



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
EN LA INDUSTRIA TEXTIL CON SISTEMA DE RECUPERACION

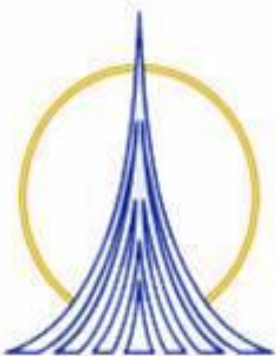
REPORTE DE TITULACIÓN
POR EXPERIENCIA PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

PRESENTA:

MARTINEZ IRENEO FERNANDO



MEXICO, D.F.

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/029/05

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: MARTÍNEZ IRENEO FERNANDO

P r e s e n t e.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

PRESIDENTE	I.Q. Cornelio Flores Hernández
VOCAL	I.Q. José Antonio Zamora Plata
SECRETARIO	I.Q. Rafael Coello García
SUPLENTE	I.Q. José Mariano Ramos Olmos
SUPLENTE	Biol. Ma. Eugenia Ibarra Hernández

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e

“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”

México, D.F., 06 de Junio del 2005.

EL JEFE DE LA CARRERA

M. EN C. ANDRES AQUINO CANCHOLA

DEDICATORIA:

A LA MEMORIA DE MI PADRE; HIPOLITO MARTÍNEZ PIOQUINTO.
POR SU LEGADO DE RESPONSABILIDAD Y AMOR AL TRABAJO.

A MI MADRE; ALEJANDRA IRENEO HERNÁNDEZ.
POR SU AMOR A LO LARGO DE MI VIDA.

A MI ESPOSA; THELMA ORTEGA DE LA PAZ.
POR TODO LO IMPORTANTE QUE SIGNIFICA PARA MI,
PORQUE SIN SU AYUDA Y APOYO NADA DE ESTO SERIA. POSIBLE,

A MIS HIJOS; ULISES Y ANDRÉS MARTÍNEZ ORTEGA.
PORQUE SON EL MOTOR Y ALEGRIA DE MI VIDA.

AGRADECIMIENTO:

A MIS HERMANOS:

SERGIO, MARÍA, BLANCA, ALEJANDRO, HILDA Y OSCAR

A MIS SUEGROS:

FRANCISCO ORTEGA V. Y THELMA DE LA PAZ V.

A MIS CUÑADOS:

ADRIANA Y HÉCTOR ORTEGA DE LA PAZ

AL I.Q. JOSÉ ANTONIO ZAMORA PLATA

POR SU APOYO INCONDICIONAL EN LA ELABORACIÓN DE ESTE REPORTE

Y A LA MAXIMA CASA DE ESTUDIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

A LA CUAL ME SIENTO ORGULLOSO PERTENECER

*“Espero tener suficiente
firmeza para conservar
lo que considero el más
envidiable de todos
los títulos: 'el carácter
del hombre honesto'.”*

- George Washington

I N D I C E

	PAG
INTRODUCCIÓN.....	1
PRESENTACIÓN.....	3
CARACTERISTICAS DEL AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA TEXTIL	6
MÉTODO	11
EVALUACIÓN DEL PROCESO	17
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO SELECCIONADO	22
1. Etapas de tratamiento	22
2. Descripción de la planta, del ciclo de tratamiento y de la maquinaria	23
a) Línea de agua residual	24
- Levantamiento inicial	24
- Cribado	26
- Homogenización y pretratamiento	27
- Corrección de pH y levantamiento del tratamiento biológico.....	29
- Enfriamiento	32
- Tratamiento biológico	32
- Decoloración	36
b) Línea de lodos	39
- Acumulación de lodos biológicos	39
- Deshidratación con filtro prensa	39
c) Línea agua tratada	41
- Acumulación agua tratada	41
- Filtrado con antracita	41
- Ozonificación del agua filtrada	44
- Acumulación de agua después de la ozonificación para reutilización.....	46
CONCLUSIONES	47
BIBLIOGRAFÍA.....	49

INTRODUCCION

El agua es uno de los recursos naturales más importantes de la vida en cualquier ciudad. El suministro requiere de una gran infraestructura que es operada todo el año durante las veinticuatro horas del día. La calidad del agua que se abastece debe reunir las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas para el consumo humano, y para el desarrollo industrial del país. No obstante, en muchas ocasiones la fuente de abastecimiento y el ciclo de vida del agua se ven alterados por la intensa explotación de las fuentes de abastecimientos y por la contaminación de sus cauces.

En la industria privada el agua requiere de una calidad que esté acorde al proceso que se está realizando y en ocasiones esta misma tiene que ser acondicionada para su uso. Actualmente existen infinitas necesidades y grandes avances que obligan a la industria a crecer y desarrollarse de manera rápida y eficaz para ser más competitiva, es por ello que el agua residual tratada ha adquirido gran importancia en la industria debido a que resuelve parcialmente la problemática que existe con respecto a la escasez y suministro de agua potable.

La comisión nacional del agua ha hecho estudios a nivel nacional, tanto en la rama industrial como en la gubernamental para reglamentar la calidad del agua residual y normalizar el uso del agua residual tratada, esto, para cumplir con los criterios de calidad necesarios para reutilizarse; entre los que se pueden mencionar están: El riego de áreas verdes y agrícolas, llenado de lagos recreativos, abrevaderos, agua de enfriamiento, limpieza industrial, lavado de automotores, y últimamente se han utilizado tratamientos terciarios para poder utilizarla como agua de proceso de acuerdo a las necesidades del proceso y las características físico-químicas y biológicas requeridas; como en el caso de distintas ramas de la industria y en específico de la industria textil, con la finalidad

de reducir el consumo, contaminación y desperdicio del agua suministrada a la empresa.

Como se menciona en la presentación, no se dará el nombre real de la empresa de estudio, pero se le denominará TEXTILES RIVIERA S.A. DE C. V., estará ubicada en la zona norte del Distrito Federal, en la colonia Nueva Industrial Vallejo. Esta empresa solicitó los servicios de ingeniería para el tratamiento de aguas residuales y la reutilización del agua al proceso a fin de economizar en la compra de agua proveniente de pipas. Para llevar a cabo la instalación de una planta de tratamiento se recurre a la inspección y muestreo de las etapas del proceso y se establecen algunas alternativas viables y un estimado de costos de cada una. Posteriormente, los estudios a detalle permiten dar una cotización más real y la propuesta final y adecuada para tratar y recuperar el agua residual utilizada en el proceso de teñido y enjuague de la tela con el fin de obtener un alto porcentaje de recuperación del consumo total diario de 1100 metros cúbicos.

Las secciones que siguen a este reporte muestran de manera general las etapas que intervienen en la propuesta de tratamiento de agua para un servicio solicitado, en alguna parte de ellas no se muestran los documentos de ingeniería completos por cuestiones de "secretaría" tanto de la empresa textil como de la firma de ingeniería que realiza el proyecto, pero los datos pueden generalizarse para cualquier otra empresa con las mismas características de consumo y capacidad instalada.

PRESENTACIÓN

La industria textil es al igual que la industria del papel una de las que consumen muy intensiva el agua en alguna parte del proceso. El agua se utiliza para limpiar las materias primas y posteriormente en otras etapas para eliminar los colorantes de las telas durante todo el proceso de producción, figura 1.

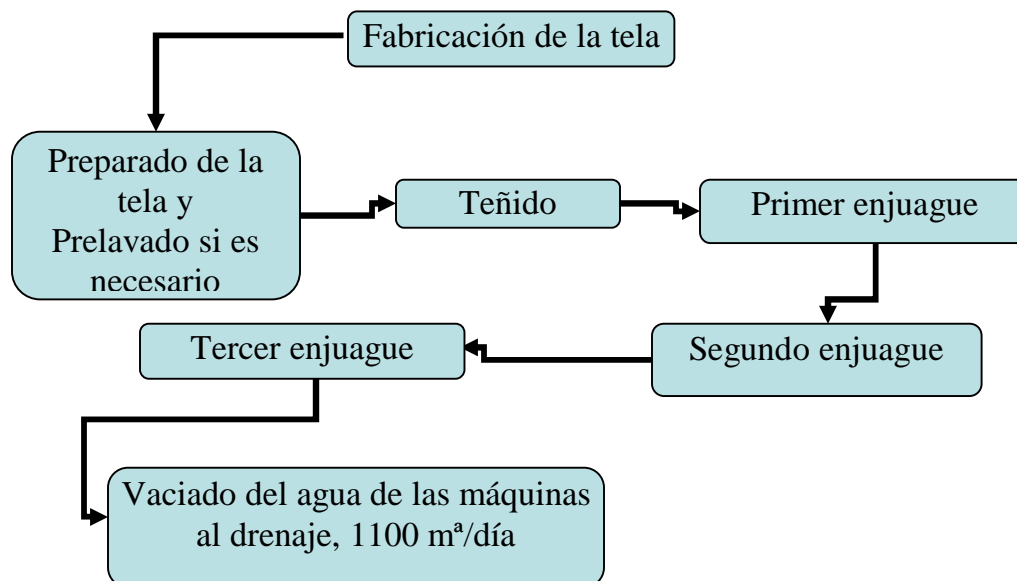


Figura 1. Actividad de la industria textil

El agua residual del proceso debe ser tratada para eliminar la grasa, colorantes y otros productos químicos, y con ello, cumplir la norma oficial 001-SEMARNAT. Además de que la empresa puede recuperar algunos materiales que se utilizan en las diferentes etapas de producción.

La empresa, de la cual se omite el nombre por cuestiones legales, tiene un consumo promedio de 1100 m³/día. El 95% del agua es utilizada en el área de teñido y el restante en los servicios sanitarios, esta cantidad está dentro del rango del consumo de agua con respecto a otras industrias textiles del mismo tamaño y de antemano no tiene comparación con las papeleras que tienen el consumo más alto de todas las industrias. Aproximadamente 30m³/t de pulpa con proceso

mecánico y por encima de 150 m³/t de pulpa con proceso químico. De hecho, el propósito de la empresa es tratar el agua para disminuir el consumo utilizado de agua potable y ahorrar por cada m³ de agua tratada y reciclada \$20.00 MN.

El agua que utiliza la empresa proviene de dos fuentes de abastecimiento, la primera de la red hidráulica y la segunda de la compra de pipas de agua potable, esto provoca un impacto económico en la producción debido a que eleva el costo de producción; aunado a esto, el efluente que se descargaba al río de los Remedios no cumplía en algunos parámetros de la norma oficial mexicana vigente NOM-001-SEMARNAT; entre ellos se cuentan: color, sólidos disueltos, DBO, y pH. Por ello, la empresa aprovecho el momento para cumplir con la normatividad y al mismo tiempo mejorar el proceso y su economía, dando como resultado la necesidad de implementar la construcción de una "planta de tratamiento de agua residual con un sistema que reutilizara el agua tratada".

Esta empresa solicitó los servicios de una consultora que se dedica al diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales con el objetivo de recuperar el 30% del agua residual tratada de los 1100 m³/día utilizados en el proceso de teñido y posteriormente aumentar su eficiencia hasta un 60%. Considerando al mismo tiempo cumplir con la normatividad vigente.

A pesar de tener establecido el objetivo del proyecto, fue necesario hacer una visita a la empresa para identificar y clasificar las áreas de producción detectándose las siguientes:

- Tratamiento de la materia prima
- Elaboración de la tela en sus diferentes tipos: algodón, poliéster, y mezclas principalmente.
- Teñido de la tela.
- Acabado de la tela
- Empaquetado y distribución.

También fue importante determinar el tipo de productos químicos empleados y el tipo de agua residual generada para proponer el sistema de tratamiento adecuado a las características de la empresa. De esta manera, el reporte de esta tesis está encaminada a presentar un panorama general de lo que realiza el ingeniero químico dentro del tratamiento de aguas residuales de una empresa textil. El presente trabajo realiza la descripción del proceso textil y la propuesta de tratamiento de agua. El proyecto consideró el montaje, arranque y operación de una Planta de Tratamiento de Agua Residual con tratamiento terciario para la recuperación y reutilización del agua tratada en el proceso de teñido. El reporte servirá al estudiante de la carrera de Ingeniería Química a considerar la importancia del tratamiento de agua de proceso y su contribución al ahorro del agua a través de la reutilización de este vital líquido.

