nuevamente en forma descendente y lentamente para que se asienten las camas, enviando el agua a dren, terminando este, el filtro se pone nuevamente en pausa. Las válvulas permanecen abiertas por 5 minutos
3. Servicio: Se produce agua filtrada. Las válvulas permanecen abiertas 72 horas.

### **Sistema de monitoreo y control del proceso**

La operación efectiva de un tratamiento de aguas residuales, requiere de una cierta destreza para ejecutar el monitoreo del sistema de tratamiento, y de que esta información pueda ser utilizada para el control del proceso.

El monitoreo se refiere al desarrollo de información y consiste en observación, colección o toma de muestras y su análisis.

El control del proceso es el procedimiento para determinar e implementar las modificaciones operacionales necesarias, para mantener o permitir el funcionamiento efectivo de la planta. Un programa diseñado para lograr estos objetivos.

### **Monitoreo operacional**

La función principal del operador es monitorear, controlar y registrar los datos del proceso y continuamente estimar las condiciones de operación de la planta con respecto a las características del funcionamiento. Por lo que se deberán entender los diferentes componentes de operación de los sistemas mecánicos para prevenir un mal funcionamiento, determinar evidencias de fallas o condiciones perjudiciales que puedan impactar al buen funcionamiento del proceso.

Uno de los primeros deberes del operador al iniciar el turno, es el de inspeccionar los resultados analíticos más recientes para observar el funcionamiento de las diferentes unidades del proceso. En resumen, el operador deberá consultar la bitácora y hacer nota

de cualquier evento ocurrido en turnos anteriores y poder corregir la avería en el área o áreas que se requieren.

Deberá efectuarse un recorrido de reconocimiento general a lo largo del proceso, inspeccionando cada unidad por lo menos dos veces por turno, así como también, deberán observarse las condiciones de operación de los diferentes componentes mecánicos y eléctricos de los sistemas

### **Sistema de Pre-Tratamiento**

El sistema de pretratamiento consiste en dar preparar las condiciones del agua a fin de que favorezcan a un pH ácido a fin de facilitar que el agua alcance el pH deseado en el primer tren de tratamiento y de esta manera hacer más eficiente el uso de los recursos

- a) Observe las condiciones del Sistema de pre tratamiento.
- b) Verificar el pH al agua almacenada en el tanque.
- c) Verificar el funcionamiento de los indicadores de nivel en el cárcamo para evitar altos niveles que puedan generar malos olores
- d) Verificar que la válvula de recirculación este en la posición que permita la homogenización del agua
- e) Cuide la limpieza de las diferentes áreas de las instalaciones
- f) Verificar que las válvulas de operación del sistema de alimentación del cárcamo homogeneizador se encuentren en la posición de apertura adecuada para dar el flujo requerido

Cambios mayores en las características del agua residual deberán ser evaluados para determinar si existe algún deterioro potencial en la calidad del efluente. De tal modo que, la causa deberá ser determinada y corregida antes de que se presente un problema.

Los valores de pH y el Oxígeno Disuelto registrados en el tanque de aeración deberán ser revisados diariamente.

Si en el tanque de aeración el pH está fuera del rango de 6.5 a 8.5, se requiere de la acción correctiva adecuada. Si el pH en el tanque de aeración cambia en un grado mayor a 1.0 unidad en un período de un día, los puntos fijados sobre el sistema de neutralización deberán ser ajustados, si el nivel de oxígeno disuelto en el tanque de aeración es menor que 1.0, indicará la presencia de un problema.

### **Consideraciones analíticas**

Para llevar un adecuado programa de monitoreo es indispensable contar con una adecuada capacidad analítica. La ejecución del análisis de laboratorio y pruebas de campo adecuadas, determinados por el procedimiento estándar, deberán ser estudiados y analizados por todo el personal en las tareas del funcionamiento de la planta tratadora

### **Muestreo y análisis**

Un programa completo de muestreo y análisis intenta obtener un control del proceso, así como cumplir los requerimientos de las agencias reguladoras. La localización de las diferentes estaciones de muestreo para la planta del tratamiento de aguas residuales es importante y existen tres tipos de muestras a analizar. Estas son:

- ❖ Muestras simples
- ❖ Muestras compuestas
- ❖ Muestras continuas

La descarga de la planta al cuerpo receptor, deberá ser monitoreada de acuerdo a los requerimientos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas para muestras compuestas. La relación del flujo del influente que alimentará al tanque, deberá

monitorearse por medio de muestras simples o instantáneas, en estas se tomará en cuenta aspectos tales como mediciones de pH que para el tren 1 ronde alrededor de 1.8 a 2 así como su velocidad y apertura del ácido sulfúrico

Para el tren número dos de igual manera se debe tomar lectura de pH que debe estar en un rango de 7 a 10 y de igual manera las mediciones de la velocidad y apertura pero en este caso del hidróxido de sodio

Así como se debe vigilar el velocidad y apertura de las sustancias acido-base de igual manera se debe revisar para el floculante y el coagulante y ver el tamaño del floculo si es chico, mediano o grande y de esta manera comprobar que la dosificación está siendo necesaria para las cargas de agua que se van adicionando

Para el caso del proceso de separación se debe de verificar si hay aceite en el vertedero para purgar si es que hay un exceso, así como purgar la válvula de mezcla de aire del tanque que debe estar alrededor de 60 a 64 psi esto nos sirve para la descarga de lodos por lo que también se debe notificar y hacer muestra de si se están purgando los conos y decantando los lodos en el tanque

Por lo que si en las muestras se analizan parámetros fuera de rango se debe abrir una parte de observaciones donde se exponga la situación, así como sus posibles soluciones, para que los mecánicos con menos experiencia puedan solucionar problemas cuando no cuente con ayuda o supervisión adicional

### **Diseño Experimental Verdadero (Prueba de jarras)**

En primera instancia se realizó una serie de pruebas con los proveedores Finek donde se realizó semana a semana análisis tomando en cuenta parámetros como pH, turbidez y la concentración en ppm que se tienen en ambos químicos (Floculante y Coagulante), así como el análisis del circuito de tratamiento

Posteriormente se hizo pruebas de jarras para analizar las cantidades y concentraciones que se requieren para una carga de agua normal alrededor de  $5m^3/h$  como se describe en la figura 15

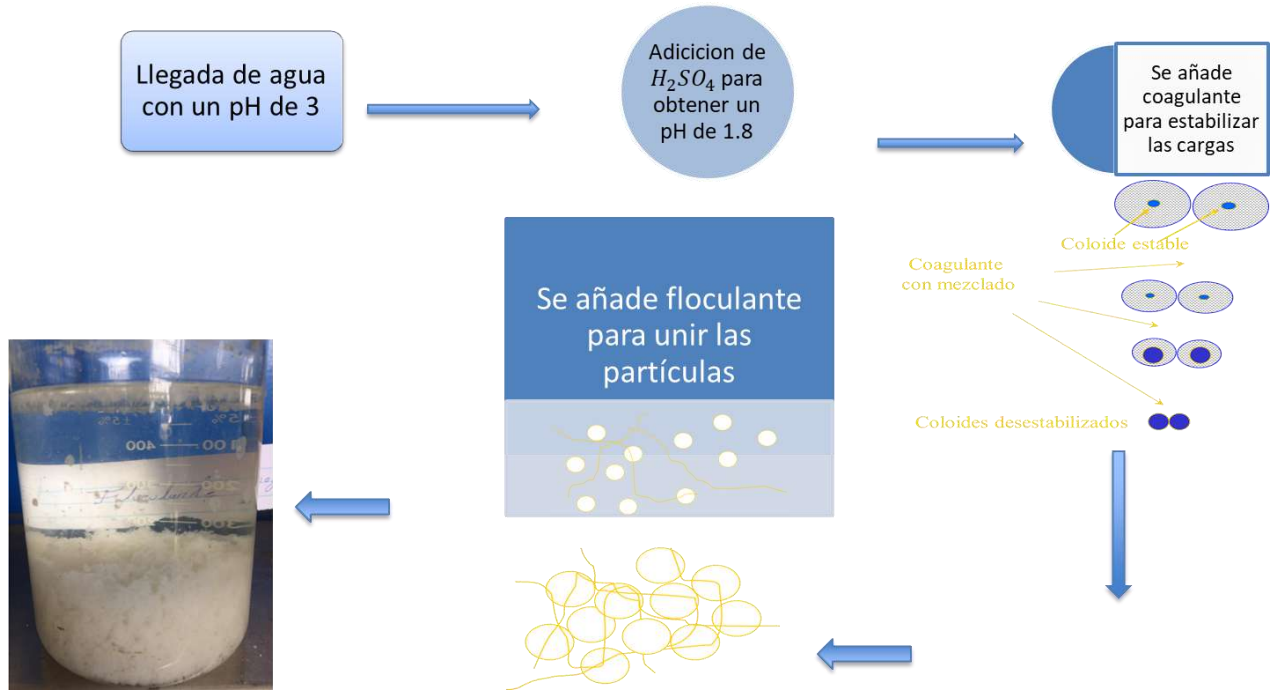


Figura 15. Prueba a nivel laboratorio del tratamiento de aguas con químicos

De acuerdo a cómo va el proceso se observó que el agua contaba con un pH ácido pero se procede a bajarlo aún más hasta obtener un rango de 1.8 posteriormente se añade la carga de coagulante para estabilizar las cargas, y finalmente una adición de floculante.

Posteriormente dicha prueba se llevó a nivel a nivel planta tomando en cuenta los mismos parámetros es decir tener el agua con un pH de 3 añadir el floculante para después pasarlo al siguiente tanque con una adición de sosa. En este tanque presentó un pH aproximado de 11. Presuntamente por una regeneración en los electrodos es decir introducirlo en diferentes soluciones para que se reestablezca el pH si no funciona hay que reemplazar el electrodo. Se observó la formación de lodos en el tanque de floculación, los cuales se dispersaron por sí mismos hacia el DAF. Se observa acumulación de aceites líquidos en la superficie de la cama de lodos del DAF.



Debido a la formación de flóculos pequeños, Abner López (proveedor de materia prima) ajustó la dosis de floculante. Debido a que no se observó coagulación de aceite en los dos primeros tanques desnatadoras, se ajustó la dosis de coagulante. Se presentó arrastre de sólidos a la descarga, así como turbidez considerable es decir actuó actúan sobre el agua residual a tratar desestabilizando tanto la materia suspendida como la materia disuelta que pasa a formar coágulos que pueden ser separados por procesos de separación sólido-líquido. Se observó una mejoría en la calidad del agua de descarga después de estas modificaciones.

### **Tipo y Cantidad de Coagulante**

Para el caso de coagulante se le agrego una vez que se neutralizó el pH con hidróxido de sodio logrando un pH de 8, una vez teniendo este resultado se le agrego 90 ppm de floculante FINEKFLOC 896, preparado al 0.2 / (2 litros de coagulante en 1000 litros de agua)

De esta manera y considerando dichos parámetros se debe ir adicionando 30 litros por hora de la solución preparada para un caudal de  $15 \frac{3}{m}$  por hora.

Posteriormente a esto, el coagulante que se puso en la primera etapa para que se dosifique a un pH ácido después de tener un agua homogénea, con coagulante se neutralizo y se le agrego el floculante.

Se mantuvo en observación para ver los resultados, así como se dosifico Finekim 156, 15 litros y Finekim 392, 15 litros. Actualmente se está dosificando por choque, obteniendo un pH de 10.7

## **Tipo y Cantidad de Floculante**

Para el caso de coagulante se le agrega una vez que se neutralizo el pH con hidróxido de sodio logrando un pH de 8, una vez teniendo este resultado se le agrego 90 ppm de floculante FINEKFLOC 896

(2 litros de coagulante en 1000 litros de agua)

De esta manera se debe ir adicionando 30 litros por hora de la solución preparada para un caudal de 7  $m^3$  por hora.

