

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y MANUFACTURERA**



**TECNOLOGIA DEL TRATAMIENTO DE EFLUENTES
LIQUIDOS GENERADOS EN LA MANUFACTURA DE INSUMOS
UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA TEXTIL Y PINTURAS**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

GINA MARIA PON MERCADO

JULIA SURICHAQUI DIAZ

LIMA – PERÚ

2003

Agradecemos:

A Dios por la realización de la tesis, presente en todo momento con la confianza de que este estudio promueva el interés de cuidar nuestro medio ambiente.

A nuestros padres por el apoyo incondicional y el aliento de cada día.

Al Ing. Mirko Costa por su apoyo, confianza y solidaridad para la elaboración de esta tesis.

INDICE

I	INTRODUCCIÓN	1
	1.1 Resumen	3
	1.2 Objetivo General	5
	1.3 Objetivos Específicos	5
II	INDUSTRIA DE INSUMOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA TEXTILY PINTURAS	6
	2.1 Operaciones y procesos utilizados en la fabricación de insumos	6
	2.2 Efluentes líquidos generados por la industria	14
	2.3 Descripción de la planta de tratamiento de agua residual actual	16
	2.4 Parámetros de funcionamiento	17
	2.5 Planteamiento del problema	18
III	NORMAS DE CALIDAD DE AGUA	19
	3.1 Calidad de agua de proceso y el agua residual	19
	3.2 Legislación peruana sobre efluentes líquidos	20
	3.3 Legislación internacional sobre efluentes líquidos	31
	3.4 Análisis comparativo de la legislación internacional y las normas peruanas	36
	3.5 Parámetros potenciales de contaminación para el proceso de manufactura	37

IV	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL	38
	4.1 Identificación de los efluentes	38
	4.2 Metodología de la toma de muestra	38
	4.3 Determinación de los caudales	41
	4.4 Determinación de la carga contaminante	42
	4.5 Análisis de la composición del agua residual	43
	4.6 Evaluación de las características del efluente con los límites permisibles propuestos	44
	4.7 Impacto ambiental potencial generado por los efluentes líquidos	45
V	INGENIERÍA DE PROYECTO	47
	5.1 Generalidades	47
	5.2 Criterios técnicos y económicos en la selección de la tecnología de tratamiento	48
	5.3 Parámetros de diseño	65
	5.4 Sistemas de control	75
	5.5 Requerimientos y especificaciones de equipos y maquinarias	78
	5.6 Requerimientos y especificaciones de insumos	80
	5.7 Seguridad en la manipulación de los insumos y las zonas de trabajo	81
VI	EVALUACIÓN ECONOMICA	88
	6.1 Costo total del proyecto	88
	6.2 Comparación de costos de la tecnología actual y la tecnología propuesta	90
	6.3 Rentabilidad del proyecto	92
	6.4 Financiamiento	93

VII	CONCLUSIONES	94
VIII	RECOMENDACIONES	96
IX	BIBLIOGRAFÍA	98
X	APÉNDICES	101
	Apéndice A : Diagrama de flujo físico de producción	102
	Apéndice B : Diagrama de operaciones de resinas alquídicas	103
	Apéndice C : Diagrama de operaciones de acrílicos al agua	105
	Apéndice D : Diagrama de operaciones de acrílicos al solvente	106
	Apéndice E : Estudio estadístico del caudal	107
	Apéndice F : Estudios estadísticos de la carga contaminante	111
	Apéndice G : Determinación de parámetros de diseño:	
	Trampa de grasas	114
	Apéndice H : Determinación de coagulante óptimo	117
	Apéndice I : Prueba de jarras	119
	Apéndice J : Neutralización	126
	Apéndice K: Equipo utilizado en el proceso 4	130
	Apéndice L: Costos estimado para la planta de tratamiento de	
	agua residual industrial	135
	Apéndice M: Relación de planos	142
XII	GLOSARIO	150

I. INTRODUCCIÓN

En la última década se ha acentuado la preocupación mundial para estudiar las implicancias de la contaminación desde el punto de vista cualitativa y cuantitativamente. Averiguar sus causas, conocer sus efectos, estimar las consecuencias para la humanidad y el ecosistema terrestre; de mantenerse las tendencias actuales, como afectará al desarrollo de la civilización.