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA TEXTIL

El agua es una sustancia que la industria textiles rivera emplea en grandes cantidades, alrededor de 1100 m³ por día. Las fuentes de abastecimiento son mediante pozo y camiones cisterna. Cualquiera que sea la fuente de abastecimiento siempre contendrá impurezas, debido a que no hay agua natural que sea químicamente pura; por lo que antes de ser utilizada deberá ser tratada o acondicionada para minimizar el desperdicio de la misma. Las impurezas del agua pueden variar dependiendo del uso destinado y del origen de su fuente de abastecimiento. Para la industria textil el agua de proceso deberá cumplir con características físicas, químicas y biológicas no tan especiales, solo requiere eliminación de cloro antes de utilizarla en el teñido y el acondicionamiento necesario para los generadores de vapor.

Antes de proceder a una descripción para tratar el agua residual obtenida del proceso de teñido es necesario realizar la caracterización del agua el cual va a establecer el tipo de tratamiento utilizado para su recuperación, reutilización y depuración del agua residual generada por la empresa textil. Las tablas siguiente muestran los parámetros físicos, químicos, biológicos y sus características principales que deben de eliminarse para evitar que afecten al proceso de teñido, además se establecen los límites máximos permisibles (L.M.P.) marcados por la NOM-001-SEMARNAT.

Las tablas mostradas tienen como fin marcar algo muy importante, que es cumplir con la norma oficial mexicana, pero además de esto poder generar una cultura del agua que satisfaga las necesidades de las empresas y la de las comunidades, es por ello que es importante que se avance y se utilice la tecnología de punta en la recuperación del agua residual del proceso de teñido y enjuague.

TABLA 1. Parámetros físicos más importantes a considerar, para poner más énfasis en su tratamiento y depuración.

PARÁMETROS FÍSICOS			
PARÁMETRO	CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES A CONSIDERAR PARA SU ELIMINACION EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA.	CONDICIONES DE PROCESO <i>Textiles Riviera</i>	L.M.P ESTABLECIDO POR LA NOM-001-SEMARNAT
Temperatura	Este parámetro afecta las condiciones de operación de la planta de tratamiento, sobre todo en lo que respecta a la vida biológica.	Salida de 50-60 °C	40 °C
Color	El color es un parámetro que afecta la apariencia del agua pero sobretodo afecta su reutilización en el proceso de teñido en colores claros.	Salida de proceso de 1800 a 2400 unidades en la escala Pt/Co	No es aplicable, por la norma pero si en el proceso de reutilización.
Turbidez	Este parámetro es importante porque depende directamente de los sólidos presentes en el efluente y este provocaría incrustación y obstrucción.	Debido a las altas concentraciones de productos químicos presentes en el efluente, necesarios por el proceso de teñido.	No es aplicable.
Conductividad y resistividad	Este parámetro viene a la par con la turbidez y la presencia de sólidos disueltos en el agua.	Este parámetro no tiene un límite establecido pero depende directamente de los sólidos presentes.	No es aplicable.

TABLA 2. Parámetros químicos más importantes para la depuración del agua residual obtenida del proceso de teñido y enjuague de las telas

PARÁMETROS QUÍMICOS			
PARÁMETRO	CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES A CONSIDERAR PARA SU ELIMINACION EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA.	CONDICIONES DE PROCESO <i>Textiles Riviera</i>	L.M.P ESTABLECIDO POR LA NOM-001-SEMARNAT
pH	Este parámetro afecta las condiciones de acides o basicidad en ríos, lagos y lagunas en su actividad biológica y también en las plantas de tratamiento del tipo biológicas.	El rango de pH a la descarga del proceso es de 5.5 a 10.0	El límite máximo permisible establecido por la norma es de 6.5-8.5
Sólidos disueltos	La presencia de sólidos disueltos en exceso puede provocar incrustación, espuma, arrastre.	Se presentan en el efluente y varía su concentración de acuerdo a los productos químicos presentes.	No es aplicable.
Sólidos en suspensión	Son sólidos que son retenidos por filtración y si no se realiza esta operación la presencia de estos puede provocar al igual que los sólidos disueltos incrustación, arrastre, y espuma en tuberías y líneas de proceso.	El rango de salida en el proceso de teñido es de 100-300 mg/l	El límite máximo permisible es de 150-200 mg/l
Sólidos sedimentables	Los sólidos sedimentables son un problema en las descargas de agua residual y de proceso ya que pueden obstruir las líneas de conducción.	Los sólidos sedimentables que aparecen en el efluentes de 2 a 10 ml/l	El L.M.P es de 1-2 ml/l
Sólidos totales	Son la suma de todos los sólidos en suspensión y sedimentables que afectan las líneas de conducción.	El rango en el efluente de salida es de 100-200 mg/l	El límite máximo permisible es de 150-200 mg/l
Cloruros	Este componente afecta las líneas de conducción por incrustación. También afecta en el proceso de teñido.	Salida en la descarga es de 500 mg/l	No es aplicable. Pero necesario para controlar

Sulfatos	Provoca incrustación, desgaste y obstrucción en las líneas de proceso y daña los equipos.	El rango de salida del efluente es de 1000-1500 mg/l	Solo es aplicable en uso industrial
Nitrógeno y Nitratos.	Es un componente que se presenta en el agua y forma parte de los nutrientes de la biomasa no afecta directamente el proceso de teñido si se controla sobretodo en la formación de microorganismos.	La salida en el efluente es de 2.5 mg/l	El L. M. P es de 40-80 mg/l
Fosfatos	El fosfato al igual que el nitrógeno es muy soluble y sirve también como nutriente para la biomasa.	El rango de salida del efluente es de 30-40 mg/l	El L. M. P. es de 20-30 mg/l
Sales de sodio y potasio. Calcio y magnesio.	Estas sales provocan depósitos en las líneas de proceso y obstrucción, además contribuyen a la dureza del agua e incrustaciones en las líneas de proceso.	No se marca un rango específico.	Solo es aplicable en uso de agua industrial
Hierro y Manganeso.	El hierro es un inconveniente en el agua potable y en los procesos industriales, ya que generan depósitos y provocan daños en el teñido de telas.	No hay presencia representativa en la descarga	L.M.P 0.5 ppm
Metales tóxicos	Los más comunes son el cianuro, arsénico, cadmio, plomo, cromo bario, cobre, mercurio, níquel y el selenio. Todos ellos deben ser estrictamente controlados en el origen de la contaminación. Es importante controlar su generación ya que son elementos que afectan la operación adecuada de una planta biológica.	El rango de salida del efluente de proceso es variable y en ocasiones es nula e indetectable.	El L.M.P de los metales tóxicos es: Plomo 05-1 mg/l Níquel 2-4 mg/l Mercurio 0.01-0.02 mg/l Cromo 1-1.5 mg/l Cobre 4.0-6.0 mg/l Cianuro 1-2 mg/l Arsénico .1-.2 mg/l
Dióxido de carbono.	Es un factor importante en lo que se refiere a calderas y líneas de vapor.	No hay presencia.	No es aplicable.
Metano.	El gas es generado por descomposición biológica de la materia orgánica presente en el agua y es muy tóxico.	No hay presencia.	No es aplicable.
Oxígeno.	Es un elemento vital en los microorganismos pero muy corrosivo en líneas de proceso, además de tener que ser regulado como oxígeno disuelto para las plantas de tratamiento.		No es aplicable.

TABLA 3 Parámetros biológicos a considerar para cumplir con la NORMA-001- SEMARNAT

PARÁMETROS BIOLÓGICOS			
PARÁMETRO	CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES A CONSIDERAR PARA SU ELIMINACIÓN EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA.	CONDICIONES DE PROCESO <i>Textiles Riviera</i>	L.M.P ESTABLECIDO POR LA NOM-001-SEMARNAT
Demanda bioquímica de oxígeno D.B.O	Mide la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua, mediante procesos biológicos aerobios. En general se refiere al oxígeno consumido en 5 días (DBO ₅) y se mide en ppm de O ₂ .	En la descarga es aproximadamente de 600-900 ppm	El límite máximo permisible que establece la norma oficial es de 150-200 mg/l
Demanda química de oxígeno D.Q.O	Es un parámetro que mide la oxidación de algunas materias orgánicas oxidables por un proceso fisicoquímico y algunos elementos inorgánicos.	En la descarga de aguas residuales el promedio es de 2000-2500 ppm	No es marcado como límite ya que se relaciona directamente con la D.B.O.

MÉTODO

Antes de poder decidir sobre qué tratamiento emplear, los especialistas en el área necesitan tener suficiente información acerca de las calidades del agua disponible, calidad requerida en el proceso y calidad del agua para su reutilización, un inventario de efluentes, con sus caudales instantáneos y medios. No es suficiente partir de los consumos de agua, especialmente si parte es absorbida por los procesos de fabricación o hay pérdidas por evaporación. Posteriormente hacer uso indudablemente de la norma que rige los límites máximos permisibles NOM-001-SEMARNAT para considerar los parámetros que debe de cumplir el sistema de tratamiento y naturalmente obtener la misma calidad del agua potable que se utiliza a la entrada del proceso.

Para realizar la recolección de los datos necesarios en la selección del proceso, es indispensable primero llevar acabo la identificación, y reducción de puntos críticos que contribuyen a la contaminación de las aguas residuales por medios externos, como sería la eliminación de partículas de gran tamaño o basura que provocaría un aumento en el material flotante, esto se lleva ubicando los puntos como son drenajes abiertos por lo que se sugiere eliminarlas realizando la colocación de rejillas en las descargas de las máquinas a los drenajes, los cuales reciben los efluentes del proceso de teñido y se dirigen al tanque de acumulación, de esta manera se homogeniza el agua.

Posteriormente se realiza el muestreo necesario recomendado en la NOM-001-SEMARNAT que depende del tiempo de trabajo de la fábrica, y así obtener la muestra compuesta necesaria para su análisis por parte del laboratorio o contratar una empresa que los realice para poder determinar las concentraciones de cada parámetro, indispensable en el tratamiento del agua residual.

Aunado al alto costo en los consumos de agua en la producción y el costo derivado de los vertidos de aguas residuales han orientado a las empresas a optimizar

muchos de los procesos industriales que requieren no solo de un sistema de tratamiento de agua para disminuirlos sino también para reutilizarla.

Una depuración suficiente puede significar la reutilización de importantes volúmenes de agua y el correspondiente ahorro en el consumo, sin embargo una mala elección en el tren de tratamiento llevaría a una derrama económica innecesaria y perjudicial. Ya que los costos en el consumo de agua potable para el proceso varía de los \$30.00 a los \$35.00 pesos por metro cúbico y a la escasez de agua potable que obliga a la adquisición de carros-tanque que tienen un costo de \$350.00 a \$450.00 pesos por 20 metros cúbicos de agua, provocan que esta empresa requiera de un consumo de 50 a 60 pipas por día. Este es un punto importante para implementar un sistema de tratamiento con el objetivo final de reducir el costo por metro cúbico proyectado a \$10.00 pesos y la reducción de aproximadamente un 65 % en el consumo de pipas, esto hace hincapié de lo importante que es la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en cualquier empresa de cualquier ramo.

De las primeras operaciones que son indispensables en una planta de tratamiento es la homogenización en las descargas residuales, esta es indispensable para alcanzar un proceso estable y poder realizar un análisis representativo.

Al igual que la homogenización, la neutralización química de efluentes es un tratamiento necesario en la mayoría de las industrias, y a veces el único. La selección del tratamiento suele requerir ensayos previos de laboratorio o simulación a nivel planta piloto ó haciendo uso de simuladores de proceso. Los ensayos fisicoquímicos son de relativa rapidez, pero los biológicos pueden requerir varios meses hasta obtener resultados factibles.