Posteriormente a esto el coagulante que se puso en la primera etapa para que se dosificara aun pH ácido después de tener un agua homogénea con coagulante se neutraliza y se le agrega el floculante.

Se mantendrá en observación para ver los resultados, así como se dosifico Finekim 156, 15 litros y Finekim 392, 15 litros. Actualmente se está dosificando por choque, obteniendo un pH de 10.7

### **Estandarización del pH**

Previamente se logró automatizar los trenes para la dosificación y de esta manera se logró tener un rango de pH en los primeros trenes ácidos de 1.8 a 2 y para los segundos trenes alcalinos se mantiene entre 8.8 y 9.2 obteniendo un resultado de pH al final del vertedero de 9.5 lo que nos arrojó mejoras , pero el pH deseado al final de todo el procedimiento debe ser por debajo de 8 ,con el objetivo de reutilizar el agua para servicios auxiliares tales como en la utilización de los baños o incluso de la preparación de los mismos coagulantes o floculantes por lo que se sugirió que se adicione ácido sulfúrico al final del proceso de tratamiento de aguas para disminuir el pH y de igual manera aclarar el agua.

Sabemos que esto incluye un aumento en el gasto de la materia prima, pero se realizó un análisis costo -beneficio para saber si el impacto de ahorro de agua era mayor al del gasto de materia prima

A fin de demostrar la teoría de disminuir el pH del agua residual se tomaron dos muestras del vertedero a una se le adiciono unas gotas de ácido sulfúrico al 98 % y a otra se le dejo como comparativa, para la primera muestra que se le adiciono ácido sulfúrico se observó un color más traslucido, así como su evidente cambio en el pH de 8 aunque también se observó que aún había partículas de lodos separándose incluso después de todo el procedimiento

## Medición De Caudal

La medición de flujo constituye tal vez, una de las variables más considerables en cuanto a medición de variables industriales se refiere. Ninguna otra variable tiene la importancia de esta, ya que, sin mediciones de flujo, sería imposible el balance de materiales, el control de calidad y aún la operación de procesos.

Anteriormente no se tenía control sobre los flujos que se tenía en la planta de tratamiento de agua, actualmente se implementó flujos de 6 a  $7 \text{ m}^3 / \text{h}$

## Variables de dosificación

Se ajustaron varias variables para una mejora del proceso fisicoquímico, para la dosificación de las bombas de ácido sulfúrico se cambió la velocidad a 50 y abertura a 30 y para el caso del hidróxido de sodio se cambió la velocidad a 80 y abertura de igual manera a 80 manteniendo así unas variables de control del flujo del proceso constante

Para el caso de la bomba de aire se implementó purgar una vez al día a fin de evitar complicaciones en el sistema

Resultados previos a la optimización de tratamiento de aguas residuales

- ✓ Muestra de agua residual antes de los ajustes aplicados a de la unidad de tratamiento de aguas se observa mucha turbidez en el agua, así como exceso de lodos en la superficie cabe aclarar en esta etapa del proceso aun el agua no debe ser por completo incolora, pero si desprender por lo menos el 90% de lodos de la superficie por lo que visualmente se procedió a hacer el ajuste de estandarización para mejorar los resultados tanto visualmente como cuantitativamente en el tratamiento de aguas

### **Metodología**

- Los análisis de laboratorio que evidencian los buenos resultados obtenidos mediante el nuevo procedimiento de depuración de las aguas residuales industriales fueron realizados por el laboratorio LABSER S.A (laboratorio de análisis microbiológicos, fisicoquímicos y bromatológicos de alimentos, análisis de aguas residuales
- Para la elaboración del Informe de Resultados de los análisis de aguas residuales, el laboratorio acreditado, a través, de su propio personal participo desde el proceso de la toma de muestra, realización de ensayos, elaboración de reporte y entrega de resultados. De esta forma se asegura que no exista ninguna interferencia para asegurar la confiabilidad de los resultados obtenidos.
- La empresa metal-mecánica de elaboración de latas , es una actividad que no genera mayor impacto al entorno donde está ubicada debido a que se trata de un sector calificado como industrial del alto impacto, es evidente que su gestión está encaminada a realizar sus actividades muy apegadas al marco legal, lo demuestra en virtud que cuenta con todos los permisos requeridos por las diversas autoridades de control, declaraciones de impuestos, operadores con todos los beneficios sociales, pólizas de fiel cumplimiento para asegurar su plan de manejo, tiene la respectiva Licencia Ambiental para el desarrollo de sus actividades. Su representante legal está muy consciente de la importancia de realizar las actividades en el marco de la responsabilidad social, está muy comprometido con la sostenibilidad de su negocio.

### **Pruebas Preliminares**

Se realizó una serie de pruebas de jarras constantemente para observar el comportamiento de la planta tratadora de agua a través de las semanas

PTAR: El tratamiento se está llevando con una continuidad, donde la calidad de agua es muy buena y cantidad de grasas se ha reducido bastante, por lo cual se le informa al operador que se esté trabajando de esa misma manera:

## PRUEBA 1

**La prueba se realizó en un circuito cerrado es decir fuera de la operación directamente ya que el agua no fue arrojada directamente al vertedero para no afectar la descarga**

pH	TURBIDEZ	FINEKFLOC 896	FINEKFLOC 532
7.8	120 NTU	80 PPM	130 PPM

*Tabla de parámetros 1*

La prueba de jarras presenta muy buenos resultados es decir es decir no presenta sólidos en exceso y hace una perfecta separación de ellos esto a un pH final de 7 a 8:

Filtros sin cascarilla

pH de 10.1

Agua clara

## PRUEBA 2

Se dosificó Finekim 156, 15 L y Finekim 392, 15 L.

Actualmente se está dosificando por choque. Quedando con el siguiente parámetro que se muestra en tabla 2:

pH	CONDUCTIVIDAD
9.5	570

*Tabla de parámetros 2*

TREN DE PROCESO.

Agua a tratar  $3.3 \text{ m}^3 / \text{h}$  Agua de entrada:

FINEKFLOC 896 FLOCULANTE	FINEKFLOC 532 COAGULANTE	SOSA
120 PPM	120 PPM	3 L/H

*Tabla de parámetros 3*

## DOSIFICACIÓN

pH	CONDUCTIVIDAD
3.2	1122

*Tabla de parámetros 4*

## AGUA DE SALIDA

pH	TURBIDEZ	CONDUCTIVIDAD
9.9	1890 NTU	986

*Tabla de parámetros 5*

NOTA: Las dosificaciones no se modificaron

## PRUEBA 3

### CIRCUITO CERRADO

Se dosifico Finekim 156, 15 L y Finekim 392, 15 L. Actualmente se está dosificando por choque. Quedando con el siguiente parámetro que se muestra tabla 6:

pH	CONDUCTIVIDAD
9.7	560

*Tabla de parámetros 6*

### TREN DE PROCESO.

Agua a tratar 5.1 m<sup>3</sup> /H Agua de entrada:

pH	CONDUCTIVIDAD
3.8	8900

*Tabla de parámetros 7*

## DOSIFICACIÓN

FINEKFLOC 896 FLOCULANTE	FINEKFLOC 532 COAGULANTE	SOSA
120 PPM	120 PPM	3 L/H

*Tabla de parámetros 8*

## AGUA DE SALIDA

pH	TURBIDEZ	CONDUCTIVIDAD
8.5	189 NTU	9860

*Tabla de parámetros 9*

NOTA: Las dosificaciones no se modificaron

## CIRCUITO CERRADO

Se dosificó Finekim 156, 15 L y Finekim 392, 15 L. Actualmente se está dosificando por choque. Quedando con los siguientes parámetros que se muestra tabla 10:

pH	CONDUCTIVIDAD
10.7	760

*Tabla de parámetros 10*

## TREN DE PROCESO

Agua a tratar  $5.1 \text{ m}^3 / \text{H}$  Agua de entrada:

pH	CONDUCTIVIDAD
3.7	9800

*Tabla de parámetros 11*



## DOSIFICACION

FINEKFLOC 896 COAGULANTE	FINEKFLOC 532 FLOCULANTE	SOSA
120 PPM	120 PPM	3 L/H

*Tabla de parámetros 12*

## PRUEBA 4

### CIRCUITO CERRADO

Se dosificó Finekim 156, 15 L y Finekim 392, 15 L. Actualmente se está dosificando por choque. Quedando con el siguiente parámetro que se muestra en la tabla 13:

pH	CONDUCTIVIDAD
10.7	860

*Tabla de parámetros 13*

En la observación semanal se reporta que los lodos están saliendo con una consistencia lodosa y con algo de aceite. Se toman las siguientes acciones:

Se observó una descarga mayor de aceite, se observa que el floc de lodo no se está formando. Se procede a ajustar los parámetros de pH de tratamiento, de 8.2 a 9.4, Se modifica o aumenta la dosificación de los productos tanto el coagulante como el floculante. Se le aumenta 20 ppm más a c/u. Dando un resultado favorable y con buen floc y atrapando la grasa adecuadamente.

Se deja los parámetros de la fosa en:

pH 9.0

CONDUC: 3200 s/m

TURBIDEZ: 69 NTU

### CIRCUITO CERRADO

Se dosifico Finekim 156, 15 L y Finekim 392, 15 L. Actualmente se está dosificando por choque. Quedando con los siguientes parámetros que se muestra en la tabla 14:

pH	CONDUCTIVIDAD
10.3	854

*Tabla de parámetros 14*

### **Ensayo de Test de Jarras**

El ensayo de test de jarras es una prueba de simulación en el laboratorio de las operaciones de coagulación, floculación decantación que se hacen en la planta de tratamiento y purificación de aguas. Al igual que otras pruebas analíticas, el método se utiliza para facilitar la comparación y la convalidación de los resultados.

El test de Jarra es un procedimiento que se comúnmente en los laboratorios. Este método determina las condiciones de operación óptimas generalmente para el tratamiento de aguas.

El test de Jarra permite ajustar el pH, hacer variaciones en las dosis de las diferentes sustancias químicas que se añaden a las muestras, alternar velocidades de mezclado y recrear a pequeña escala lo que se podría ver en un equipo de tamaño industrial

El test de jarra se utiliza para determinar la dosis más efectiva de coagulante para un agua específica durante el control de la coagulación y floculación en una planta de tratamiento, especialmente cuando la calidad de agua fluctúa rápidamente. Se puede utilizar también con objeto de determinar la velocidad de sedimentación para el diseño de tanques de sedimentación y conocer el potencial del agua cruda

para la filtración directa.