Ningún país puede escapar de las consecuencias de la contaminación. El aire, suelo, ríos y el mar son receptores en última instancia de los contaminantes, generando destrucción del medio que es patrimonio de toda la humanidad y no de un solo país. La actividad productiva mundial, y dentro de ella la actividad industrial, se ha desarrollado desde sus orígenes, sin consideraciones ambientales. Recientemente en las últimas décadas, el hombre ha tomado conciencia de la necesidad de proteger su entorno.

Los residuos y desechos que no presentan mayor posibilidad de reutilización son virtualmente eliminados al ambiente para incomodidad, deterioro y en el peor de los casos, destrucción de la Flora y la Fauna. Nuestro país en este campo viene desarrollando acciones que promueven la conciencia ambiental de respeto a nuestro entorno, mediante la educación y concientización nacional. Asimismo, regular las actividades productivas y de desarrollo, buscando un equilibrio técnico, económico y ambiental en el uso de sus recursos naturales, y la protección de los mismos para lograr un desarrollo sostenible. La legislación nacional introduce recién principios ambientales, como son el principio de la participación ciudadana, la obligación de desarrollar estudios de impacto ambiental, el Sistema Nacional del Ambiente, la tipificación de los delitos ecológicos y el principio contaminador – pagador. Este marco jurídico

compromete a las empresas de todos los sectores productivos y de servicio en la búsqueda del manejo y tratamiento técnico de sus residuos. La manufactura de insumos para la industria textil y pinturas no escapa a esta realidad. La tendencia actual más importante es el cumplimiento de las normas que hacen referencia a las emisiones, vertimientos, descarga y disposición de desechos, a fin de proteger el medio ambiente. Es por este motivo que la industria debe adecuarse a las diferentes leyes que emiten las autoridades competentes, para tomar acciones preventivas y así evitar la contaminación ambiental, consecuentemente la evacuación y el tratamiento de aguas residuales están siendo estudiadas profundamente.

La ciencia y la tecnología han desarrollado medios para mantener las actividades productivas en equilibrio con la naturaleza; por lo tanto no existe problema de orden técnico sino de orden económico. Es necesario asistir técnicamente a esta industria en el manejo y disposición de sus aguas residuales, aplicando tecnologías accesibles y compatibles con las posibilidades económicas de la empresa.

En este marco, la tesis presenta el estudio para tratar los efluentes líquidos proveniente de una empresa que elabora insumos para la industria textil y pinturas. Se plantea un sistema adecuado como alternativa de manejo y tratamiento de sus efluentes líquidos, se presenta datos, información técnica, cálculos y diseños, basados en los fundamentos de la Ingeniería Química.

Los análisis, las pruebas de laboratorio y demás investigaciones han sido realizadas en los laboratorios y ambientes de la propia empresa. Asimismo, se solicitó el uso de los laboratorios de análisis físico-químico de la Facultad de Ingeniería Ambiental, y de operaciones unitarias de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Ingeniería.

1.1 Resumen

El objetivo del presente estudio es la modificación de la planta de tratamiento de agua residual de una empresa de manufactura de insumos utilizados en la industria textil y pinturas, con la finalidad de adaptarla a las nuevas condiciones de procesamiento y cumplir con mayor eficacia la normatividad aplicable al sector. Para explicar los efluentes generados por la empresa, se realiza una breve descripción de los procesos y operaciones de la fabricación de los insumos, especificando los contaminantes producidos, se describe la planta actual de tratamiento y se resume en forma condensada los diversos textos legislativos y reglamentarios, en materia de tratamiento de aguas residuales, en el Perú y en el extranjero.

Se presenta el método de muestreo y los ensayos experimentales para la caracterización del agua residual, con el fin de determinar respectivamente las cargas contaminantes y los factores de diseño.

Para esto, se determinaron los siguientes parámetros físico-químicos: caudal, pH, temperatura, cloruros, cianuros, grasa y aceites, plomo, zinc, sulfuros, nitrógeno total, DBO, DQO, sólidos suspendidos totales y detergente. De los análisis resulta que el agua residual tiene básicamente contaminación por sólidos suspendidos, alcalinidad, alta carga orgánica y una concentración de plomo en menor escala, pero igualmente peligrosa. Se tiene un caudal promedio de $7,2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$

Se realizaron pruebas a nivel de laboratorio de las siguientes operaciones y procesos químicos :

- Separación de aceites y grasas: Con el fin de disminuir la carga orgánica contaminante.
- Neutralización : El propósito de esta etapa es el ajuste del pH para proteger las instalaciones contra la corrosión, incrustaciones , o proteger los tratamientos posteriores que pueden efectuarse a un determinado pH.