Para la depuración o tratamiento existen dos líneas fundamentales; el físico-químico y la biológica. El tratamiento físico-químico tiene un costo de reactivos elevados (aproximadamente de 3 a 5 dólares por kilogramo de polímero decolorante y de 2 a 4 dólares en coagulantes y floculantes), este método casi se descarta si se considera

el alto consumo de productos químicos; mientras que las depuraciones biológicas aerobias son grandes consumidoras de energía, que es utilizada principalmente en añadir el reactivo principal que es el oxígeno del aire. Estos dos tratamientos son costosos, sin embargo cada uno tiene un factor costo-beneficio ya que se pueden combinar y de esta manera reducir gastos en ambos y obtener el máximo rendimiento de la planta.

Las depuraciones biológicas por sistema anaerobio no sólo reducen el consumo energético, sino que pueden ser productoras netas de energía, pero necesitan inversiones elevadas y sólo actúan de forma estable sobre algunos sustratos orgánicos naturales. La depuración biológica tiene su campo de aplicación limitado a vertidos que contienen compuestos orgánicos. Para el resto de vertidos el único medio puede ser el tratamiento fisicoquímico que, frente a un elevado costo de reactivos puede requerir menores inversiones, además de que la puesta en marcha es rápida y permite ajustes de capacidad y operación intermitente.

En la selección del proceso adecuado para la planta de tratamiento de aguas residuales se hicieron análisis de los vertidos de la planta, por parte del personal del laboratorio de la empresa y de un laboratorio externo, basándose en la NOM-001-SEMARNAT que marca el tipo de muestras necesarias, la cantidad de éstas y su preparación debido a que la empresa textiles Riviera labora los 365 días del año.

De aquí se obtuvieron mezclas compuestas por los vertidos del proceso de teñido teniendo un volumen de 4 litros por muestra que se tomaba cada 4 horas, y que provienen de las mezclas de los enjuagues realizados por las máquinas. Estas dependen directamente del tipo de color utilizado, siendo éstos los que marcan la cantidad de agua necesaria para la eliminación del excedente de color.

A partir de los análisis se obtuvo la siguiente tabla de los parámetros mas importantes y necesarios para la selección del método de tratamiento.

TABLA A. –PARAMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DE LA DESCARGA DE MÁQUINAS DE TEÑIDO DE UNA MUESTRA COMPUESTA (PROMEDIO MENSUAL)

PARÁMETROS	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
TEMPERATURA °C	55	60	55	55	60
GRASAS Y ACEITES _(mg/l)	trazas	ausente	ausente	ausente	trazas
MATERIA FLOTANTE _(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
pH	9.5	9.5	8.9	10.5	10.0
D.B.O ₅ _(mg/l)	650	600	670	6640	600
D.Q.O _(mg/l)	2800	2500	2300	2700	2600
COLOR U Pt/Co	2500	2500	2000-	3000	4200
DETERGENTES _(mg/l)	20	25	25	22	23
CLORUROS _(mg/l)	500	450	500	550	550
NITRATOS _(mg/l)	2.5	2.5	2.0	2.6	2.3
SULFATOS _(mg/l)	1500	1300	1100	1000	1300
SULFITOS _(mg/l)	90	100	100	110	120
SÓLIDOS SEDIMENTABLES _(ml/l)	2.5	3.0	3.5	3.5	2.5
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES _(mg/l)	150	150	100	150	175
NITRÓGENO TOTAL _(mg/l)	Restos	Restos	Restos	Restos	Restos
FÓSFORO TOTAL _(mg/l)	20	18	17	26	21
ARSÉNICO _(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
CADMIO _(mg/l)	0.01	0.04	0.01	0.05	0.01
CIANUROS _(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
COBRE _(mg/l)	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
CROMO _(mg/l)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
PLOMO _(mg/l)	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
ZINC _(mg/l)	trazas	trazas	trazas	trazas	trazas
MERCURIO _(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
NIQUEL _(mg/l)	trazas	trazas	trazas	trazas	trazas

El flujo de operación promedio de la fábrica es:

- CAUDAL MÁXIMO DIARIO 1100 m³/d
- CAUDAL MEDIO HORA 45.8 m³/h

Los datos mostrados en la "Tabla A" y el flujo se obtuvo por aforos que fueron determinados bajo una medición y de análisis de laboratorio durante cinco meses, en los cuales se determinaron las concentraciones promedio y en algunos de los casos sólo el rango en los que se encontraban los parámetros. Todos éstos datos son indispensables para la selección del tren de tratamiento que ayudaran a obtener

la calidad de agua cumpliendo la norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT y por consiguiente su reutilización.

Con los datos obtenidos de los análisis de laboratorio se realizó la selección de las operaciones unitarias adecuadas para llevar a cabo la depuración del agua residual, realizando así simulaciones y utilizando dos plantas piloto para observar la depuración del agua residual, la primera de ellas del tipo físico-químico y la otra del tipo biológico, ambos procesos se describen a continuación.

PLANTA PILOTO TIPO FÍSICO-QUÍMICO.- En esta planta se realizó primero la homogenización de los vertidos de las máquinas de teñido, tomando una muestra representativa de 40 litros y posteriormente se realiza una neutralización adicionando ácido sulfúrico o ácido fosfórico, para reducir el pH y de esta manera mantenerlo en un rango de entre 6.5 a 8.5 que son los límites establecidos por la NOM-001-SEMARNAT, posteriormente se realiza una coagulación-floculación con polímero decolorante, seguido de una sedimentación con decantación y de aquí llega a un filtro de antracita, eliminándose los sólidos suspendidos y con esto obtener el agua tratada con una eficiencia total del 39%. Partiendo de los parámetros mencionados en la tabla A, esto implica que los resultados obtenidos no satisfacen la depuración requerida, en primera por la norma oficial mexicana, pero además el color obtenido en el efluente no cumplía con las expectativas de reuso por su valor tan elevado de 1900 U Pt/Co teniendo como referencia 20 UPt/Co del agua potable.

PLANTA PILOTO TIPO BIOLÓGICA.- En esta planta las muestras se tomaban de la misma manera que la anterior y al igual que en la planta físico-química se realizaba una homogenización y una neutralización con ácido sulfúrico o fosfórico siendo preferentemente el segundo el que se utilizó para llevar a un pH entre un rango de 6.5 a 8.5. Además de neutralizar la mezcla se adicionaba fósforo como nutriente biológico, esto es necesario ya que las condiciones óptimas de operación de una planta biológica dependen de parámetros como el pH, temperatura, nutrientes y oxígeno que mantienen un crecimiento óptimo de la biomasa depuradora, posteriormente se hace pasar el agua por un reactor anaerobio para llevar a cabo la

primera depuración biológica, y así continuar su paso a través de un segundo reactor aerobio de lodos activados. Al salir del segundo reactor el agua se envía a un tanque de contacto donde se agrega un polímero decolorante, realizando así una coagulación-floculación y pasar a un sedimentador secundario que cuenta con dos líneas, una de recirculación de lodos y otra dirigida a un filtro de antracita, donde se recibe el efluente final el cual llega a tener un grado de depuración del 65 al 75% comparado con el físico-químico. Esta variación es de acuerdo al control de las condiciones de operación. De este proceso se obtuvo una mejora considerable en la eliminación de color y un punto a favor para su selección.

Toda la construcción y operación de las plantas piloto se realizó en alrededor de 9 meses por personal de la fábrica, con el tiempo necesario para una observación interna del proceso que se iba a implantar por parte de la empresa contratada, las plantas sufrían modificaciones constantes debido a la inestabilidad de las condiciones de operación, siendo así el retraso en los resultados de las plantas, lo cual llevo a la conclusión importante para la selección del tren de tratamiento, en donde se observo que era necesario realizar una combinación de la parte físico-químico y la biológica, no siendo necesaria la inclusión de la parte anaerobia sobretodo por la magnitud de espacio requerido, pero si modificando el tipo de reactor biológico ya que este incluiría relleno plástico para aumentar el área y el volumen de contacto.

De aquí se generó la selección del proceso adecuado para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales al servicio de la empresa.

EVALUACION DEL PROCESO

La planta de tratamiento y reutilización de aguas residuales que se seleccionó y construyó está al servicio de la industria textil ubicada en la ciudad de México. Las aguas residuales provienen esencialmente de las máquinas de teñido y de los productos utilizados en el tinte, lavado y blanqueado de los tejidos elaborados. Los datos del proyecto y los resultados provistos por el ciclo depurativo se resumen en las siguientes tablas B y C donde se plasman las condiciones máximas de operación de las plantas piloto y que al trabajar con ellas arrojaron los siguientes datos:

TABLA B- TABLA DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DE LA PLANTA FÍSICO-QUÍMICO (PROMEDIO MENSUAL)

PARÁMETROS	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
TEMPERATURA °C	28	25	25	20	25
GRASAS Y ACEITES _(mg/l)	Ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
MATERIA FLOTANTE _(mg/l)	Ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
pH	8.0	8.5	8.3	8.2	8.6
D.B.O ₅ _(mg/l)	410	450	490	510	440
D.Q.O _(mg/l)	1900	1800	1950	1500	1700
COLOR _{U Pt/Co}	1400	1500	1500	1800	1500
DETERGENTES _(mg/l)	12	12	15	11	13
CLORUROS _(mg/l)	500	450	500	550	550
NITRATOS _(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
SULFATOS _(mg/l)	800	900	700	800	900
SULFITOS _(mg/l)	50	58	59	75	65
SÓLIDOS SEDIMENTABLES _(ml/l)	0.8	0.4	0.4	1	0.8
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES _(mg/l)	110	120	90	100	120
NITRÓGENO TOTAL _(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
FOSFORO TOTAL _(mg/l)	30	35	30	35	25
ARSÉNICO _(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
CADMIO _(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
CIANUROS _(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
COBRE _(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
CROMO _(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
PLOMO _(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
ZINC _(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
MERCURIO _(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
NIQUEL _(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente

**TABLA C.- TABLA DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DE LA PLANTA
PILOTO TIPO BIOLÓGICA (PROMEDIO MENSUAL)**

PARÁMETROS	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
TEMPERATURA °C	30	30	35	30	30
GRASAS Y ACEITES(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
MATERIA FLOTANTE(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
pH	7.8	8.2	8.2	8.3	8.2
D.B.O ₅ (mg/l)	250	260	260	250	240
D.Q.O (mg/l)	1100	1400	1500	1300	1400
COLOR U Pt/Co	450	300	320	200	180
DETERGENTES(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
CLORUROS(mg/l)	500	500	500	500	500
NITRATOS(mg/l)	2.5	2.5	2.0	2.6	2.3
SULFATOS(mg/l)	800	900	700	800	900
SULFITOS(mg/l)	50	58	59	75	65
SÓLIDOS SEDIMENTABLES(ml/l)	0.8	0.4	0.4	1	0.8
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES(mg/l)	110	120	90	100	120
NITRÓGENO TOTAL(mg/l)	25	30	30	30	30
FOSFORO TOTAL (mg/l)	30	35	30	35	25
ARSENICO(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
CADMIO(mg/l)	trazas	trazas	trazas	trazas	trazas
CIANUROS(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
COBRE(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
CROMO(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
PLOMO(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
ZINC(mg/l)	trazas	trazas	trazas	trazas	trazas
MERCURIO(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
NIQUEL(mg/l)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente

De los parámetros obtenidos de las plantas piloto y los cálculos realizados en un simulador de proceso, se elige la selección del proceso adecuado para el tratamiento del agua residual, por lo que la empresa contratada basándose en estos datos realizó el proyecto de construcción de la planta de tratamiento de agua residual que cumplirá con la norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT y la NOM-004-SEMARNAT con respecto a los lodos generados por la planta. Además de que se recuperaría parte del efluente en una proporción del 30 al 60% en un crecimiento gradual de recuperación.