Un test de Jarra puede simular los procesos de coagulación o floculación que promueven la remoción de coloides suspendidos y materia orgánica

## Diseño Experimental 2

Debido a que la mejora del tratamiento se tenía por periodos únicamente, se tomó la decisión de hacer pruebas pilotos nuevamente con jarras con ensayos de jarras con otro proveedor en este caso Leisa donde sus nos ofrecían mayores beneficios que nuestro proveedor habitual por lo que se decide hacer una serie de pruebas con sus productos para comprobar su efectividad

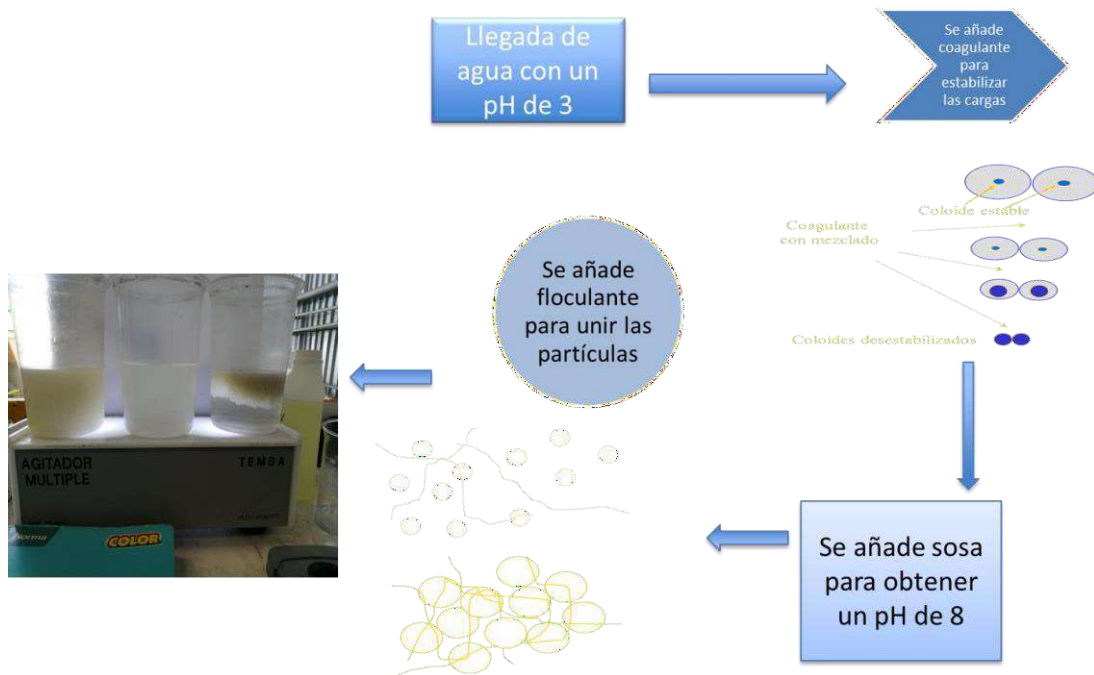


Diagrama 3 prueba de jarras

En este caso realizamos una prueba para romper la emulsión de aceite-agua, este es el resultado de la prueba que se realizó y el resultado de la separación de agua – lodo.

La prueba se realizó de la siguiente manera:

1. Se toma la muestra del tren número 1 que contiene un pH de 1.8

2. Se le agrego 80 ppm de coagulante FINEKFLOC 532, preparado al 2 %, (20 L de coagulante en 1000 lts de agua)

3. Se le neutralizó con sosa caustica a un pH de 8.0

4. Se le agrego 90 ppm de floculante FINEKFLOC 896, preparado al 0.2 / (2 L de coagulante en 1000 L de agua)

Tenemos que agregar 30 L/h de la solución preparada para un caudal de  $7.5 m^3$  por hora.

5. Y los resultados que nos dio la prueba de jarras se muestra en la parte de abajo conforme al diagrama

En el diagrama número 3 podemos observar en la última imagen los tamaños de partículas que se forman debido a este proceso

Los tamaños de partícula que podemos encontrar son los siguientes:

Partículas que están en forma de suspensión, de tamaño  $>10^{-7}$  m,

- Las que forman solución coloidal, de tamaño entre  $10^{-7}$  y  $10^{-9}$  m.

- Aquellas que forman una verdadera solución, de tamaño  $<10^{-9}$  m

De esta manera, la coagulación consigue que el sistema sea inestable con el resultado final de la agregación de partículas.

Este proceso se centra en aquellas partículas cuyos tamaños oscilan entre  $10^{-4}$  y  $10^{-9}$  m (partículas en suspensión y soluciones coloidales), no separables por decantación (gravedad) o por filtración decantación (gravedad) o por filtración.

La turbidez representa cuantos solidos están dispersos en el agua y como se observa en el punto 5 anterior la turbidez no es mucha además de no tener exceso de grasa disuelta.

- De igual manera se realizó otra prueba de jarras con diferentes proveedores para ver con quien se tenían mejores resultados, con la aplicación de los productos WTC-00730(Floculante) y WTF-01001 (Coagulante) de Purificaciones Ambientales para Fluidos, S. A. de C. V

Se realizó de igual manera pruebas de trazabilidad al agua de la planta con el objetivo

de encontrar una alternativa de coagulante y floculante que permita mejorar la calidad del agua tratada como se muestra en el diagrama 1

Es importante recalcar la importancia de llevar a diferentes pH como en el caso de esta prueba al tener pH ácidos hasta 1.8 y posteriormente elevar con un mínimo de 9 hasta 11 para poder desestabilizar las partículas esto debido a que las partículas coloidales están en constante movimiento y se producen colisiones de las que se desprende energía. Cuantas más colisiones se produzcan, mayor será la posibilidad de agregación; a pesar de ello, no se generará un número suficiente de uniones fruto de la colisión, si no existe una previa desestabilización del equilibrio coloidal previa

Pueden aumentarse las colisiones entre partículas, estableciendo flujos hidráulicos, recurriendo a la creación de zonas de mezcla rápida o zonas de gran turbulencia, variando las condiciones de agitación. Entre las distintas moléculas, existe una fuerza cohesiva atómica, resultante de la atracción entre todos los átomos, pues en un conjunto sucede la atracción entre todos los átomos, pues en un conjunto cada uno atrae al resto. Esta es la fuerza de Van der Waals, y el efecto de agregado sólo tiene lugar cuando las fuerzas atractivas superen a las electrostáticas de repulsión, facilitando la aproximación y adherencia de unas partículas con otras progresivamente.

### **Acción preventiva**

Antes de realizar la prueba piloto se deben tomar en cuenta algunas consideraciones como acciones preventivas que nos solicita el sistema de calidad para evitar cualquier tipo de descontrol en nuestro sistema que nos puede afectar tanto en nuestra descarga de agua que es sumamente importante debido a que nuestro sistema pasa de nuestro depósito de agua tratada se bombea por nivel directamente a la descarga de agua , por lo que hay que considerar muy bien que puede afectar a nuestro sistema donde se tomaron en cuenta los siguientes aspectos, mostrados en la tabla 2:

Tabla 2. Funcionamiento y problemas presentados en la PTAR de la empresa

POSIBLE FALLA / CONSECUENCIAS POTENCIALES	INDICADOR	ACCION PREVENTIVA
Químico inadecuado para el tratamiento	Descarga de agua ,Lodos	Prueba de jarras
Fallas de operación	Descarga de agua,Lodos	Supervision del proceso durante el periodo de pruebas
Costos elevado	Meta de costos	Monitoreo diario de químicos, lodos
Parametros de descarga fuera de la norma de SEMARNAT NOM-001	Descarga de agua	Muestras por parte de los proveedor externo para analisis de los parametros de control
Parametros de descarga fuera de la norma de SEMARNAT NOM-001	Descarga de agua ,Lodos	Estandarización de parametro de pH
Parametros de descarga fuera de la norma de SEMARNAT NOM-001	Descarga de agua	Estandarización de parametro de conductividad
Parametros de descarga fuera de la norma de SEMARNAT NOM-001	Descarga de agua	Estandarización de parametro de grasas y aceites
Parametros de descarga fuera de la norma de SEMARNAT NOM-001	Descarga de agua	Control y monitoreo de flujo
Parametros de descarga fuera de la norma de SEMARNAT NOM-001	Descarga de agua	Monitoreo de los lodos
		6
		Monitoreo y estandarización de cantidad de floculante y

Tomando en cuenta que todos aspectos nos afectan para el cumplimiento de la norma SEMARNAT NOM-001 es indispensable cumplir cada uno de los aspectos presentados ya que también es tema de la ISO 140001 por lo que en los anexos se muestra las acciones que se tomaron para dichos apartados

### **Análisis**

Las pruebas se realizaron por medio del método denominado pruebas de jarras, el cual consiste en colocar 500 mL de muestra del agua tratar en un vaso de 1000 mL, se adiciona primero diferentes cantidades del coagulante a probar y una dosis fija de floculante, se agita, se deja reposar un tiempo, se toma una muestra del agua sobrenadante, el agua sobrenadante que del menor contenido de Turbidez será la dosis más adecuada del coagulante.

Una vez seleccionada la dosis del coagulante, nuevamente se coloca una muestra de agua a tratar en un vaso de 1000 mL, se prende agitación, se adiciona la cantidad de coagulante seleccionada y se adicionan diferentes cantidades de floculante, se agita y después se deja reposar, después de cierto tiempo se toma una muestra del agua sobrenadante y se mide la turbidez, la muestra que de la menor turbidez es la que se toma como la dosis más adecuada.

Antes de seleccionar la dosis del coagulante se ajustó el pH del agua a tratar con sosa al 50 %.

En el Anexo No. 1, Tabla No. 1 se presentan los análisis fisicoquímicos del agua de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Compañía **Crown Brand Building Packaging** , tratados con los polímeros WTC-00730 y WTF-01001 a diferentes dosis,

comparado con la calidad del agua de salida del clarificador, tratados con los polímeros de línea.

En el Anexo No. 2 presenta la fotografía de la apariencia del agua tratada con los floculantes WTC-00730 y WTF-01001 y el agua de salida del clarificador tratada con el coagulante y floculante de línea.

Con la aplicación de los productos WTC-00730 y WTF-01001 de Purificaciones Ambientales para Fluidos, S. A. de C. V., con una dosis de 325 y 4 ppm respectivamente de cada producto permite reducir la turbidez un 98.2 %, los sólidos suspendidos en un 98.6 % y reducir 2.2 % la conductividad del agua de entrada a la planta de aguas residuales

Con la aplicación de los productos WTC-00730 y WTF-01001 de Purificaciones Ambientales para Fluidos, S. A. de C. V. se obtiene un agua tratada con una turbidez y sólidos suspendidos de una tercera parte con una conductividad de la mitad de la que actualmente se obtiene en el agua clarificada del clarificador utilizando los productos que se tiene en línea.

Debido a los cambios esperados durante 2 semanas de prueba que se tuvo en el sistema, basándose en las cantidades para las pruebas de jarras, se decide tomar 40 días de prueba más para saber si decidir si son los químicos con lo que trabajara de ahora en adelante

Por lo que ahora se definen los químicos que se utilizara para el periodo de prueba a continuación describimos las dosis a utilizar en el tratamiento del agua aceitosa por medio de los productos químicos PAFC 00730 y PAFF-00845

Las dosis recomendadas por día son  
PFA-00730 COAGUALNTE 50 kg  
PFA-00845 FLOCULANTE 5 kg

Con las dosis anteriores se tratará un flujo de  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ . Se pretende probar un periodo de 40 días para obtener el estudio de consumos de productos y ahorros por la utilización de éstos

Donde las dosis que se presentan para el periodo de 40 días son las siguientes:



PAFC-00730 COAGUALNTE 2000 kg

(Presentación de tambor de 250 kg). Ocho tambores de 250 kg.

PAFF-00845 FLOCULANTE 200 kg.

(Presentación de tambor de 204 kg). Un tambor de 204 kg.