- Precipitación química: Coagulación – Floculación con sulfato férrico como coagulante. Al agregar el sulfato férrico se forma los floculos de hidróxidos y sulfatos metálicos, luego se promueve su crecimiento hasta obtener el tamaño y peso apropiado para facilitar su remoción. En este proceso el agua residual tiene un pH entre 7,5 – 8,5.

Por las características del agua residual, la precipitación química de sustancias tóxicas es más eficiente con sulfato férrico que con cal o sulfato de aluminio. Se llega a esta conclusión porque se obtiene con estas dos últimas una mayor carga contaminante en el agua tratada y un porcentaje adicional de lodos generados.

- Sedimentación: Para lograr una mejor remoción de los floculos o sólidos suspendidos sedimentables del agua, se determinó la velocidad de sedimentación de los mismos y su carga superficial.
- Secado: El lodo obtenido se deshidrata en el lecho de secado, reduciendo aproximadamente un 50% su humedad, de modo que se pueda manipular como un semisólido.

Los resultados experimentales indican una remoción de carga contaminante hasta niveles admisibles. Asimismo, permiten describir, desarrollar y sustentar detalles del diseño respectivo del sistema de tratamiento planteado, así como la justificación del proyecto. Se complementa con datos de interés técnico en el apéndice y una bibliografía actualizada del tema tratado.

1.2 Objetivo General

El objetivo general es evaluar y adaptar el sistema de tratamiento de agua residual, proponiendo un sistema integrado, cuyo objetivo sea disminuir la concentración de los contaminantes presentes, a niveles aceptables por la legislación vigente.

1.3 Objetivos Específicos

- Descripción de procesos y operaciones de la planta, con el objetivo de identificar los desechos líquidos.
- Revisar el actual marco jurídico-legal sobre prevención y control de la contaminación del agua, con el fin de formular una propuesta de los límites máximos permisibles para el sector al que pertenece la empresa y determinar los contaminantes.
- Explicar la variabilidad de las condiciones del efluente en base a los resultados de los parámetros obtenidos en la caracterización.
- Proponer la adaptación con las mejoras respectivas del sistema existente de tratamiento de agua residual.
- Determinar el costo y la rentabilidad del proyecto.

II. INDUSTRIA DE INSUMOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA TEXTIL Y PINTURAS

2.1 Operaciones y procesos utilizados en la fabricación de los insumos

La empresa está conformada por 60 trabajadores entre empleados y obreros, que se dedican principalmente a la parte productiva. La planta trabaja las 24 horas en tres turnos por día, 6 días por semana, y el proceso es batch.

El diagrama de flujo físico de producción, se muestra en el Apéndice A.

Cuenta con dos líneas de producción:

- Polímeros
- Insumos textiles.

Los polímeros representan el 70% de la producción y los insumos textiles el 30% . La producción se realiza en 9 reactores de acero inoxidable y fibra de vidrio, con capacidades de 1,8 a 15 toneladas y 2 tanques de dilución de 4 toneladas.

En la línea de producción de polímeros está conformada por :

- Resinas alquídicas
- Polímeros acrílicos al agua
- Polímeros vinílicos al agua
- Resinas acrílicas al solvente

En la línea de producción de insumos textiles está conformada por:

- Detergentes
- Suavizantes
- Poliamidas
- Catalizadores

Procesos de fabricación

En la línea de producción de polímeros

Resinas Alquídicas

Son poliésteres modificados, producto de la reacción de un ácido graso polibásico, un alcohol polihídrico y un ácido graso monobásico o aceite.(1)

Proceso

El proceso fundamental de fabricación para las resinas alquídicas es la polimerización por condensación, de tipo discontinuo. Se hace reaccionar primero el aceite con el polialcohol y catalizador a temperaturas elevadas, hasta llegar a una mezcla en equilibrio de un mono-di-triglicérido y un alcohol libre. Luego se polimeriza por adición del ácido polibásico y polioli.

El diagrama de las resinas alquídicas, se muestra en el Apéndice B.