De aquí surge la propuesta de tratamiento y los datos con los parámetros de *entrada-salida*, establecidos son los siguientes:

TABLA D.- PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETROS	UNIDAD MEDIDA	ENTRADA PLANTA	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO
pH	-	6.5 – 10	6.5 -7.5
Temperatura	°C	35-65	< 35
D.Q.O.	mg/l	1800	< 200
D.B.O. ₅	mg/l	800	< 40
TKN	mg/l	Restos	4 – 8
P total	mg/l	20	3 – 5
Sólidos suspendidos	mg/l	150	30 – 50
Sólidos sedimentables	ml/l	2.5	Restos
Detergentes	mg/l	25	1 – 2
Cloruros	mg/l	500	100
Nitratos	mg/l	2.5	trazas-
Sulfitos	mg/l	50 – 120	trazas-
Sulfatos	mg/l	800 – 1500	200-400
Aceites y grasas	mg/l	< 40	< 5
Color	U Pt / Co	2500-4000	80-40
Metales pesados	mg/l	ausencia	ausencia

También se presentó y generó un diagrama de flujo presentado en la siguiente página con las operaciones unitarias indispensables.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y DE RECUPERACION
 SMIETERS RINIERA S.A DE C.V

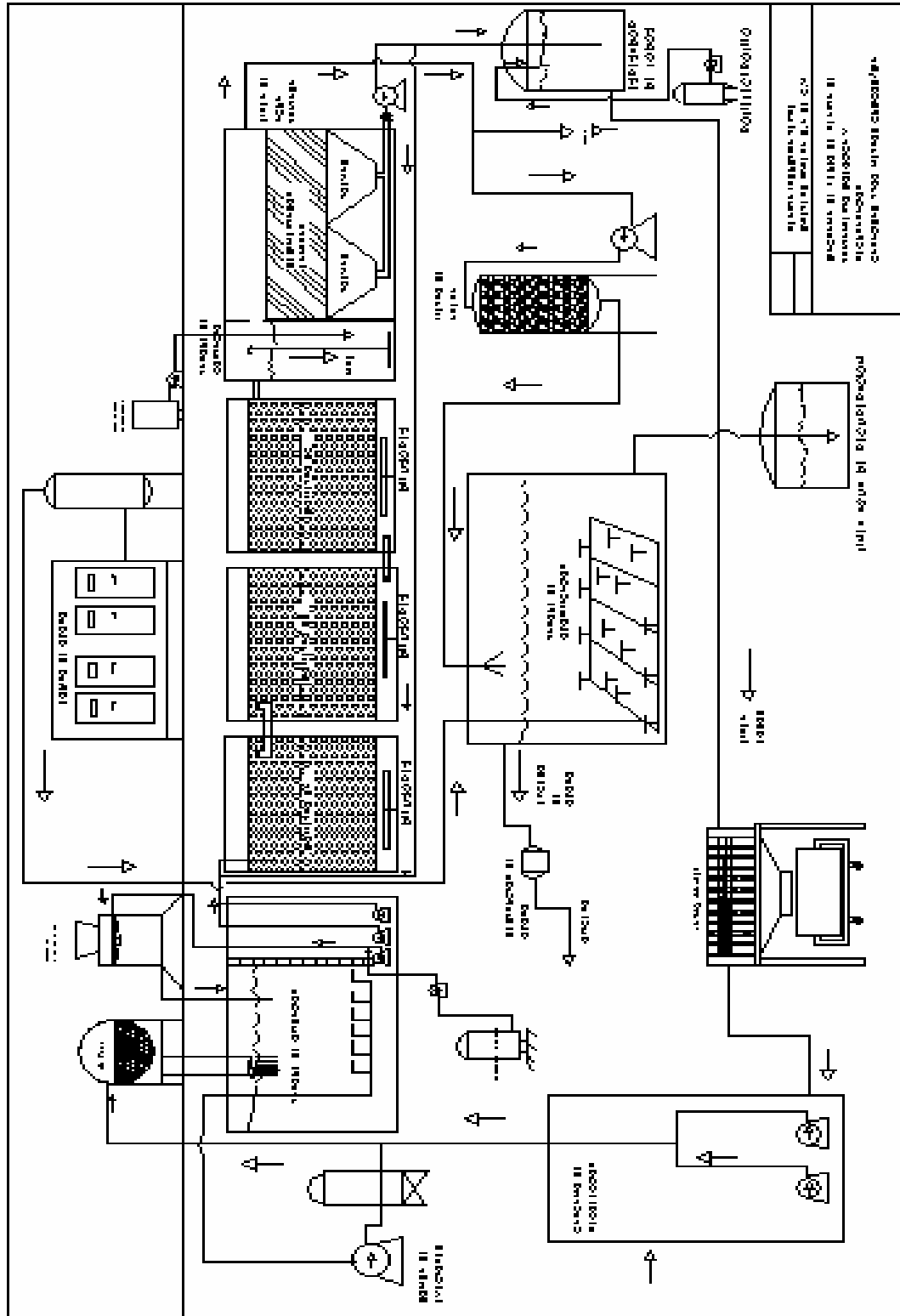
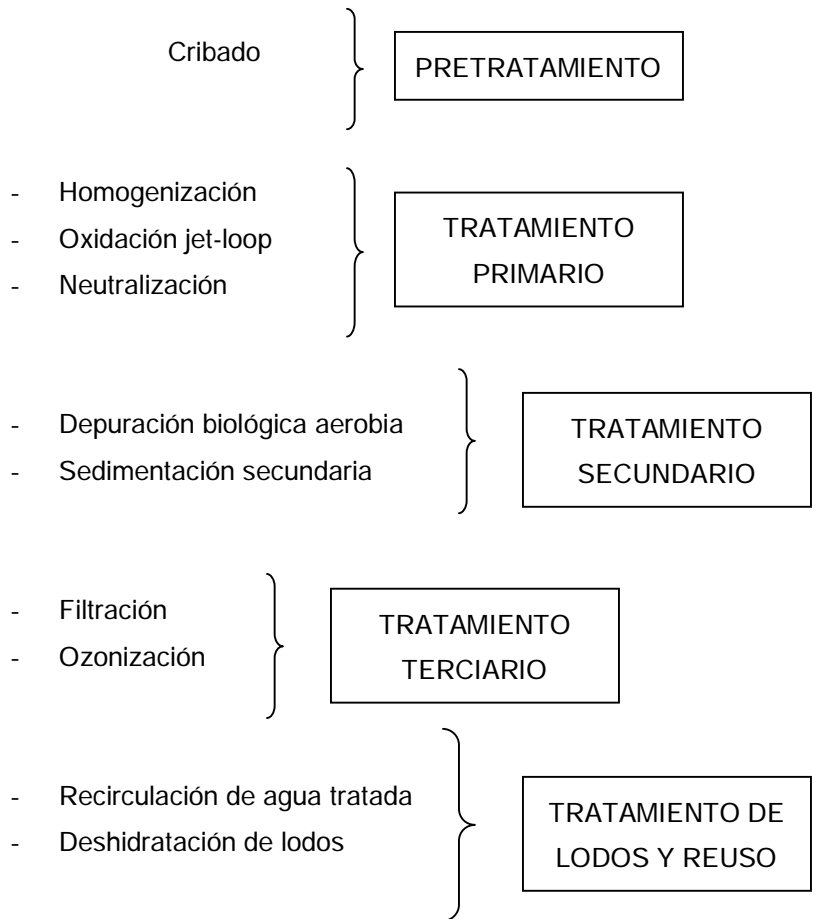


Diagrama de proceso del tren de tratamiento

El diagrama de flujo presenta las siguientes operaciones unitarias:



Las operaciones unitarias mencionadas anteriormente fueron seleccionadas a partir de los resultados de laboratorio contenido en las tablas, por lo que se propone un sistema de tratamiento de aguas residuales combinando la parte fisicoquímica y biológica de la cual se obtendrá el 60% de recuperación de agua residual para su reutilización en los procesos de enjuague y teñido de telas, esto implica que alrededor de 660 m³ son reciclados y utilizados en el área de proceso, y el consumo de la red hidráulica sería nulo, las pipas de abastecimiento se reducirían a un 60% del cual se buscaría su eliminación total por medio de alguna otra opción como agua residual municipal tratada. Cabe mencionar que en la Tabla D se anexa una columna de los parámetros esperados después del tratamiento aplicado al agua residual y que cumple con la normatividad de las leyes mexicanas NOM-001-SEMARNAT además de su reutilización al proceso.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO SELECCIONADO

De acuerdo a la propuesta mencionada en la página anterior, se obtiene el diseño, por lo que se procede a la construcción, montaje y arranque de la planta de tratamiento de aguas residuales con sistema de recuperación. Las siguientes características finales establecidas enseguida, están basadas en los análisis de laboratorio y las pruebas en planta piloto del cual se derivó la construcción de esta.

En esta parte del reporte se describe las etapas de tratamiento con sus operaciones unitarias, los equipos utilizados, sus dimensiones, y algunas fotos de equipos de tratamiento.

1. Etapas de tratamiento.

El proceso de tratamiento de aguas residuales está conformado por cuatro etapas de tratamiento para poder obtener agua residual de calidad suficiente para poder ser usada en el proceso de teñido. En la etapa de pretratamiento se llevan a cabo las operaciones unitarias de eliminación de material flotante de gran tamaño por medio de rejillas y posteriormente de cribado por una rejilla de cepillos para material con tamaño superior de 2 mm el cual asegura que no exista material flotante.

En la segunda etapa se lleva a cabo la homogenización y la oxidación del agua con la batería de eyectores, enfriamiento del agua residual y posteriormente una neutralización.

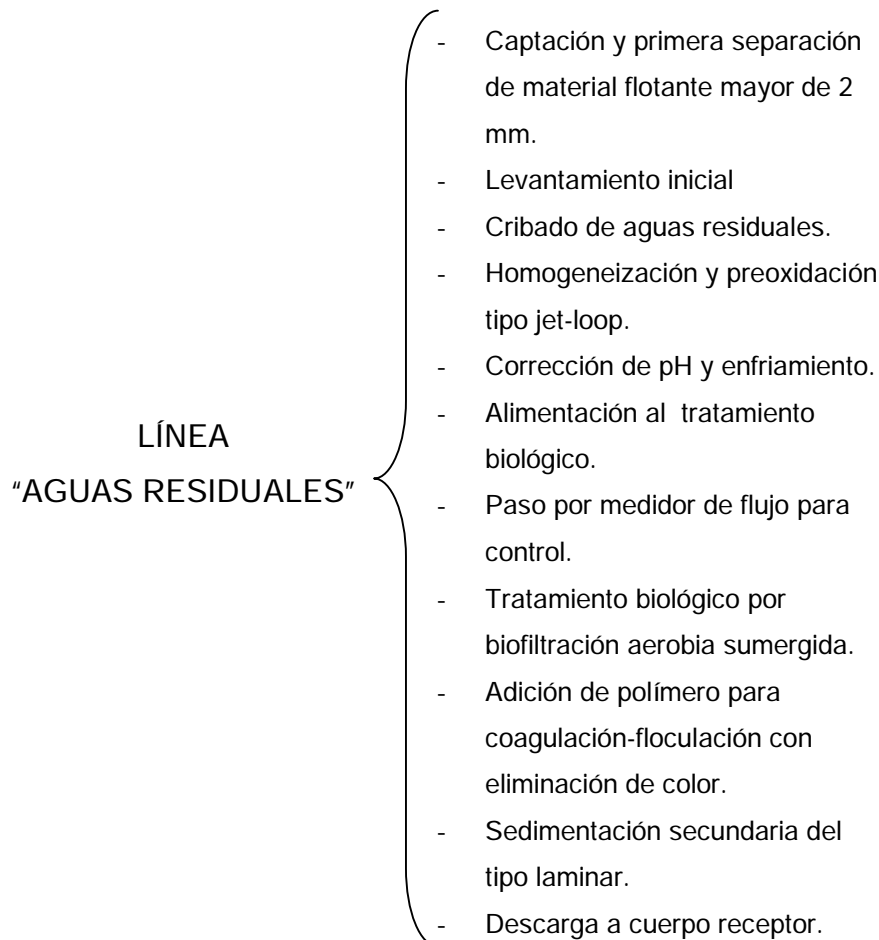
En el tratamiento secundario se presentan tres biofiltros con aireación sumergida. En la etapa biológica se adicionan los nutrientes y se acompaña con una sedimentación secundaria del tipo laminar. En el tratamiento terciario se lleva a cabo la eliminación de sólidos suspendidos por medio de un filtro rápido de antracita y posteriormente una decoloración del agua residual con aplicación de ozono para su posterior reutilización. En lo que respecta al lodo que se genera, se lleva a cabo el proceso de