### Requerimientos de la CONAGUA

Análisis de aguas residuales de acuerdo a la NOM-001-ECOL-1997 DANDO CUMPLIMIENTO ESTRICTO A LO ESTABLECIDO EN LA LEY FEDERAL EN MATERIA DE DERECHOS DEL AGUA 2014:

Esto incluye los siguientes parámetros:

Análisis a efectuar	# de muestras	Método utilizado
Temperatura	6	NMX-AA-007-SCFI-2000
pH	6	NMX-AA-008-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	6	NMX-AA-093-SCFI-2000
Grasas y aceites	6	NMX-AA-005-SCFI-2000
Materia flotante	6	NMX-AA-006-SCFI-2000
Sólidos Sedimentables	1	NMX-AA-004-SCFI-2000
Sólidos suspendidos totales	1	NMX-AA-034-SCFI-2001
DBO5	1	NMX-AA-028-SCFI-2001
Nitrógeno total	1	26NTKsemimicro
Fósforo total	1	NMX-AA-029-SCFI-2001
Cianuros	1	NMX-AA-058-SCFI-2001
Arsénico y Mercurio	1	NMX-AA-051-SCFI-2001
Cadmio, Cobre, Cromo, Níquel, Plomo, Zinc	1	NMX-AA-051-SCFI-2001
Coliformes fecales	6	NMX-AA-042-1987
DQO	1	NMX-AA-030-SCFI-2001
Huevos de Helmintos	6	NMX-AA-113-SCFI-1999
Muestreo compuesto de 24h	6	03MUES

### Comparativa entre ambos proveedores

Por lo que analizando estos requerimientos se realizó una comparativa entre ambos productos obteniendo los siguientes resultados:

	FINEK	LEYSA	NOM 501-SEMARNAT
Temperatura (C°)	22	22	NA
pH (unidades)	9.9	8.5	5 a 10
Conductividad(μs/cm)	7260	3720	No especificado
Grasas y aceite(mg/L)	20.8	11	15
Solidos suspendidos totales(mg/L)	11	30.00	150
Fósforo(mg/L)	0.3	0.3	20
Cobre(mg/L)	<0.05	<0.05	4
Cromo (mg/L)	<0.05	<0.05	1
Níquel(mg/L)	0.056	0.056	2
Zinc(mg/L)	<0.05	<0.05	10
Plomo(mg/L)	0.108	0.134	0.5
Mercurio(mg/L)	<0.00005	<0.00005	0.01
Cadmio(mg/L)	<0.025	<0.025	0.2
Arsénico(mg/L)	<0.001	<0.001	0.2
NTK(mg/L)	16.39	16.39	40
Cianuros(mg/L)	<0.02	<0.02	2
BDO5(mg/L)	203	60	150
Solidos sedimentables(mg/L)	<0.05	<0.05	1
Coliformes fecales(NMP/100ML)	<3	<3	1000
Huevos de helmintos (en 1L)	1	0	5

Tabla .3 Comparativa de los requerimientos por la NOM-001-ECOL

### Prueba de trazabilidad

Para la prueba de trazabilidad se realizaron dos pruebas, la primera con las sustancias que se venían empleando y la segunda con el nuevo sistema propuesto. Así tenemos los siguientes resultados:

- Resultados de sustancias empleadas con la respectiva dosis a nivel piloto.
- Resultados de los análisis de agua de entrada y salida de la unidad de tratamiento de aguas residuales industriales con el nuevo sistema propuesto.

Como se puede ver en la comparativa los metales pesados nunca fueron un problema para nuestro tratamiento ya que siempre estuvieron dentro de la norma por lo que nos enfocaremos en las grasas y aceites que presentaban nuestro mayor tema en cuanto a la norma lo que podemos ver, con el nuevo proveedor no solo logramos entrar dentro de la norma si no tomar valores incluso más bajos , así como también para la demanda biológica de oxígeno se logró reducir a más de la mitad de lo que se encontraba cumpliendo muy por debajo la norma

## **Propuesta de ahorro de agua en torres de enfriamiento mediante la PTAR**

Como podemos observar en la tabla 3 la conductividad no es un parámetro que la norma tome en cuenta para descarga sin embargo nosotros decidimos evaluarlo para tomarlo como una propuesta de usar nuestra agua tratada a las torres de enfriamiento, anteriormente no se podía tomar en cuenta esta propuesta debido a que la conductividad era bastante alta y si usábamos esa agua nos podría destruir todo nuestro sistema de flujo de fluidos pero ahora con los nuevos productos que tomamos está considerando ya que el ahorro de agua cruda es bastante significativo

## **Tratamiento para potabilizar agua**

El objetivo básico del tratamiento de aguas es proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad.

El retorno de las aguas residuales a los ríos o lagos nos convierte en usuarios directos o indirectos de las mismas, y a medida que crece la población, aumenta la necesidad de proveer sistemas de tratamiento o renovación que permitan eliminar los riesgos para la salud y minimizar los daños al ambiente.

En la concepción clásica del problema de la polución del agua, los ríos se consideran los receptores naturales de las aguas residuales, con su correspondiente carga de contaminantes y nutrientes

De tal manera que debemos tener un tratamiento para potabilizar el agua lo mejor posible

Para tener un óptimo tratamiento de las aguas residuales consta de las siguientes operaciones y procesos: Coagulación, floculación, sedimentación, Filtración y desinfección

De las cuales se puede clasificar de la siguiente:

## **Procesos de separación sólido – líquido**

1. Sedimentación (Decantación primaria)
2. Flotación
3. Proceso mixto (Decantación - Flotación)

## **Procesos complementarios de mejora**

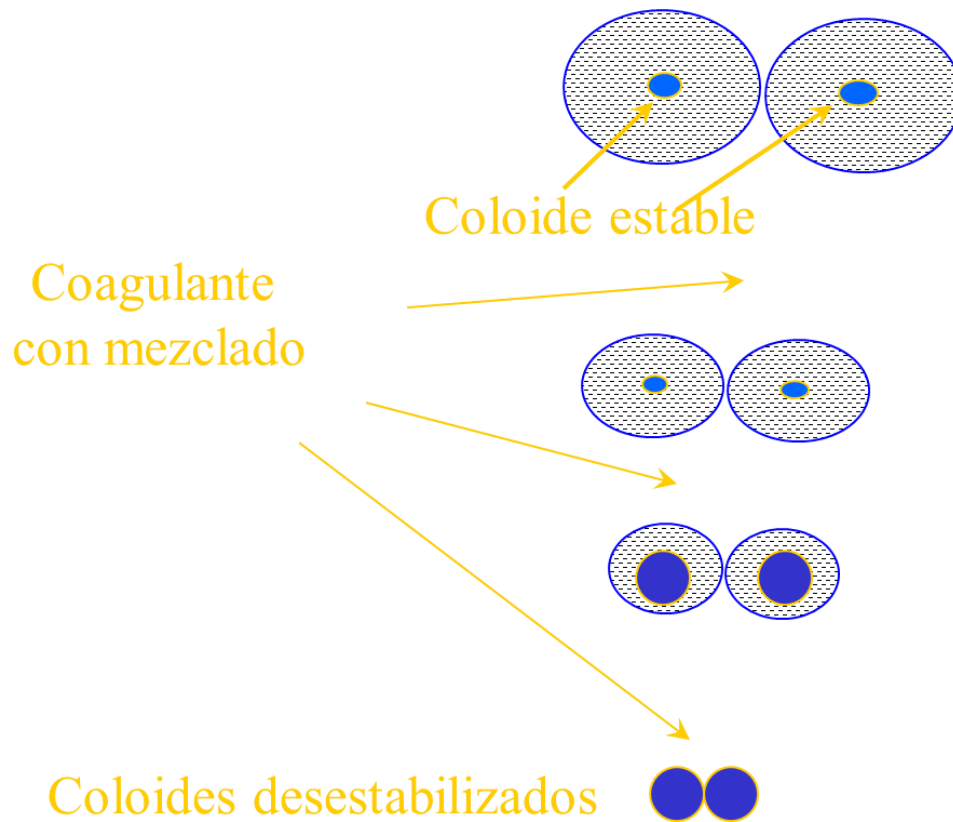
1. Floculación
2. Coagulación (Proceso Físico - Químico)

De los cuales nos enfocaremos en los procesos comentarios del tratamiento ya que en la etapa del proceso fisicoquímico se usa para romper la estabilidad de las partículas coloidales y poderlas separar, es necesario realizar tres operaciones: Coagulación, floculación y decantación

### **Coagulación**

La mayoría de las partículas en la naturaleza llevan una carga electrostática negativa. A estas partículas se les denomina aniónica, el proceso por medio del cual estas cargas son neutralizadas se llama coagulación.

Es decir, esta consiste en desestabilizar los coloides por neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación de un coágulo. La coagulación de las partículas coloidales se consigue añadiéndole al agua un producto químico (electrolito) llamado coagulante. Normalmente se utilizan las sales de hierro y aluminio



Todos los coagulantes, por definición son catiónicos

Los coagulantes inorgánicos más comunes son:

El Sulfato de Aluminio, las sales de Hierro y el Policloruro de Aluminio.

Los coagulantes orgánicos más comunes incluyen: Polímeros de Epi-polyamines y PolyDMDAAC.

Otras aminas no cuaternarias también son usadas, pero en mucho menor grado.

La coagulación se produce añadiendo a la dispersión iones de signo contrario al del coloide (coagulantes) Características Las más importantes son:

1) Cargas opuestas al coloide, con el fin de neutralizar las fuerzas electrostáticas (punto isoeléctrico o potencial Zeta nulo). A veces, el reactivo coagulante no consigue reducir el potencial Zeta hasta valores próximos a cero, siendo necesarios otros compuestos de apoyo denominados coadyuvantes

2) Han de tener la mayor valencia posible, para que la rotura de la estabilidad coloidal sea lo más rápida posible

3) Han de ser muy pesados, para que los flóculos formados puedan separarse lo más rápidamente posible por precipitación. Cuando se añaden los coagulantes se produce una hidrólisis, con la formación de hidróxidos coloidales insolubles que adsorben las partículas coloidales, propiciando la precipitación.

### **Estabilidad de las partículas coloidales**

Para la correcta coagulación en un proceso se pueden considerar dos mecanismos básicos en este proceso:

#### ❖ Neutralización de la Carga del Coloide

El electrolito al solubilizarse en agua libera iones positivos con la suficiente densidad de carga para atraer a las partículas coloidales y neutralizar su carga.

Se ha observado que el efecto aumenta marcadamente con el número de cargas del ión coagulante. Así pues, para materias coloidales con cargas negativas, los iones Ba y Mg, bivalentes, son en primera aproximación 30 veces más efectivos que el Na, monovalente; y a su vez, el Fe y Al, trivalentes, unas 30 veces superiores a los divalentes.

Para los coloides con cargas positivas, la misma relación aproximada existe entre el ión cloruro,  $\text{Cl}^-$  monovalente, el sulfato,  $(\text{SO}_4)^{-2}$ , divalente, y el fosfato,  $(\text{PO}_4)^{-3}$ , trivalente.

## **Inmersión en un Precipitado o Floculo de Barrido**

Los coagulantes forman en el agua ciertos productos de baja solubilidad que precipitan. Las partículas coloidales sirven como núcleo de precipitación quedando inmersas dentro del precipitado.

Los factores que influyen en el proceso de coagulación:

- **pH**

El pH es un factor crítico en el proceso de coagulación. Siempre hay un intervalo de pH en el que un coagulante específico trabaja mejor, que coincide con el mínimo de solubilidad de los iones metálicos del coagulante utilizado.

- A medida que se incrementa el pH, disminuye la eficiencia de los polímeros catiónicos
- A medida que se incrementa el pH, la eficiencia de los productos altamente cuaternizados disminuye más lentamente que los productos terciarios.
- A medida que se incrementa el pH, se incrementa la eficiencia de los polímeros Aniónicos.

Siempre que sea posible, la coagulación se debe efectuar dentro de esta zona óptima de pH, ya que de lo contrario se podría dar un desperdicio de productos químicos y un descenso del rendimiento de la planta. Si el pH del agua no fuera el adecuado, se puede modificar mediante el uso de coadyuvantes o ayudantes de la coagulación, entre los que se encuentran:

- Cal viva
- Cal apagada

- Carbonato sódico
- Sosa Cáustica
- Ácidos minerales

El coagulante tiene como factor de afectación de Cl

- A medida que se incrementa el residual de Cloro disminuye la eficiencia de los polímeros catiónicos
- A medida que se incrementa el residual de Cloro, la eficiencia de los productos altamente cuaternizados disminuye más lentamente que los productos terciarios.
- A medida que la concentración de las partículas coloidales disminuye, disminuye también la eficiencia de los coagulantes. Esto es visto en la clarificación de aguas muy claras (<20 NTU) que requieren la adición de arcillas o la recirculación de lodos para optimizar la eficiencia del clarificador.

(Colisiones Interpartículas)

### **Tamaño de la partícula coloidal**

- A medida que el tamaño de partícula disminuye, se incrementa la demanda de carga; pero la demanda de peso molecular disminuye.
- A medida que el tamaño de partícula se incrementa, la demanda de carga disminuye; pero se incrementa la demanda de peso molecular.