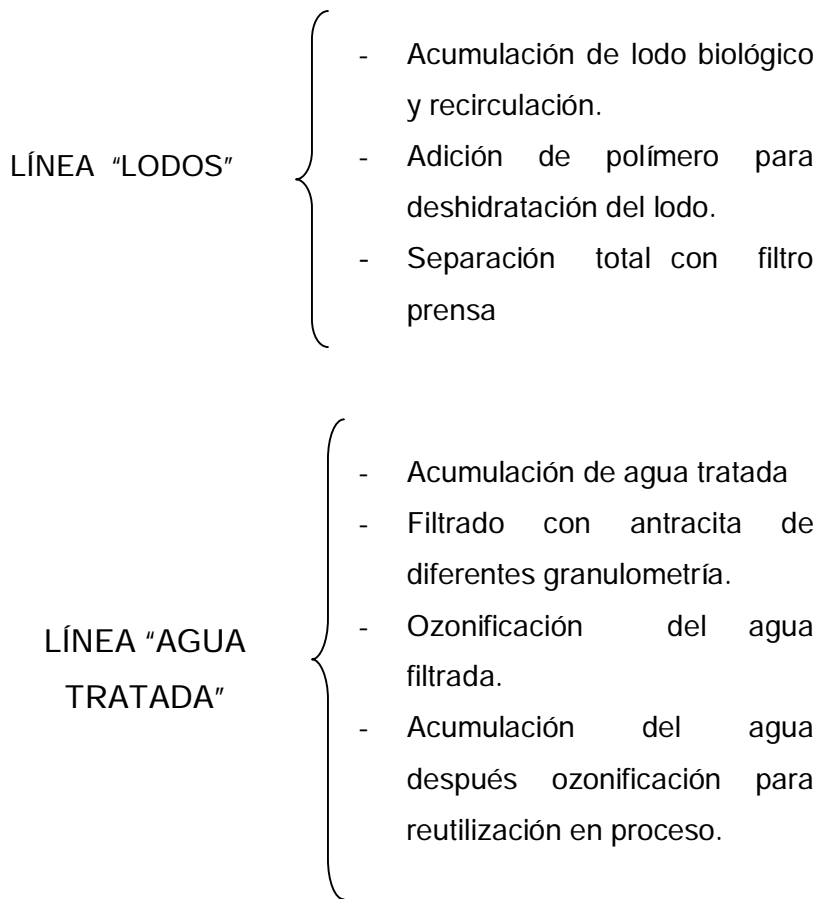
deshidratación adicionando polímero, para luego realizar su separación final pasándolo por un filtro prensa y obtener un lodo con buena consistencia para su desecho.

2. Descripción de la planta, del ciclo de tratamiento y de la maquinaria

El agua se caracteriza por una importante carga orgánica y una DBO de 600-900 mg/l debido a los productos utilizados en la tintura y el acabado de tejidos de algodón y de mezclas con fibras sintéticas, la planta de depuración se basa en la tecnología de tratamiento biológico de biofiltración aerobia sumergida.

La misma se desarrolla en las siguientes tres fases, cada una se describirá brevemente.





a) LÍNEA AGUAS RESIDUALES

Levantamiento inicial

Las descargas de agua residual provenientes de las maquinas de teñido se conducen por dos líneas principales, una llamada "FONTANET" y la otra "MONFORD", llamadas así por ubicarse a un costado de las maquinas de empaquetado y acabado. Estas líneas pasan por rejillas que cuentan con una separación de 20 a 30 mm para posteriormente llegar al tanque de acumulación de donde se enviara a la rejilla de cepillos que cuenta con perforaciones de 2 mm de diámetro para eliminar los sólidos mas pequeños.

El tanque de acumulación tiene las siguientes dimensiones.

Ancho	2.5 m
Largo	2.5 m
Altura útil	2.5 m
Volumen útil	15 m ³

Este depósito está dotado de by-pass para la descarga de los líquidos directamente en el colector al río de los remedios en caso de emergencia. En el depósito están instaladas 2 bombas sumergibles, BS1 y BS2, cada una con las siguientes características:

Marca	FLYGT
Modelo	NP 3102 MT rotor 462
Caudal	46.8 m ³ /h
Altura de elevación	13.0 m
Potencia instalada	3.7 kw
Absorción nominal	11.2 A
Alimentación	220 V tres fases, 60 Hz
Conexión descarga	DN 100

Las bombas están provistas de:

- Pie de acoplamiento y tubo guía en acero inoxidable
- Cable de elevación en acero inoxidable
- Equipo de levantamiento.

Normalmente una bomba está en función y la otra de relevo. El arranque de las bombas están controlados por medio de electro niveles.

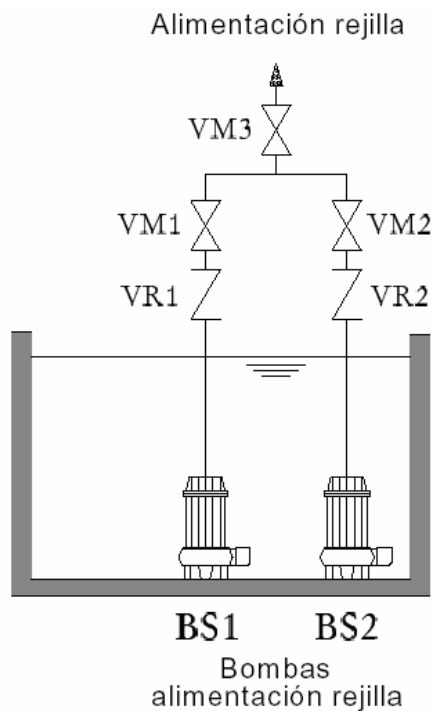


FIGURA 2. Bombas sumergibles

Cribado

Los líquidos antes de llegar a la planta se someten a un tratamiento mecánico de criba para quitar todos los sólidos suspendidos de tamaño superior a 2 mm. Dicha acción se lleva a cabo por medio de una rejilla de cepillos, RJ, en acero inoxidable colocada en el primer piso sobre el depósito del tanque de homogenización.

La rejilla tiene las siguientes características:

Marca	COSME
Modelo	RS 16
Luz de paso	2 mm, de forma redonda
Ancho	1650 mm
Largo	2400 mm
Potencia instalada	0.55 Kw.
Alimentación	220 V tres fases – 60 Hz
Material	AISI 304



FIGURA 3. REJILLA DE CEPILLOS

Homogenización y pretratamiento

La recolección de los caudales y la homogenización de las cargas contaminantes se efectúan en el tanque de acumulación ubicado bajo la rejilla, este tiene un volumen útil de 560 m³.

El nivel de líquido en dicho depósito es variable y la entrada de agua es constante para llevar a cabo la mezcla. El agua se mantiene en constante movimiento y oxidación gracias a una mezcla forzada con aire obtenida con 180 eyectores específicos, logrando simultáneamente una preoxidación del agua residual. Los eyectores están instalados en modo simétrico en el fondo del tanque, la mitad con el flujo dirigido paralelamente a la pared más larga y los otros en la dirección opuesta, creando así un movimiento giratorio de los fluidos y formando un toroide.

El tanque es de sección rectangular con las siguientes características:

Ancho	9.4	m
Largo	17.0	m
Altura útil	3.6	m
Volumen útil	560	m ³

Las aguas residuales pasan a través de un filtro cilíndrico que elimina los sólidos que lograron pasar a través de la rejilla y que de una manera evitan que los eyectores se tapen y dañen la bomba centrífuga horizontal, BE, situada a un costado del tanque. Posteriormente, las aguas son enviadas a presión a los eyectores, dotados de un pequeño orificio de alimentación y unidos a través de una tubería de plástico que están en contacto con el aire libre por encima del nivel máximo del líquido del tanque. Las características principales de la bomba centrífuga mono-estadio horizontal, BE son:

Marca	KSB
Modelo	ETANORM-G 100-400/280S
Caudal	200 m ³ /h
Altura de elevación	76 m
Potencia instalada	86 Kw.
Velocidad	1750 rpm
Alimentación	220 V tres fases – 60 Hz
Estanqueidad	mecánica
Diam. Succión	DN125
Diam. Descarga	DN100

La rampa de fondo es formada por un colector de distribución central (DN200/150/100) que cuenta con 13 brazos (DN65), con un total de 180 eyectores unidos singularmente con el exterior.

Material rampa	AISI 304
Material eyectores	Polipropileno/acero AISI 304

En la tubería de succión de la bomba se instala un filtro automático, FB, que impide que se obstruyan los pequeños orificios de los eyectores. El filtro dispone en su interior de un sistema de filtración, a través de una malla cilíndrica perforada que se limpia con cepillos giratorios.

Las características del filtro mecánico FB:

Modelo	Egli
Diámetro envolvente	750 mm
Diámetro canastilla	650 mm
Espacio	2 mm
Entrada	DN200
Salida	DN200

A través de la tubería de plástico se crea una succión de aire que se mezcla con el agua que pasan por un pequeño orificio del eyector, creando un efecto de cavitación.

La cavitación produce micro burbujas de aire que provocan una fuerte oxigenación y una depuración físico-químico mediante la oxidación de las sustancias orgánicas contenidas en el agua, (fig. 4).

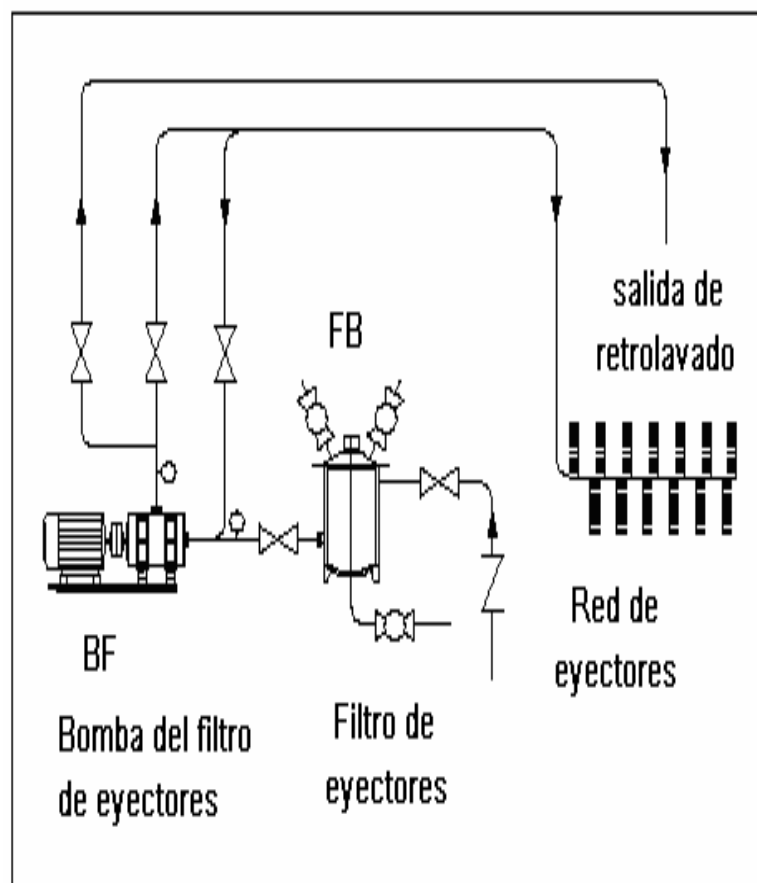


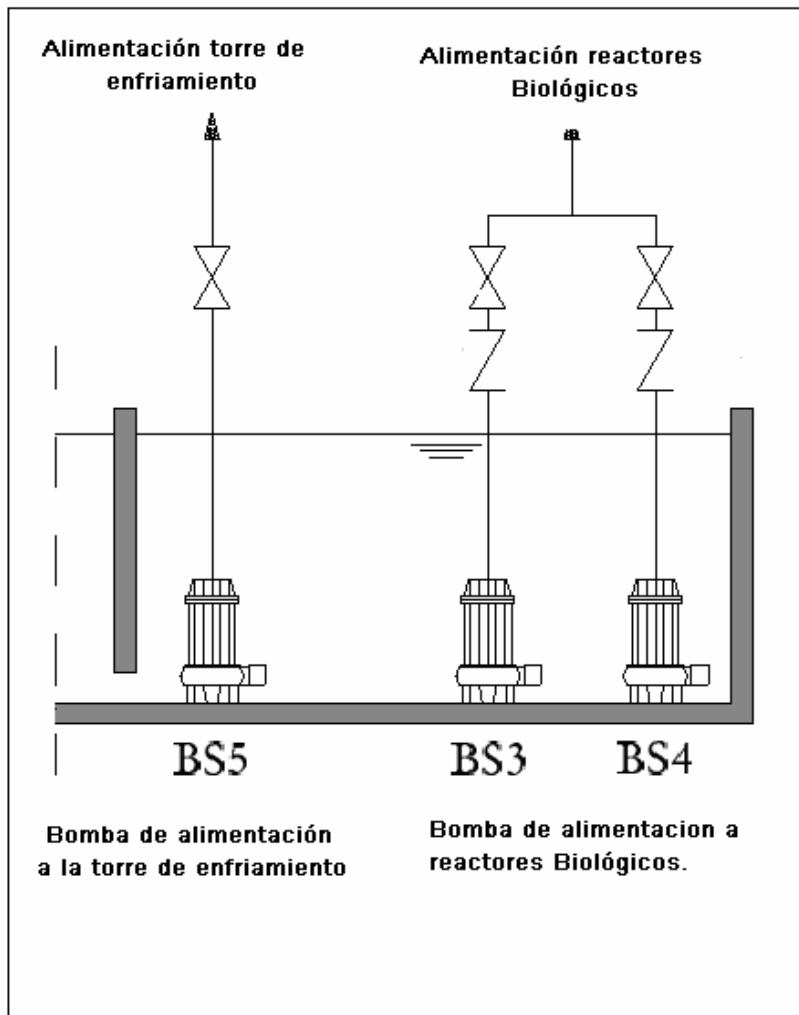
FIGURA 4

Corrección de pH y levantamiento del tratamiento biológico

Desde el tanque de de homogenización, los fluidos, antes de ser sometidos al tratamiento biológico, entran a un tanque de neutralización (tanque nº 4) en el que se dosifica ácido sulfúrico por medio de una bomba. Las características son:

Dimensión del tanque n° 4:

Ancho	1.6 m
Largo	1.6 m
Altura útil	3.6 m



En el tanque n° 4 se encuentran las bombas sumergidas BS3 y BS4 (una de relevo), que envían el agua al tratamiento biológico a flujo constante (fig. 5).

Normalmente una bomba está en función y la otra está de relevo. La regulación de la dosis se realiza a través de una sonda de pH que se encuentra conectada con la bomba dosificadora.

FIGURA 5

La mezcla se obtiene mediante inyección de aire de una tubería conectada a la de la línea de alimentación de aire al biológico. Las bombas sumergibles BS3 Y BS4, cada una con las siguientes características:

Marca	FLYGT
Modelo	NP 3085 MT rotor 462

Caudal	43.2	m ³ /h
Altura de elevación	6.0	m
Potencia instalada	2.2	Kw.
Absorción nominal	7.4	A
Alimentación	220 V tres fases, 60 Hz	
Conexión descarga	DN 80	
Provista de:	<ul style="list-style-type: none"> -Pie de acoplamiento y tubo guía en acero inoxidable - Equipo de levantamiento. 	

En la tubería de envío al tratamiento biológico está instalado un *medidor de flujo*, tipo magnético, de ejecución compacta con las siguientes características.

Marca	DANFOSS
Convertidor de señal:	Mod.MAG 5000 para montaje sobre el medidor
Salida	0/4 – 20 ma.
Detector rebordeado:	Mod. MAG 3100 W
Diámetro	DN 80
Eléctrico	AISI 316 Ti

A través de las válvulas de regulación situadas en las tuberías de envío de las bombas es posible regular el flujo enviado al tratamiento biológico. La sonda de pH, esta instalada en una derivación de la línea de envío de las bombas de elevación.

- Regulador:	Marca	HANNA Instruments
	Modelo	HI 8711E420
	Montaje	de cuadro
	Escala	0.0 a 14.0 pH
	Display	LCD de 4 cifras
- Sonda:	Modelo	HI 2910 B/5
Porta sonda:	Modelo	HI 6054 B
	Montaje	en línea

Enfriamiento

En el tanque de neutralización nº 4 se encuentra la bomba de alimentación la torre de enfriamiento te, (5) ubicada arriba del tanque nº 4 que ayuda a disminuir la temperatura antes de ser sometidos al tratamiento biológico este equipo reduce la temperatura hasta la temperatura de 30 °C.

Tratamiento biológico

El tratamiento biológico acontece en tres reactores puestos en serie 6a, 6b y 6c de la siguiente dimensión:

TANQUE	6a:	Ancho	4.65	m	
		Largo	8.4	m	
		Altura útil	3.3	m	
		Volumen útil	128	m ³	
TANQUE	6b:	Ancho	4.65	m	
		Largo	8.4	m	
		Altura útil	3.3	m	
		Volumen útil	128	m ³	
TANQUE:	6c:	Ancho	5.7	m	
		Largo	7.9	m	
		Altura útil	3.3	m	
		Volumen útil	150	m ³	
Volumen de relleno total:			339	m ³	

En el interior acontece el tratamiento biológico de biofiltración aerobio sumergida. La biofiltración sumergida es un método de depuración biológica de las aguas residuales de tipo aeróbico en el que la mayor parte de la biomasa está adherida a un soporte fijo.



FIGURA 6 Biofiltro con difusores sumergidos

El soporte fijo está constituido por cuerpos de relleno de material plástico, con un alto grado de superficie específica, cargados a granel en el interior del recipiente que sirve de reactor. La oxigenación de la biomasa se efectúa inyectando aire en la parte baja del reactor. El aire atraviesa el relleno, oxigenando la biomasa y creando un movimiento continuo de recirculación de los líquidos en el reactor.

La biomasa, en presencia de oxígeno, metaboliza las sustancias orgánicas contenidas en el agua, transformándolas en anhídrido carbónico. La oxigenación necesaria es realizada a través de una red de 180 difusores con capa en elastómero de media burbuja, con las características siguientes:

Marca	ECOPLANTS
Modelo	DBME A
Diámetro externo	100 mm
Material membrana	elastómero EPDM
Caudal de aire	8 ÷ 22 m ³ /h por m de inmersión
Rendimiento de transferencia: Oxígeno	7 %

El flujo de aire a través de los cuerpos de relleno permite un buen intercambio de oxígeno que pueda llegar a valores comparables a los proporcionados por los difusores de micro burbujas.

El aire está producido por tres sopladores de lóbulos giratorios S1, S2 y S3 con las características siguientes:

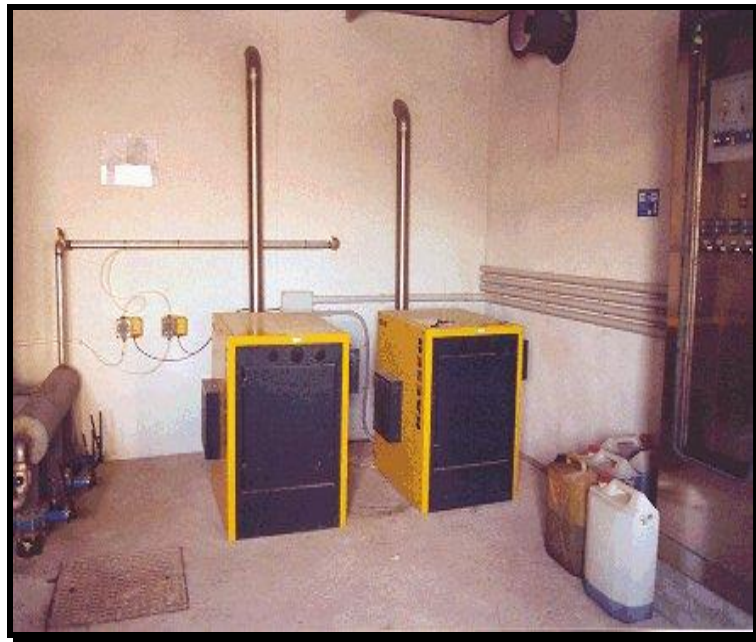


FIGURA 7 Sopladores

Marca	KAESER
Modelo	DB 235 C
Capacidad	1150 m ³ /h (800 Nm ³ /h)
Altura de elevación	3.5 m.c.a.
Potencia instalada	18.5 Kw.
Potencia absorbida	15.1 Kw.
Velocidad	3980 rpm
Alimentación	220 V tras fases - 60 Hz
Diám. Tubo de envío	DN 100

El aire para la oxigenación de los tres biofiltros llega directamente por una única tubería y, mediante un sistema de distribución, es enviado a los tres tanques. Por cada tanque, el sistema de ventilación está dotado de una válvula de regulación manual y de un sistema de inyección independiente que sirve para el retrolavado de los cuerpos de relleno, con el fin de evitar su obstrucción.

Durante el tratamiento biológico en el depósito 6(a) se dosifica una solución de sales nutritivas (urea) con una bomba dosificadora, de esta manera, se suplen las carencias de fósforo y se adiciona nitrógeno, que se necesita para garantizar el metabolismo celular (es decir, la síntesis de nuevas células).