### **Temperatura**

- A medida que se incrementa la temperatura, la velocidad de reacción de los polímeros también se incrementa.



- Por arriba de los 60°C disminuye la eficiencia de los floculantes, debido a la degradación molecular.

### **El movimiento browniano**

Es el movimiento aleatorio que se observa en algunas partículas microscópicas que se hallan en un medio fluido (por ejemplo, polen en una gota de agua).

El movimiento aleatorio de estas partículas se debe a que su superficie es bombardeada incesantemente por las moléculas (átomos) del fluido sometido a una agitación térmica. Este bombardeo a escala atómica no es siempre completamente uniforme y sufre variaciones estadísticas importantes. Así, la presión ejercida sobre los lados puede variar ligeramente con el tiempo, y así se genera el movimiento observado.

Tanto la difusión como la ósmosis se basan en el movimiento browniano.

### **Fluidos en movimiento**

Se llaman fluidos a un conjunto de sustancias donde existe entre sus moléculas poca fuerza de atracción, cambiando su forma. Lo que ocasiona que la posición que toman las moléculas varíe, ante una fuerza aplicada sobre ellas, ya que estas fluyen.

Las variables del estado del material son: presión Densidad velocidad

### **Agitación de la Mezcla**

Para que la coagulación sea óptima, es necesario que la neutralización de los coloides sea total antes de que comience a formarse el coágulo.

Por lo tanto, al ser la neutralización de los coloides el principal objetivo que se

pretende en el momento de la introducción del coagulante, es necesario que el reactivo empleado se difunda con la mayor rapidez posible, ya que el tiempo de coagulación es muy corto (1minuto).

*La metodología aplicada para la optimización de la planta son las siguientes:*

- Método de Investigación de Campo
- Investigación experimental de laboratorio
- Identificación de las dosis requeridas de reactivos químicos para mejorar el tratamiento de las aguas residuales
- Pruebas experimentales

### **Agitación Homogénea**

La floculación es estimulada por una agitación lenta de la mezcla puesto que así se favorece la unión entre los flóculos. Un mezclado demasiado intenso no interesa porque rompería los flóculos ya formados

- Las soluciones de polímeros deben agitarse usando un mezclador de baja velocidad (400-750 RPM).
- El mezclado por arriba de 1 hora puede causar pérdida de actividad.
- El mezclado a alta velocidad puede causar pérdida de actividad debido al fraccionamiento del peso molecular.

### **Floculación**

La floculación trata la unión entre los flóculos ya formados con el fin de aumentar su volumen y peso de forma que pueden decantar. Consiste en la captación mecánica de las partículas neutralizadas dando lugar a un entramado de sólidos de mayor volumen. De esta forma, se consigue un aumento considerable del tamaño y la densidad de las

partículas coaguladas, aumentando por tanto la velocidad de sedimentación de los flóculos.

Si los sólidos suspendidos no tienen mucha fuerza de repulsión, la floculación, o el crecimiento en aglomerados más grandes, puede ocurrir por uno o más de los siguientes mecanismos:

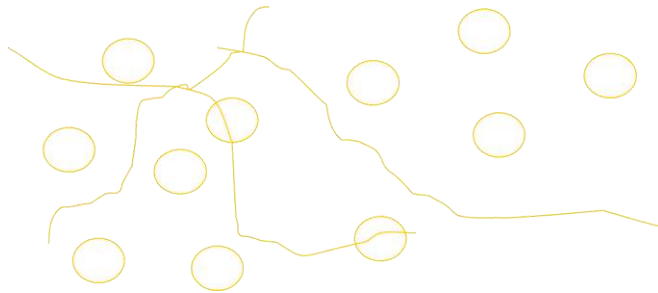
Fuerzas de Van der Waals

Entrampamiento

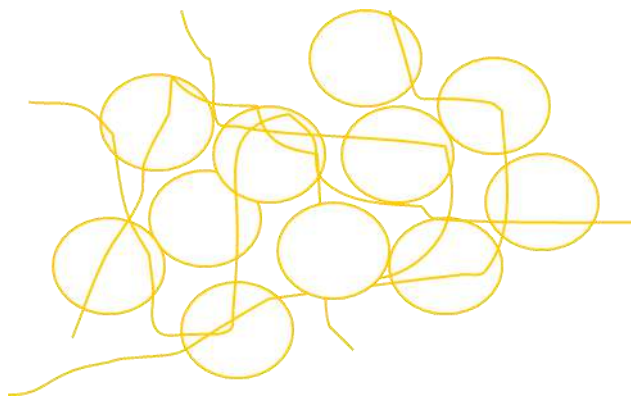
Absorción química

Partículas individuales de floc

Adición del floculante



Efecto deseado



Básicamente, existen dos mecanismos por los que las partículas entran en contacto:

- ✓ Por el propio movimiento de las partículas (difusión browniana). En este caso se habla de Floculación pericinética o por convección natural es muy lenta.
- ✓ Por el movimiento del fluido que contiene a las partículas, que induce

a un movimiento de éstas, esto se consigue mediante agitación de la mezcla. A este mecanismo se le denomina Floculación ortocinética o por convección forzada.

Existen además ciertos productos químicos llamados floculantes que ayudan en el proceso de coagulación. Un floculante actúa reuniendo las partículas individuales en aglomerados, aumentando la calidad del flóculo (flóculo más pesado y voluminoso).

Hay diversos factores que influyen en la floculación:

#### Coagulación Previa lo más Perfecta Posible

Para poder generar un adecuado proceso de coagulación es imprescindible realizar las respectivas pruebas de ensayo de manera preliminar para poder obtener la dosis óptima y de esta forma alcanzar un proceso de coagulación casi perfecto.

Es importante que durante los ensayos se observen con detenimiento los diferentes comportamientos del proceso de coagulación para identificar los aspectos más relevantes que puedan ser aprovechados. Es recomendable repetir los ensayos con las dosis en las cuales se han obtenido los mejores resultados, así como también variar ligeramente la dosis en los rangos de los mejores resultados para identificar con más exactitud la dosis ideal para obtener la mejor coagulación.

Durante este proceso es necesario observar de manera exhaustiva el comportamiento del proceso de coagulación para poder predecir el comportamiento en la totalidad del agua cruda. Este proceso es necesario hacerlo con mucha responsabilidad para poder seleccionar la mejor dosis de acuerdo con el agua cruda que va a ser tratada.

## **Preparación de soluciones para pruebas de tratabilidad**

- NINGUN SISTEMA DE PREPARACION DE POLIMERO hace soluciones listas para usarse inmediatamente.
- Las soluciones deben añejarse por un mínimo de 30 minutos (recomendado de 45-60) para activarse totalmente.
- Viscosidad no es actividad. Usted puede alcanzar el 100% de la viscosidad inmediatamente, pero no la actividad.
- Prepare soluciones nuevas cada 8 horas
- Temperatura ambiente a la que se encuentre en agua a tratar
- Las características del agua a tratar son principalmente con desechos de aceite
- pH ácido (2-3)

## **Temperatura del Agua**

La principal influencia de la temperatura en la floculación es su efecto sobre el tiempo requerido para una buena formación de flóculos.

Generalmente, temperaturas bajas dificultan la clarificación del agua, por lo que se requieren periodos de floculación más largos o mayores dosis de floculante.

- Las temperaturas más calientes incrementan la velocidad de activación, pero también incrementan la velocidad de deterioración. Si la temperatura del agua es cercana a 38°C el tiempo de añejamiento es reducido a menos de 30 minutos y las soluciones deben prepararse cada 3-4 horas.

## **Características del Agua**

Un agua que contiene poca turbiedad coloidal es, frecuentemente, de floculación más difícil, ya que las partículas sólidas en suspensión actúan como núcleos para la formación inicial de flóculos.

### **Tipos de Floculantes según su Naturaleza:**

- Minerales, por ejemplo, la sílice activada. Se le ha considerado como el mejor floculante capaz de asociarse a las sales de aluminio. Se utiliza sobre todo en el tratamiento de agua potable.
- Orgánicos, que son macromoléculas de cadena larga y alto peso molecular, de origen natural o sintético.

### **Coadyuvantes**

Tienen la función de mejorar la actuación de los coagulantes y floculantes.

Los objetivos de los coadyuvantes pueden ser varios:

### **Corrección de pH**

Cada coagulante tiene un pH óptimo de trabajo. Por ejemplo, el sulfato de aluminio tiende acidificar el agua tratada empeorando las condiciones de coagulación, ya que actúa mejor a pH neutro. Para corregir el pH se le añade bases o sales alcalinas al agua (Cal, Hidróxido sódico, Carbonato sódico).

### **Oxidación de Compuestos**

Se cree que el proceso de coagulación floculación mejora si se elimina por oxidación algunos compuestos orgánicos que pueden interferir en los procesos. Se pueden utilizar como oxidantes el cloro, el permanganato potásico, el ozono. Cuando se emplea cloro, pre cloración, la dosis utilizada es generalmente la necesaria para llegar al punto de quiebre.

### **Dar peso a las Partículas**

Se utilizan los llamados agentes gravimétricos. Se utilizan en aguas con baja turbidez inicial. Se busca mejorar las velocidades de sedimentación. Se puede usar carbón activado en polvo, cal, arcillas, polímeros. La adición de

productos tales como la bentonita aumentan la densidad de las partículas y el peso global de la suspensión, al tiempo que proporciona una superficie importante para la adsorción de compuestos orgánicos.

La sílice activada y los polímeros se podrían también considerar como coadyuvantes de la coagulación y la floculación.

### **Tipo y Cantidad de Coagulante**

Se realizó una prueba de jarras para comprobar en qué cantidades trabaja mejor cada sustancia, en este caso se encontró **FINEKFLOC 532**, se puso en la muestra de los trenes ácidos ya que este tipo de coagulante funciona mejor con pH ácidos y este cuenta con un pH de 1.8, se preparó al 2 %, (20 L de coagulante en 1000 L de agua)

### **Sedimentación**

La sedimentación consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. Es una de las operaciones unitarias más utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales. Los términos sedimentación y decantación se utilizan indistintamente.

## **Herramientas adicionales al tratamiento de agua**

### **Implantación de Hoja de Registros**

Para afirmar que se realice de manera correcta el procedimiento de los residuos líquidos de cada uno de los tanques, se implementará una hoja de registro en la cual se detalla la cantidad de floculante y coagulante agregado a los trenes, el volumen de líquido recuperado, fecha de realización, nombre del mecánico que hace la actividad. La ficha de control deberá ser llenada por el mecánico

responsable.

### Desnatador

A menor velocidad:

- Lodos más secos.

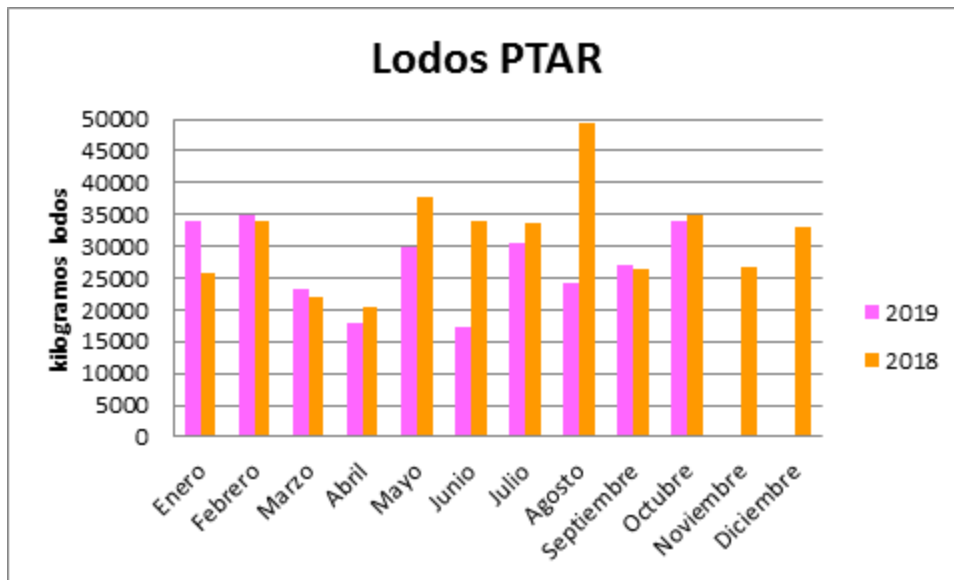
A mayor velocidad:

- Mayor remoción de lodos.
- Lodos más húmedos.
- Independientemente de la aplicación la velocidad del desnatador debe ajustarse de tal manera que cumpla con la calidad esperada del agua y que a la vez no se recirculen sólidos en exceso.

### Comparativa (2018-2019) de lodos a partir de cambios realizados al tratamiento fisicoquímico de aguas residuales

Mes	Lodos de PTAR generados en kg			Comparativo	kgs	% reducción o aumento
	2017	2018	2019			
Enero	23484	25945	33818	Aumento	7873	30.3%
Febrero	14965	33980	34795	Aumento	815	2.4%
Marzo	19216	22112	23313	Aumento	1201	5.4%
Abril	33624	20586	17763	Reducción	2823	-13.7%
Mayo	36708	37657	29830	Reducción	7827	-20.8%
Junio	15742	33965	17302	Reducción	16663	-49.1%
Julio	34621	33601	30417	Reducción	3184	-9.5%
Agosto	29642	49327	24122	Reducción	25205	-51.1%
Septiembre	34458	26335	26927	Aumento	592	2.2%
Octubre	23452	34787	34065	Reducción	722	-2.08%
Noviembre	26277	26604				
Diciembre	18400	33082				
Acumulado a Octubre	265912	318295	272352	Reducción	45943	-14.43%





Como se ve se ha disminuido la cantidad de lodos en algunos meses, pero incluso cuando no se tiene disminución se nota considerable mejora ya que los lodos son mucho más secos y esto genera múltiples beneficios para su manipulación y tratamiento de desechos

### **Instalación de Filtro de Carbón Activado**

Para la optimización de los resultados se hace pasar el agua por un filtro para retención de sedimentos de 30 micras y una columna de carbón activado granulado de alta eficiencia. El carbón activado granulado a base de carbón, presenta una superficie específica grande, alta fuerza mecánica, regeneración fácil, capacidad de la adsorción, pequeña resistencia de la cama, buena estabilidad química

## **Descripción de la planta y sus operaciones**

### **Descripción General**

Las empresas metal-mecánicas específicamente que producen latas de aluminio se dedica a la elaboración, lavado, estampado y entrega de la lata para consumo final Todas las empresas desarrollan sus actividades productivas dentro de predios que se dividen en oficinas administrativas, área de producción, bodegas, estacionamientos

### **Generación de Desechos y descargas**

La empresa genera desechos sólidos, y aguas residuales industriales provenientes del proceso de fabricación de latas así también como residuos líquidos domésticos que se generan por el uso de los baños.

### **Manejo de los Desechos Sólidos**

Durante el proceso de producción de latas se generan residuos tales como cartones, fundas plásticas, scrap de aluminio los mismos que son segregados y almacenados en un área asignada para el almacenamiento temporal en el caso del scrap se debe acumular todo por una maquina llamada briqueteadora donde se confina en cubos para su posterior tratamiento

### **Manejo de Desechos sólidos no peligrosos**

Los residuos no peligrosos que representan inocuidad al medio, consisten en residuos de alimentos, botellas plásticas, cartón, papel, latas y tarimas, los mismos que son depositados en áreas asignadas y son entregados según a donde se deba confinar, pero antes de eso se deben depositar en tambos por asignación de color según corresponda

## **Seguridad y prevención de emergencia en la PTAR**

Como todo la seguridad debe ser primero por lo que se tiene un sistema de seguridad y prevención en el sistema de tratamiento de aguas residuales por lo que se capacito a todo el personal para saber atender cualquier tipo de emergencia ya sea un derrame químico ya que en el área se cuenta con químicos peligrosos e inflamables así como tener kit de seguridad a la mano, donde se tenga desde las hojas de seguridad de los químicos hasta mantas que retengan los derrames, también se cuenta en el área con lavaojos y regadoras en caso de haya algún accidente donde el afectado necesite atención inmediata

Así como extintores en caso de emergencia en zonas seguras en caso de que haya un incendio.

*Figura 26 Extintor como equipo de prevención ante emergencias*

## **Características y evaluación del proceso de Tratamiento de aguas residuales**

### **Fuentes de generación de aguas residuales industriales**

Una vez revisado todo el proceso que se realiza en la empresa de latas de aluminio se puede establecer que las aguas residuales industriales provienen exclusivamente del proceso de lavado y formación de las latas.

Las líneas de conducción de todas las aguas residuales, en ningún momento se juntan, todas son independientes, lo que permite evitar la contaminación de las mismas en su trayectoria.

### **Determinación de flujos diarios**

En la empresa, los flujos del agua residual son muy variables debido a que está en función de la producción y de las descargas de aceite que reciba.

Cuando se realiza el proceso lavado con ácido para las latas, el agua es acumulada en la piscina de homogenización hasta alcanzar el nivel de agua necesario para proceder a la depuración. De tal manera que los procesamientos de las aguas residuales industriales son tratadas por lotes.

Es así como se ha establecido un flujo de agua de 5 metros cúbicos (5.2 m<sup>3</sup>) de agua residual tratada por hora. Este caudal tiene que ver también con la capacidad de almacenamiento que existe en la piscina de homogenización.

**DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DIARIOS QUE SE GENERAN EN LA PLANTA TRATADORA DE AGUA**

<b>DIA</b>	<b>CAUDAL AL m<sup>3</sup>/ h</b>	<b>DIA</b>	<b>CAUDAL AL m<sup>3</sup>/ d</b>	<b>DIA</b>	<b>CAUDAL AL m<sup>3</sup>/ h</b>	<b>HORA</b>
25/11/2019	5.5	22/11/2019	5.3	20/11/2019	5.4	12 AM
25/11/2019	3.5	22/11/2019	3.5	20/11/2019	4.9	1 AM
25/11/2019	4.9	22/11/2019	4.8	20/11/2019	4.8	2AM
25/11/2019	4.9	22/11/2019	4.9	20/11/2019	4.9	3 AM
25/11/2019	4.9	22/11/2019	4.9	20/11/2019	4.9	4 AM
25/11/2019	4.8	22/11/2019	4.8	20/11/2019	4.8	5 AM
25/11/2019	4.9	22/11/2019	4.9	20/11/2019	4.8	6 AM
25/11/2019	5.5	22/11/2019	5.3	20/11/2019	5.5	7 AM
25/11/2019	5.01	22/11/2019	5.2	20/11/2019	5.5	8 AM
25/11/2019	4.9	22/11/2019	4.9	20/11/2019	4.9	9 AM
25/11/2019	5.5	22/11/2019	5.5	20/11/2019	5.6	10 AM
25/11/2019	6.0	22/11/2019	6.5	20/11/2019	6.1	11 AM
25/11/2019	5.5	22/11/2019	5.5	20/11/2019	5.5	12 AM
25/11/2019	5.3	22/11/2019	5.8	20/11/2019	5.3	13 PM
25/11/2019	4.4	22/11/2019	4.5	20/11/2019	4.3	14 PM
25/11/2019	5.0	22/11/2019	5.0	20/11/2019	5.0	15 PM
25/11/2019	5.8	22/11/2019	5.8	20/11/2019	5.8	16 PM

25/11/2019	6.0	22/11/2019	6.1	20/11/2019	6.1	17 PM
25/11/2019	5.5	22/11/2019	5.5	20/11/2019	5.5	18 PM
25/11/2019	5.4	22/11/2019	5.5	20/11/2019	5.5	19 PM
25/11/2019	5.1	22/11/2019	5.0	20/11/2019	5.5	20 PM
25/11/2019	4.9	22/11/2019	4.9	20/11/2019	4.8	21 PM
25/11/2019	4.9	22/11/2019	4.9	20/11/2019	4.8	22 PM
25/11/2019	4.8	22/11/2019	4.8	20/11/2019	5.0	23 PM
<b>TOTAL</b>	<b>5.12</b>		<b>5.18</b>		<b>5.25</b>	<b>2328</b>

*Tabla 4 Determinación de caudales*

Como se puede observar en el cuadro anterior este es un ejemplo de los flujos diarios tomados por hora que se tiene en el tratamiento de agua todo esto se lleva a cabo mediante el registro RG-SG-35 del sistema de calidad por lo que de acuerdo a esto se estableció un flujo promedio para llevar un mejor control del sistema en cuanto al control de parámetros

### **Diagnóstico y evaluación del sistema de recolección de las aguas residuales industriales**

Luego de observar las operaciones, podemos establecer como diagnóstico que las aguas presentan temperatura normal (22°C), alta concentración de metales, agregados orgánicos y agregados fisicoquímicos lo que hace complicado el proceso de la depuración impidiendo que la unidad pueda remover la contaminación hasta los niveles requeridos por la Legislación Ambiental. Esta elevada concentración de sustancias químicas en el agua tiene su origen en la realización del proceso de lavado en químicos de la lata principalmente con ácidos por lo que se recibe las cargas de agua con pH ácidos. De manera que si no se realiza el correcto procedimiento de tratamiento a dichos residuos, toda la sustancia va a terminar en el agua de descarga directamente al vertedero, ocasionando la alta concentración de sustancias contaminantes, los mismos que pueden ser apreciados en los resultados de los nuestros en el canal parshall.

Una de las razones por las que se puede llegar a producir una mala operación o mal tratamiento de los desechos, es debido a un exceso de confianza, del personal de la empresa.

La capacidad de almacenamiento de la unidad de recepción es aceptable, debido a que los flujos que se manejan no sobrepasan la capacidad instalada. Además, las operaciones de producción de latas son planificadas en función del número de pedidos a manejar para mantener un número ya determinado que se encuentren en stock.

Es necesario mejorar el control de este proceso, en virtud que este es un punto crítico en el proceso de elaboración de latas y de esta manera se podrá evitar la carga excesiva de contaminación al agua de enjuague del mismo.

Es por ello que se determinó como tratamiento de clarificación ya que de esta manera aseguramos la eliminación de sustancias en suspensión, sustancias disueltas y la supresión de la flora microbiana, además de la posible corrección de algunas características físico microbiana, además de la posible corrección de algunas características físico - químicas.

### **Diagnóstico y evaluación del sistema de tratamiento primario**

En el sistema de tratamiento primario de la empresa, se han establecido las siguientes oportunidades de mejora al proceso:

- No existe una homogenización adecuada de las aguas almacenadas en la cisterna donde se van recolectando las aguas residuales industriales previo a su tratamiento. Esta falta de homogeneización impide obtener una muestra representativa que permita caracterizar con exactitud el agua residual, por lo que se propone tener un tanque que capte previamente el agua para una vez que llegue al sistema sea tratada adecuadamente,
- No existen equipos, materiales, instrumentos, reactivos de laboratorio, procedimientos de ensayos, área de trabajo y personal técnico especializado para la realización de los análisis químicos mínimos, necesarios, que permitan identificar y cuantificar las sustancias contaminantes que se encuentran presentes. Así como también para determinar el nivel de remoción de la unidad de tratamiento.
- No existe un ensayo preliminar que permita establecer las condiciones de proceso junto con la determinación de la cantidad teóricamente requerida de los insumos.
- No existen operadores debidamente entrenados en la maniobra de la Unidad de tratamiento de aguas residuales, todas las actividades que realizan los técnicos operarios, la ejecutan por la experiencia obtenida en la práctica y por su apreciación visual, lo cual como es obvio no permite alcanzar la eficiencia y eficacia esperada.

- Se desconoce cómo determinar el nivel de saturación de la unidad de filtración, para proceder con el respectivo mantenimiento y evitar el uso de una unidad que no tiene la capacidad de retener la contaminación.