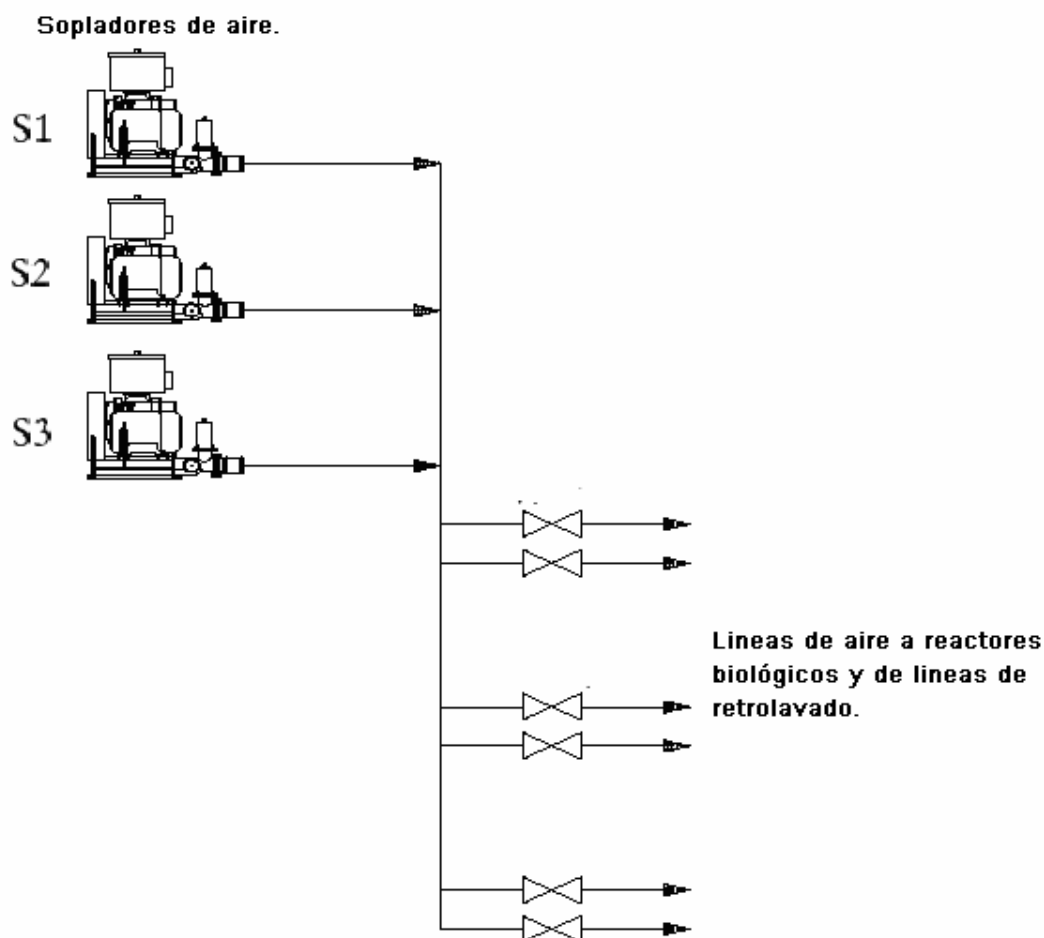


FIGURA 8 Sopladores

La bomba dosificadora BD1, BD2, BD3, para dosificación de ácido sulfúrico, sales nutritivas, y polímero decolorante tienen las siguientes características:

Marca	OBL
Modelo	RB 30 A 50 M3162
Capacidad	30 l/h
Altura de elevación	10 bar.
Potencia	0.20 Kw.
Alimentación	220 V tres fases - 60 Hz.

Tanque, para almacenamiento de ácido sulfúrico, sales nutritivas, y polímero tienen las siguientes características

Tipo	vertical de fondo plano
Volumen	2500 litros
Diámetro	1550 mm
Altura	1700 mm
Material	polietileno roto estampado

Provisto de:

- paso de hombre DN450 situado en la parte superior
- descarga de fondo 1.

Decoloración

Con el fin de obtener una decoloración más fuerte, en el tanque de acumulación y paso de las aguas residuales después del tratamiento biológico, se adiciona el producto decolorante. La bomba dosifica el decolorante en el tanque 7(a).

El tanque tiene un sistema de mezclado por aire el cual ayuda a favorecer el contacto entre el decolorante y el efluente del tratamiento biológico.

La solución decolorante tiene la capacidad de reducir la coloración del efluente proveniente de los reactores, precipitando la mayor parte de las sustancias, que se agregan a los lodos biológicos que se desprenden de los cuerpos de relleno.

A través de unas tuberías de rozamiento la mezcla airada compuesta de agua y de biomasa polímero decolorante, después del tratamiento de biofiltración aerobia sumergida, pasa al sedimentador laminar estático final 7(b), construido en concreto armado con un paquete laminar con superficie equivalente a 210 m² y con dos tolvas de acumulación de los lodos para un volumen total de 8 m³, para la separación de las fases líquida y sólida.

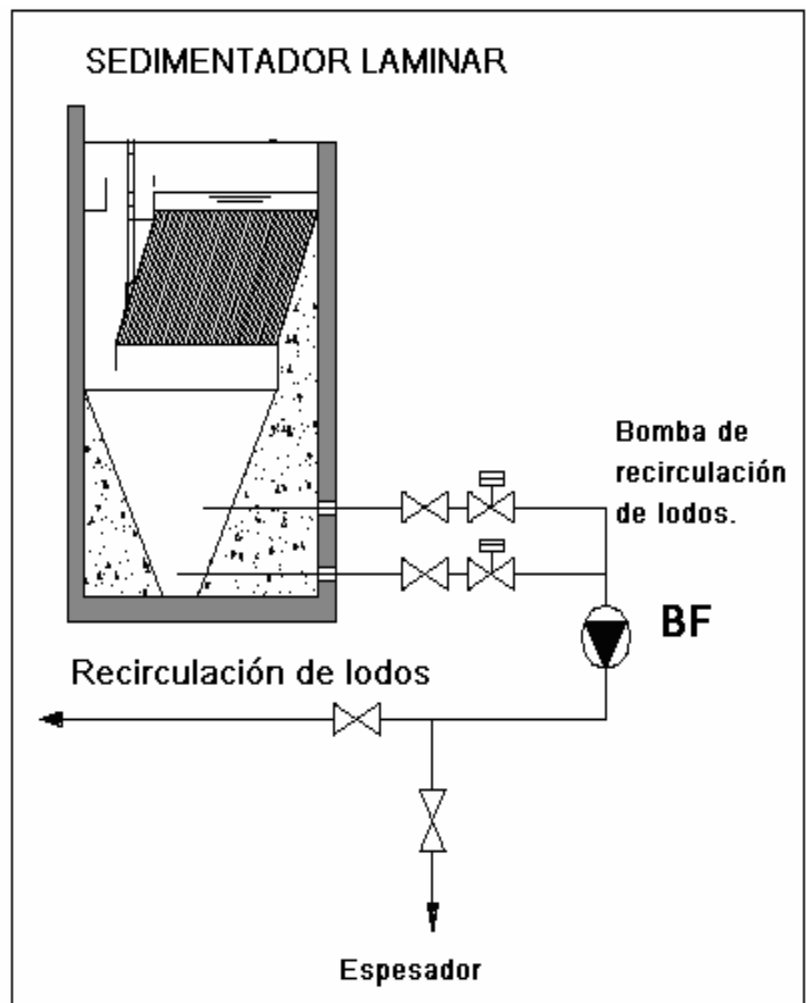


FIGURA 9 Sedimentación final

Esta solución permite efectuar una buena sedimentación en un espacio limitado.

Las dimensiones del sedimentador son las siguientes:

Ancho	3.4	m
Largo	5.9	m
Volumen útil tolva	8	m ³

En el interior del sedimentador esta presente el paquete laminar que está compuesto por elementos que presentan una distancia entre ellos de 4 cm., con las siguientes características:

Marca	EUROFILL
Modelo	Sedex
Largo paquete laminar	1212 mm
Superficie equivalente paquete laminar	210 m ²
Volumen paquete laminar	14.5 m ³

Los lodos son retirados del fondo de las tolvas de acumulación a través de dos líneas de extracción dotadas de válvulas neumáticas, que trabajan en forma alternada y que están regidas por un temporizador que establece el tiempo de sedimentación en cada tolva y que además estas dos tolvas se unen en una misma línea, que a la vez están conectadas a una bomba centrífuga BF que envía los lodos por medio de una tubería como lodos de recirculación al inicio del ciclo del tratamiento biológico o en su caso contrario al espesador de lodos Tanque 8.

La característica de la bomba centrífuga BF utilizada para la evacuación del lodo son:

Marca	BOSETTI
Modelo	CAM 65-150-14
Caudal	54 m ³ /h
Altura de elevación	2 m
Potencia instalada	1.5 kW
Alimentación	220 V tres fases – 60Hz
Diam. Tubo de envío	DN80
Diam. Tubo de descarga	DN65

En general la recirculación se mantendrá a razón de 1.2 - 2 veces la concentración de sólidos suspendidos en el flujo que entra al sedimentador esto se debe de mantener de acuerdo a lo requerido por la planta ya que su control es variable.

b) LÍNEA LODOS

Acumulación de lodos biológicos

Los lodos en exceso se retiran del proceso biológico, o sea del sedimentador laminar, por medio de la misma bomba centrífuga, enviados y recogidos en el espesador o tanque 8 en donde se mezcla con polímero catiónico para aumentar su tamaño y comenzar su tratamiento por medio de la deshidratación

Tanque 8 (Espesador de lodos)

Tipo	vertical de fondo plano
Volumen	10000 litros
Diámetro	2200 mm
Altura	3000 mm
Material	Polietileno roto estampado

Provisto de:

Paso de hombre Dn450 situado en la parte superior.

Descarga de fondo 2".

Deshidratación con filtro prensa.

Los lodos separados después de la adición del polímero catiónico se somete al tratamiento de deshidratación con filtro prensa, en el cual disminuye su volumen bajo filtración a través de las telas: el líquido pasa mientras los sólidos son retenidos por el panel filtrante.

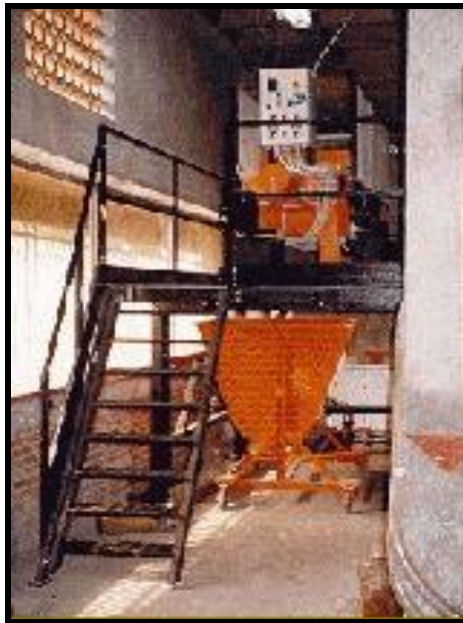


FIGURA 10. Filtro prensa

El filtro prensa con cuadro de comando y control, armazón para 40 placas y estructura, tiene las características siguientes:

Marca	FAZZINI
Modelo	F600
Dimensiones placas	610 x 610 mm
Material placas	polipropileno
Cantidad placas	40
Tela filtrante	multibaba MK-L con abrazadera en neopreno
Volumen útil	0.3 m ³
Superficie filtrante	24 m ²
Espesor panel	25 mm
Traslado de las placas	manual
Abertura/cierre	hidráulica motorizada
Modelo bomba lodos	S75
Potencia motor bomba	2.2 Kw
Potencia motor grupo	2.5 Kw
Presión hidráulica	1.5 kW
Cuadro eléctrico:	
Alimentación	220 V tres fases – 60 Hz

Accesorios:

Estructura h=1.5 m

Tolva de recolección de lodo del tipo abatible con ruedas

El filtro prensa funciona de manera discontinua. Con este tipo de deshidratación se puede alcanzar un lodo bastante seco, esencial para un vertido económico de los lodos. El agua que se separa del prensado se retorna al tanque de homogenización, mientras las placas de lodo se acumulan en la tolva abatible y apartada para su eliminación y tratamiento.

C) LINEA AGUA TRATADA

Acumulación agua tratada

El agua tratada en la planta depuradora después la salida del sedimentador laminar 7b pasa a un tanque de acumulación 10a, y puede ser recuperada sometiénola a un tratamiento de filtración con antracita FA.

El tanque, 10(a) tiene las siguientes características.

Ancho	2.5 m
Largo	3.4 m
Volumen útil	25 m ³

Filtrado con antracita

La finalidad de está fase es la de eliminar de las aguas tratadas la parte restante de las sustancias suspendidas y, por tanto, la parte residual de DQO y DBO₅, construyendo así la fase de tratamiento terciario necesaria para la recuperación y reutilización del agua.

La alimentación al filtro de arena FA se produce con caudal constante a través de una bomba centrífuga de eje horizontal BAF que saca el agua del tanque de acumulación 10a. La regulación del flujo se controla por un medidor de flujo y a la regulación manual de las válvulas de mando de las bombas de alimentación BAF y de retrolavado BCF, fig. 11.