## **Resultados Obtenidos**

### **Homogenización del agua**

Debido a que se tiene un mayor control en cuanto a los flujos de entrada esto nos da más tiempo de homogenizar el agua en los tanques de igualación por lo que entra un flujo constante a los trenes de tratamiento facilitando que se llegue a pH ácidos más rápidamente ya que si el flujo es mayor tardaría un poco más ya que la dosificación de ácido sulfúrico es siempre la misma y existe un mayor tiempo de residencia por lo que favorece mucho al tratamiento de aguas residuales

La correcta homogenización del agua ayuda a mantener las cantidades exactas que deben de adicionarse de reactivos.

### **Habilitar la unidad de filtrado**

Se habilitó la unidad de filtrado del agua residual, debido a que esta unidad se encontraba colmatada por lo que el paso del agua residual por esta unidad de depuración no cumplía ninguna función.

Para realizar esta habilitación únicamente se reemplazó los materiales por nuevos medios filtrantes de arena y carbón de la misma característica en igual cantidad.

La filtración a través de un lecho filtrante es una técnica ampliamente utilizada para la eliminación de partículas que contiene el agua, sus principales aplicaciones son en el tratamiento de agua potable y la depuración de agua.

Los **medios filtrantes** son materiales que permiten el paso del agua bruta a través de ellos y retienen el material particulado. Los medios filtrantes se seleccionan en función de unas características físicas deseadas, tales como tamaño específico, gravedad y granulometría.



## **Concientización al personal operativo**

Se procedió a entrenar al personal que opera la unidad de tratamiento para que aprendan a identificar los riesgos tales como el manejo de sustancias peligrosas a las que está expuesta la empresa en el momento en el que el proceso no es desarrollado respetando sus variables.

En esta actividad se identificó las necesidades del personal para llevar adecuadamente la depuración de las aguas residuales industriales, determinando que entre las más significativas era la falta de iluminación cuando se opera en las noches y la falta de comunicación cuando se realizan los cambios de materiales en los procesos, lo que genera una alteración en la concentración de los contaminantes.

Para la falta de comunicación se acordó que siempre que se realicen cambios de material, es importante comunicar al operador de la unidad de tratamiento para que esté informado y proceda con la debida modificación y ajuste de las concentraciones de los reactivos requeridos en el proceso de depuración del agua residual industrial.

## **Entrenamiento y capacitación en la operación de la unidad de tratamiento**

Para poder realizar la operación de la unidad de tratamiento de manera apropiada es imprescindible el entrenamiento y capacitación al personal que administra y opera la estación depuradora, para que una vez que tenga el conocimiento de la importancia pueda hacer el trabajo con mucha responsabilidad para el cuidado del medio ambiente. Sin el conocimiento no se hace posible una buena operación y los resultados no serían satisfactorios. Este entrenamiento debe ser de manera permanente para que se pueda identificar los errores más comunes durante la operación, determinar el origen de sus causas, establecer medidas que permitan corregir e instituir medidas de control que permitan minimizar los riesgos de repetir las mismas faltas.

Durante el proceso de tratabilidad de las aguas se tuvo la oportunidad de ir entrenando en el campo sobre cada uno de los procesos que se deben de realizar para alcanzar una remoción efectiva de la contaminación. En este entrenamiento práctico se aclararon muchas de las dudas y se estableció la importancia de realizar cada paso con responsabilidad para beneficio de todos quienes hacemos el medio ambiente. En la figura 23 se pueda apreciar la participación del personal tanto operativo como administrativo de la operación de la unidad.

## **Introducción de filtro de carbón activado**

Para la optimización de los resultados se hace pasar el agua por un filtro para retención de sedimentos de 30 micras y una columna de carbón activado granulado de alta eficiencia.

El carbón granulado tiene las siguientes propiedades purificadoras de agua:

- Adsorbe moléculas orgánicas, dando como resultado la disminución de la DQO y DBO5
- Adsorbe coloides, dando como resultado la disminución del color y del mal olor del agua residual tratada.

Por ahora se habilitó un solo filtro, en el futuro se tiene contemplado la incorporación de una nueva unidad de filtración para cuando el filtro No 1 se sature y se deba realizar el mantenimiento respectivo

## **Análisis de los resultados de la tratabilidad de las aguas residuales**

De acuerdo a los resultados observados podemos apreciar que la muestra de tratabilidad de nuestro experimento 1, presenta una remoción mínima de la contaminación a diferencia de la muestra de experimentos 2, en donde la remoción de la contaminación es más efectiva, llegando a remover la contaminación del agua, situándola por debajo del límite máximo permisible que establece la norma en la tabla No3, de acuerdo a lo que establece el SEMARNAT NOM ECOL 1 para la descarga a cuerpos de agua dulce.

Por lo que la prueba de tratabilidad empleada en la muestra de experimentación número 2, es considerada la óptima para la remoción.

La dosis y los materiales empleados en la muestra de experimentación número 2, fueron los seleccionados para ser usados en el proceso de depuración de las aguas residuales de la unidad de producción de latas, cuyos resultados fueron satisfactorios, debido a que como indica la tabla de resultados, todos los parámetros que determinan la calidad del agua previo a su descarga se encuentran por debajo de los valores del límite máximo permisible.

## **Entrenamiento y capacitación al personal**

La ejecución efectiva de un trabajo depende del entrenamiento adecuado y el desarrollo personal. Un buen sistema de entrenamiento requiere un análisis sistemático de las necesidades de entrenamiento, programas de entrenamiento con objetivos claros, calidad en los materiales escritos, planes de lecciones, pruebas y ayudas

audiovisuales, instructores cualificados, métodos de evaluación y mejora de la efectividad del entrenamiento.

El éxito al operar una unidad de tratamiento de aguas residuales industriales requiere el entrenamiento de todos los empleados para el desarrollo de las habilidades de liderazgo y conocimiento. El entrenamiento en liderazgo provee un entrenamiento de los sistemas y procedimientos, y el conocimiento de los fundamentos de control de la estación depuradora. El entrenamiento es motivacional, educacional y los programas de entrenamiento planeados aseguran que se haya colocado una dirección consistente para el mejoramiento de la administración del control de la operación de la estación depuradora de aguas residuales industriales de una empresa de elaboración de latas

### **Conclusiones**

Los beneficios que aportan las plantas de tratamiento de agua residual, PTAR., en la mejora del medio ambiente son muy significativas, siempre que estas se ajusten a las normas que rigen estos procesos; es decir, su simple existencia no es garantía de cumplimiento para el fin, para las que fueron creadas. Si bien, son múltiples los beneficios que prestan a nivel local y regional las PTAR, su simple existencia no siempre garantiza el adecuado manejo de las aguas residuales tanto por la infraestructura como en el tratamiento químico a los que se someten; como es el caso de la PTAR de la planta industrial de latas grado alimenticio la cual, no respondía a los índices de calidad produciendo en la descarga del agua residual.

Frente a la propuesta de mejora para la PTAR, esta se puede recoger en cuatro sentidos: una respecto a la infraestructura de la planta es decir reactivar los equipos que se encontraban en desuso tal es el caso del sistema terciario de filtro de arena y antracita; dos, respecto al tratamiento químico ya que se hizo la determinación de las cantidades exactas de químicos y los rangos de pH establecidos para dicho tratamiento; tres, respecto al aprovechamiento de los lodos resultantes del proceso primario y secundario ya que se tuvo una disminución considerable en cuanto el historial de desperdicio. Cuatro, respecto a la operatividad y mantenimiento de esta.

En cuanto a la Infraestructura, la PTAR requiere hacer uso del tratamiento secundario para alcanzar un mayor índice en la mejora de la calidad del agua, ya que afalta de éste es que no se alcanza sino el 50% del tratamiento del agua residual en PTAR y la contaminación de los vertederos. El tratamiento secundario, va a favorecerla oxidación biológica de las aguas residuales; es en este proceso que se refuerza la limpieza del proceso primario.

En cuanto al proceso químico se requirió de la instalación de electrodos para la correcta medición e interpretación de químicos ya que se establecieron los parámetros de dosificación en base a dichos pH.

Respecto a la Operatividad y mantenimiento, para el medidor de flujo se requirió de la asignación de personal capacitado que controle la operación del medidor y realice mantenimiento preventivo, por lo menos cada catorce días para evitar posibles obstrucciones que puedan afectar los siguientes procesos. Así mismo, en lo que respecta la prensa de lodos los cuales requieren de un mantenimiento diario, con el fin de retirar las grasas y sólidos.

Además, se deben hacer pruebas regulares para comprobar el óptimo funcionamiento del tratamiento ya que se estandarizó dicho proceso a un flujo constante pero algún exceso de contaminantes puede variar el proceso de tratamiento y de ello depende que mejore la calidad del agua y la cual deberá ser medida en la salida de Efluente a través de análisis periódicos para un mayor control del tratamiento.

# Anexos

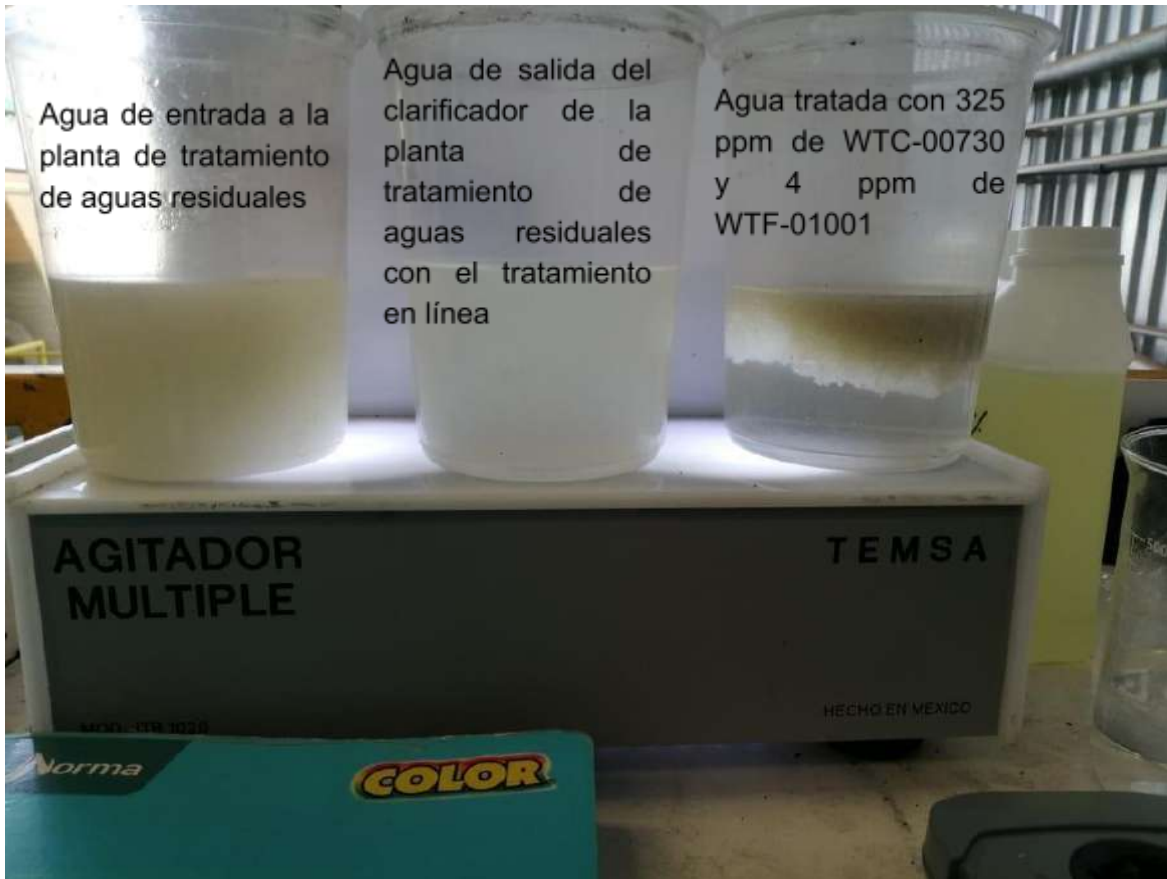
## Anexo 1

Tabla No. 1: Muestra las características del agua de entrada a la planta de Tratamiento de Aguas Residuales con la aplicación de diferentes dosis de coagulante WTC-00730 y el floculante WTF-01001 y las características que tenía el agua que se obtiene en el clarificador con el tratamiento en línea

	Agua inicial	Tratamiento con coagulante y floculante				Agua Clarificada*
Dosis de Coagulante (ppm)	0	250	275	300	325	-
Dosis de floculante (ppm)	0	2	2	2	4	-
Turbidez	1,882.0	-	74		34	112
pH	3.50	7.75	7.75	7.75	7.75	9.18
Conductividad	5,536.0				5,410.0	10,700.0
Sólidos Suspendidos Totales (pp)	2,250.00				31	155
*Muestra tomada en la salida del clarificador						

## Anexo 2

Fotografía Figura No.1: Muestra la apariencia del agua de entrada a la planta de tratamiento de Famosa, la muestra de agua tratada con los productos WTC-00730 y WTF-01001 y la muestra del agua tomada de la clarificadora tortada con los productos de línea.



Derivado de lo anterior se hace la recomendación de realizar una prueba a nivel planta con la finalidad de demostrar que los resultados anteriormente expuestos cumplen con las expectativas de reutilizar el agua en torres de enfriamiento.

La prueba tendrá una duración de dos días la cual incluirá la asistencia de ingenieros para regular la aplicación y corroborar el funcionamiento de la misma, también incluirá el volumen de producto químico necesario en la prueba.

Es importante señalar que para realiza esta prueba será necesario hacer algunos ajustes en cuanto a la aplicación de la sosa se refiere, controlar el pH y medir el flujo además de controlarlo.

### Anexo 3

Que incluye los puntos de supervisión del proceso durante el periodo de pruebas, Estandarización de parámetro de pH, Control y monitoreo de flujo , Monitoreo y estandarización de cantidad de floculante y Coagulante

No		HORA	INFLUENTE	CON ACIDO	CON SOSA	EFLUENTE	ACIDO	SOSA	COAGULANTE	FLOCULANTE
1		8:00	2	1.98	7.03	7	12.17	18.23	68.23	90.85
2		10:00	2	1.98	9.27	10	11.95	18.55	60.19	90.12
3		12:00	2	1.97	9.95	10	12.26	17	60.19	90.06
4										
5										
6										
7										

CONDUCTIVIDAD DEL EFLUENTE			VOLUMEN LODO SECO (BULTOS/DIA)			LIMPIEZA Y DESCARGA DE LODOS EN DAF		
No	HORA	VALOR	No	HORA	CANTIDAD	No	HORA	DESCARGA
1			1			1	8:00	Después
2			2			2	1:00	Conos
3			3			3	7:00	

OBSERVACIONES

PREPARACION DE COAGULANTE: 7.5 l. (1/2 cubeta) para 300 l de H<sub>2</sub>O

PREPARACION DE FLOCULANTE: 6 l. para 1000 l. de H<sub>2</sub>O

TAMAÑO DE LODOS CON COAGULANTE: Me Juanos

TAMAÑO DE LODOS CON FLOCULANTE: Me Juanos

OTROS COMENTARIOS:

### Anexo 4

#### Monitoreo de los lodos

Fecha			Proveedor	Lodos(kg)
Diciembre	13/12/2019	0769/2019	MIR	4969
Diciembre	20/12/2019	0800/2019	MIR	3925
Diciembre	27/12/2019	0809/2019	MIR	3810

Con esta acción podemos ver que los lodos efectivamente han estado disminuyendo de manera considerable como se puede apreciar en la figura 22 y no solo han mejorado de

manera cuantitativa, sino que también su consistencia es mejor ya que son más firmes y no escurren aceite lo cual es favorable tanto para el medio ambiente y para la planta

## Anexo 5

### Determinaciones cualitativas

- a) Tamaño del floc producido. - Puede expresarse su tamaño en mm de acuerdo con el comparador desarrollado por el Water Research Institute de Inglaterra, o según el índice de Willcomb. Se escoge como dosis óptima de la jarra que produce una partícula más grande, de mayor velocidad de asentamiento aparente y que deje ver el agua más cristalina entre los flóculos. Esta determinación es bastante subjetiva y depende del criterio del observador.

Tabla 4 Índice de floculación de Willcomb

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

**Fuente: Tomado del Texto Fundamentos de Ingeniería Ambiental.**

- b) Tiempo inicial de formación del floc.- Determinar, en segundos, el tiempo que tarda en aparecer el primer inicio de formación de floc, es uno de los sistemas para calificar la velocidad de la reacción. La iluminación de la base



del agitador ayuda en esta determinación. Ni aun así suele ser fácil, pues el floc recién formado suele ser incoloro. Por otra parte, el floc que se forma más rápidamente no necesariamente es el mejor.

- c) c) En esta evaluación debe tenerse en cuenta la diferencia de tiempo con que se agregaron los coagulantes a los vasos de precipitado. Si no se dispone de un sistema de aplicación simultánea que vierta la solución en las 6 jarras casi al mismo tiempo, el coagulante tiene que agregarse con intervalos de 10 a 30 segundos con cada vaso y debe marcarse en los mismos, con lápiz de cera el tiempo de aplicación en la forma siguiente:  $t=0$  (para el vaso N°1);  $t=10$  seg. (para el vaso N° 2);  $t=20$  (para el vaso N°3); etc. El tiempo de aparición de la primera jarra, hasta que se note el primer indicio de floc, menos el tiempo que tardó en hacerse la aplicación a la jarra considerada. Cuando se usa jeringas hipodérmicas y se utilizan de dos en dos, la inyección puede considerarse prácticamente como simultánea

## **Anexo 6**

### **Cristalería**

Se necesitan 3 vasos de precipitado (jarras), preferentemente de 1000 mL c/u, aunque también pueden usarse de 500 mL. De uso más cómodo son los vasos de precipitados de 500 mL. Hacer el ensayo con un mayor volumen de agua facilita la toma de muestras para la turbiedad residual y producen mejores resultados. Debe disponerse, además, de pipetas Pasteur para la adición de coagulantes a los vasos, se debe tener especial cuidado de la limpieza de la cristalería. Hay que evitar el uso de detergentes ya que muchos contienen compuestos aniónicos que si no son completamente eliminados de las paredes de vidrio pueden alterar en forma significativa los resultados, principalmente cuando se usan polímeros catiónicos.

### **Conclusiones**

Una vez terminado el presente estudio describimos las conclusiones que consideramos más significativas, las mismas que son:

- Se ha verificado la ausencia total de los equipos y materiales de laboratorio, al igual que un área específica para realizar los ensayos requeridos de laboratorio que permitan visualizar las características físico/químicas tanto del agua cruda como del agua tratada, lo que impide tener una claridad del proceso a realizar y menos aún

determinar si los resultados obtenidos están enmarcados en lo que establece la normativa ambiental.

- El desarrollo del presente estudio ha permitido identificar que la causa más significativa por la que las aguas residuales de la empresa presentaban una alta carga contaminante es la contaminación que sufrían las aguas en mayor medida se debe a que no se tenía un control de los flujos ingresados al sistema de tratamiento de aguas es decir en medida como se iba sacando del proceso productivo se ingresaba al sistema residual siendo siempre la misma adición de químicos (Ácido sulfúrico, floculante y coagulante) por lo que era muy variables los resultados del agua tratada ya que tanto podrían salir bien debido a que la carga era menor a como cuando la carga era excesiva y no era suficiente las cantidades añadidas

- La prueba de tratabilidad ha permitido diferenciar los resultados obtenidos entre el método anterior y la nueva propuesta para el tratamiento de las aguas residuales industriales de la empresa de elaboración de latas, lo que ha concedido precisar que la nueva propuesta es más conveniente en función de los resultados obtenidos ya que redujo un 15% su porcentaje de lodos como se muestra en la figura 22 y cubriendo todos los rubros a cubrir en la descarga para la normatividad mexicana.

- Durante el tiempo de realización de las pruebas en la planta se pudo comprobar la deficiencia en el conocimiento de: conceptos, definiciones, análisis requeridos de laboratorio, ensayos de test de jarras, concentración, dosificación y función de los reactivos requeridos para el proceso de depuración, normativa de descarga, importancia del uso correcto de equipos de protección personal, tiempos de residencia, procedimientos de operación, importancia de la actuación con responsabilidad social; tanto del personal que opera y administra la unidad de tratamiento.

- Se alcanzó lo que establece la normativa ambiental vigente, incorporando nuevos productos químicos, así como el filtro de arena y carbón activado para utilizar agua en las torres de enfriamiento.

- Recomendaciones

Con la finalidad de mantener una óptima operación de la Unidad de la Unidad de Tratamiento de aguas residuales industriales, es necesario:

- Realizar el entrenamiento y capacitación programado para que el personal tenga la oportunidad de refrescar los conocimientos mínimos requeridos para una buena

operación de la unidad y que además tenga pleno conocimiento para minimizar los posibles errores que por desconocimiento se puedan producir y elevar el grado de conciencia del personal.

- Mantener un control especial sobre la operación de dosificación de los reactivos para minimizar el mal uso de los reactivos.
- Se recomienda comprar un equipo de laboratorio donde se pueda monitorear todos los parámetros que nos indica la norma para tener un mejor control del tratamiento de aguas residuales , así como también dotar de los materiales y equipos mínimo de laboratorio, acondicionar un área específica, para poder realizar los ensayos preliminares que permitan tener una visualización del agua que va a ser tratada así como también para poder predeterminedir la calidad del agua procesada y de esta manera poder tomar la debida acción correctiva, previo al envío al laboratorio externo para su comprobación final.
- Se recomienda la implementación de un manual de operaciones que esté al alcance de todo el personal que sirva de guía para que puedan desarrollar de manera adecuada la operación de la unidad de tratamiento y a la vez que permita tomar acciones correctivas de manera inmediata recurriendo a lo que está establecido en el manual.
- Se recomienda realizar un estudio de los lodos obtenidos del proceso de depuración de las aguas residuales para establecer el proceso más adecuado para una disposición final acorde con lo establecido en la normativa ambiental vigente ya que actualmente su disposición no es por parte de la empresa se contrata un externo ya que actualmente la disposición queda a cargo de una empresa contratista por lo que se terceriza este servicio.
- Observar el proceso de funcionamiento de la filtración para determinar el momento saturación y proceder al cambio de los medios filtrantes para asegura la calidad de las aguas que son descargadas hacia la fuente de agua.
- Informar a la autoridad ambiental de aplicación responsable de los resultados de laboratorio que se obtienen de manera trimestral de acuerdo al cronograma establecido.
- Ejecutar el programa de mantenimiento de las unidades que conforman el equipo de depuración de las aguas residuales industriales de manera preventiva para minimizar las paralizaciones por fallas.

## Bibliografía

Arundel Jonh (2007) Tratamiento de aguas y efluentes industrial.Mexico:Acribia S. A

Finek. (2005). *Efectos de Polímeros en Procesos*. Toluca: esfinge.

NORMA Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996

Miguel riguiola(2010)Tratamiento de aguas residuales .Mexico:Marcombo

RIGOLA LAPEÑA M RIGOLA LAPEÑA, M. Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales. Barcelona: Marcombo, 1989. 160 p. ISBN: 84-267-0740-8

HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. et al. Manual de depuración Uralita. 2ª ed. Madrid: Paraninfo, 2000. 430 p. ISBN: 84-283-2162-0

HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. Depuración y desinfección de aguas residuales. 5ª ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2001. 1151 p. Colección Señor nº 9. ISBN: 84-380-0190-4