Las características de la bomba centrífuga de eje horizontal, BAF, para alimentación de filtro de arena:

Marca	CALPEDA
Modelo	NM 40/16 CE
Caudal	24 m ³ /h
Altura de elevación	23 m.c.a.
Potencia instalada	2.2 Kw.
Alimentación	220 V tres fases
Estanqueidad	mecánica
Conexión aspiración	DN 65
Conexión descarga	DN 40

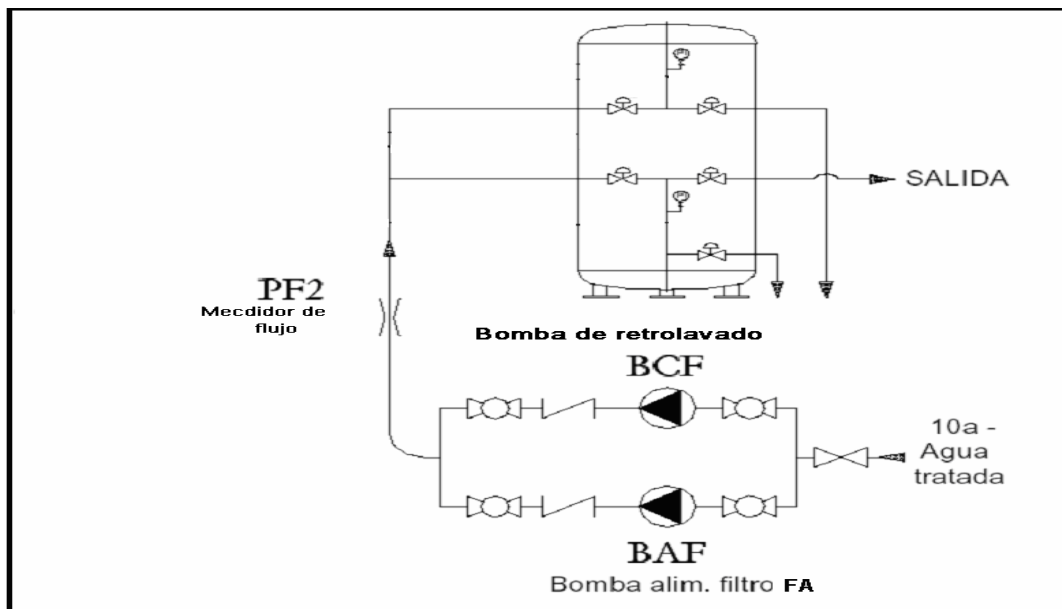


FIGURA 11 Filtro de arena

El efluente almacenado en el tanque 10a se hace pasar a través del filtro de arena y esta llega al tanque 10b para el tratamiento con ozono que es inyectado a través de unos difusores especiales de cerámica que se encuentran en el fondo del tanque y producido por el equipo de ozono GO. El filtro rápido de arena, FA, fig. 11, presenta las características siguientes:

Marca	NEW WATER
Modelo	FRA10
Capacidad de trabajo	24 m ³ /h
Capacidad de retrolavado	75 m ³ /h
Funcionamiento	automático
Material	Acero al Carbón , galvanizado caliente y Barnizado
Dimensiones:	
Anchura	1700 mm
Largura	2200 mm
Altura	2500 mm
Diám. Conexión de trabajo	DN75
Diám. Conexión de retrolavado	DN80
Antracita gruesa	700 Kg.
Antracita (3÷5)	700 Kg.
Cuarzo	3800 Kg.

El filtro es automático y está controlado por un programa digital que se encuentra en el cuadro eléctrico para la regulación de la frecuencia del lavado. Para el retrolavado se utiliza la bomba centrifuga de eje horizontal, BCF y el agua de retrolavado se descarga en el registro de descarga al tanque de alimentación de la rejilla T3:

Marca	CALPEDA
Modelo	NM 65/12
Capacidad	75 m ³ /h
Altura de elevación	22 m.c.a.
Potencia instalada	7.5 Kw.
Alimentación	220 V tres fases -60 Hz
Diám. Conexión	DN 80
Diám. Descarga	DN 65

Ozonificación del agua filtrada

El agua después de la filtración se somete al tratamiento con ozono en el tanque 10b a través de inyección de ozono, así es posible la reutilización del agua pues el ozono es una sustancia muy oxidante y la producción de micro-burbujas que da un íntimo contacto con los contaminantes es garantía para eliminar el color presente en el agua filtrada.

El tanque 10b está completamente cerrado herméticamente donde el ozono en exceso es recogido a través de un tubo/chimenea que va directamente al destructor de ozono que esta en la parte superior del tanque y cuenta con una resistencia eléctrica que eleva la temperatura hasta 400 °C eliminar así el excedente y evitar emisiones al medio ambiente. El tanque, 10(a) cuenta con las características siguientes,

Ancho	2.5 m
Largo	3.4 m
Volumen útil	25 m ³

Características del generador de ozono, GO, alimentación con aire comprimido y equipado con cuadro eléctrico de comando y control, con las siguientes características:

Marca	OZONO ELECTTRONICA INT.LE s.r.l.		
Modelo	TPF 26/AC – N/F 0074 – 30 KVA		
Gas de alimentación	aire		
Producción O ₃	0.95	Kg./h	
Concentración O ₃	24	g/m ³	
Gas en entrada			
o : presión	1.7	bar.	
o temperatura de servicio	< 30	°C	
Gas en salida:			
o caudal	40	m ³ /h	
o temperatura de servicio	< 45	°C	

Generador de ozono

- o Presión de proyecto 2 bar.
- o Temperatura de proyecto 50 °C
- o Potencia máxima 14.25 Kw.
- o Potencia instalada 30 Kw.

Alimentación 220 V tres fases – 60 Hz

Refrigerante:

- o Líquido agua
- o Caudal 2.2 m³ /h
- o Cloruros <50 mg/l
- o Temperatura in/out 15/20 °C

El compresor de aire comprimido, CA, con las siguientes características:

Marca	ATLAS COPCO
Modelo	GA 5
Caudal de aire	46 m ³ /h
Presión	7 bar.
Potencia absorbida	6 Kw.
Alimentación	220 V tres fases - 60 Hz

Tanque vertical de acumulador de aire, SV, con las siguientes características:

Marca	ATLAS COPCO
Modelo	12500 11 Z
Volumen	500 l
Presión de proyecto	11 bares.

Difusor de cerámica:

Difusores porosos

- número 21
- diámetro 185 mm
- material cerámica

Red de difusores

- material PVC

Destructor de ozono, DO:

Marca	OZONO ELETTRONICA
Modelo	DOT 1.1
Gas de alimentación	aire ozonada
Caudal	40 m ³ /h
Temperatura de salida	<360 °C
Concentración en salida O _{3e}	0.1 ppm
Temperatura de proyecto	380 °C
Potencia instalada	30 Kw.
Alimentación	220 V tres fases -60 Hz



FIGURA 12. Generador de ozono

Acumulación de agua después de la ozonificación para reutilización

Después del tratamiento por ozono se acumula el agua en un tanque de almacenamiento y se envía el agua tratada a un tanque de acumulación para su reutilización.

CONCLUSIONES

Con la información contenida en este trabajo se intenta dar un panorama general al Ingeniero Químico de lo importante que es especializarse en alguna rama de la industria, ya que para poder entender algún proceso es necesario aplicar toda la teoría adquirida en la carrera para poder participar, colaborar y sugerir opciones de mejora y optimización de un proceso, además de que se debe tener iniciativa e interés en sobresalir en cualquier rama de la industria.

En este caso se mostró lo realizado a la empresa denominada Textiles RIVIERA, lo que permitió realizar el trabajo de ingeniería y obtener una visión de lo importante que es tener un tratamiento de agua y sobretodo ahondar en procesos de tratamiento terciario necesarios para la recuperación del agua residual proveniente, en este caso de las maquinas de teñido, servicio, sanitario y pluviales.

Del mismo modo se lleva acabo un proceso muy laborioso que es la caracterización del agua, bajo la aplicación de las normas oficiales mexicanas NOM-001-SEMARNAT Y LA NOM-004-SEMARNAT, que son primordiales para el diseño, construcción y operación de la planta seleccionada y al mismo tiempo la eliminación de los lodos generados por esta.

En vista de lo mencionado en el reporte es necesario considerar e integrar actividades referentes en las materias de laboratorio de Ciencia Básica, laboratorio y taller de proyectos de sexto y séptimo semestre e implementar o realizar la construcción de plantas piloto; realizar practicas de laboratorio sobre análisis de agua e implementar una actividad experimental en la Facultad para que el estudiante se familiarice con la recuperación del agua de proceso utilizada en la planta, ya que en estos días tienen mayor importancia los procesos que reciclan sus materiales y tratan sus desperdicios antes de desecharlos.

Finalmente, es recomendable que las personas interesadas en esta área conozcan la legislación ambiental que rige el tratamiento de aguas residuales y de la generación de lodos obtenidos de estos procesos. Con el uso de normas oficiales y buenas practicas para los análisis respectivos y muestreos necesarios, la aplicación en campo y las relaciones con la industria permitirán conocer equipos de magnitud industrial y tener una visión mas amplia y diferente acerca de los equipos vistos teóricamente; de esta manera se logrará estar a la par o incluso a la vanguardia con la industria que requiera ingenieros capacitados para generar trenes y sistemas de tratamiento de agua residual en la industria, en cualquier rama y dar consultorías a la industria para optimizar sus procesos y tratamientos.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WPCF 19ª Ed., Washington, D.C., APHA.1995
- 2) A. Rossi, F. Malpei, L. Bonomo, R. Bianchi, Textile wastewater reuse in northern Italy. Milan, Italy. 1999
- 3) Autor. Bases Para el Manejo Integral de la Cantidad y Calidad del Agua en México. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995.
- 4) Brenner, A. Shandalov, S. Oron, G. Rebhun, M.Deep, Bed filtration of SBR effluent for agricultural reuse - pilot plant screening of advanced secondary and tertiary treatment for domestic wastewater. Haifa, Israel 1994
- 5) CNA. Evaluación de la Toxicidad de Descargas Municipales. Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Noviembre de 1993.
- 6) CNA. Guía Para el Manejo, Tratamiento y Disposición de Lodos Residuales de Plantas de Tratamiento Municipales. Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana e Industrial. México, 1994.
- 7) Degremont , Water Treatment Handbook, , 6ª Edición, E.U.A., Vol. I y II, 1998.
- 8) De Man, A. W. A. et. al., The use of EGSB and UASB anaerobic systems for low strength soluble and complex wastewaters at temperatures ranging from 8 to 30 °C, AWPRC, pp. 197-209, 1988.
- 9) Eckenfelder, W. W. et al., Anaerobic versus aerobic treatment in the USA, IAWPRC, pp. 105-114, 1988
- 10) Eckenfelder W.W. Jr, Industrial Water Pollution Control, McGraw-Hill International Editions. 2nd Edition, E.U.A. 1989
- 11) Flick, Ernest W, Water Treatment Chemicals. An Industrial Guide, Noyes Publications. E.U.A. 1991.
- 12) Frank N. Kemmer, John McCallion, Manual de Agua, Ed. McGraw-Hill. México. Volúmenes 1 al 3, 1989.
- 13) Gordon M. Fair, John Ch. Geyer, Limusa, Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales, México 1988.

- 14) Hammer, M.J. Hammer, M.J. Jr., Water and wastewater technology, New Jersey, USA, 1996.
- 15) Metcalf And Eddy, Wastewater Engineering Treatment. Disposal, Reuse, McGraw-Hill International Edition, 3rd Edition, E.U.A., 1999.
- 16) Sheppard T. Powell, Manual de Agua para Usos Industriales, Ediciones Ciencia y Técnica, S.A. 1ª edición, México, Volúmenes 1 al 4, 1988.
- 17) Souza, M. E., Criteria for the utilization, design and operation of UASB reactors'', Wat. Sci. Tech., vol. 18, núm. 12, pp. 55-69, 1986.
- 18) Vieira, Sonia M. M., Anaerobic treatment of domestic sewage in Brazil research results and full-scale experience, IAWPRC, pp. 185-196. 1988.
- 19) Vochten, P. S. et al., Aerobic versus anaerobic wastewater treatment, Quinto simposium internacional ``Anaerobic Digestion'', IAWPRC, pp. 91-101, 1988.