Materias Primas

- Aceites vegetales y animales
- Polioles
- Ácidos polibásicos
- Otros: estireno, vinil, colofonia

(1) Hawley's Condensed Chemical Dictionary-1993.

- Solventes orgánicos
- Catalizadores: sales orgánicas

Usos

Como materia prima principal en la fabricación de esmaltes y barnices para la industria de pinturas.

Acrílicos al agua

Son polímeros en emulsión; este tipo de polímeros se pueden representar como gotas plásticas suspendidas. Son resinas acrílicas emulsionadas en agua.(1)

Proceso

El proceso de fabricación de los polímeros acrílicos al agua es la polimerización en emulsión. Este proceso es discontinuo, el agua con el tensoactivo y los catalizadores se mezclan; y se llevan a una temperatura de reacción, luego se dosifica el monómero y el catalizador simultáneamente para que se lleve a cabo la polimerización del monómero, y a su vez, la formación de la miscela, polímero - agua.

El diagrama de los acrílicos al agua, se muestra en el Apéndice C.

Materias Primas

- Agua
- Tensoactivos
- Monómeros acrílicos
- Catalizadores: sales inorgánicas

(1) Hawley's Condensed Chemical Dictionary-1993.

Usos

Comprende los espesantes, ligantes de sistemas para estampado con pigmentos, aditivos para regular la plasticidad de las pastas y copajes de estampados, y agentes de carga para dar diferentes tonos a la tela.

Vinílicas al agua

Tienen el mismo concepto y proceso que las acrílicas, tan sólo difieren por el monómero vinílico en vez del acrílico.(1)

Usos

Usado para copajes de estampados, y en adhesivos de encuadernación y de madera.

Resinas Acrílicas al Solvente

Son polímeros disueltos en un medio orgánico, conformados por monómeros acrílicos que reaccionan con la ayuda de un catalizador.(1)

Proceso

El proceso de fabricación se basa en la polimerización de monómeros en solventes orgánicos. Este proceso es discontinuo, el solvente y catalizador se mezclan , y se llevan a una temperatura de reacción, luego se dosifica el monómero y catalizador simultáneamente para que se lleve acabo la polimerización.

El diagrama de los acrílicas al agua, se muestra en el Apéndice D.

(1) Hawley's Condensed Chemical Dictionary-1993.

Materias Primas

- Monómeros
- Acrílicos
- Catalizador
- Solventes orgánicos.

Usos

Como materia principal en la fabricación de esmaltes para la industria de pinturas.

En la línea de producción de insumos textiles

Detergentes

Se llama detergente a cualquier sustancia que hace disminuir la tensión superficial del agua; especialmente un agente tensoactivo que se concentra en la superficie de separación entre el agua y el aceite, ejerciendo una acción emulsionante .(1)

Cada glóbulo de grasa tiene a su alrededor cargas eléctricas del mismo signo que, al repelerse, hacen que las partículas grasas queden separadas entre sí, formando una emulsión estable.

Los detergentes tienen en su constitución una porción lipofílica y otra hidrofílica, que pueden sintetizarse a partir de los derivados del petróleo. Existen detergentes que tienen cadenas carbonadas rectas, que son los llamados biodegradables.

(1)Hawley's Condensed Chemical Dictionary-1993.

Proceso

La planta cuenta con dos tipos de procesos para la fabricación de detergentes:

Sulfonación - Sulfatación - Neutralización

El aceite o grasa se introduce en el reactor con la cantidad necesaria de ácido inorgánico. Para controlar el calor en la conversión por sulfonación, y mantener la temperatura, se utiliza un sistema de enfriamiento con agua. En la mezcla sulfonada se alimenta el alcohol graso y una cantidad adicional del ácido inorgánico, manteniendo la temperatura constante, lo que conduce a la formación de una mezcla surfactante. El producto se neutraliza con una adición de NaOH a temperatura controlada para mantener la fluidez de la pasta surfactante. La pasta surfactante, la sal de sodio y la mayor parte de los aditivos se introducen en el reactor. Se elimina una cantidad considerable de agua por secado obteniéndose finalmente el detergente.(1)

Saponificación

En un reactor se calienta la grasa animal y se adiciona la base inorgánica acuosa a una determinada temperatura. El proceso fundamental es la hidrolización por calefacción.(2)

Algunos de los detergentes se mezclan con un determinado tensoactivo, y se adiciona el solvente orgánico para obtener un detergente en medio orgánico.

(1) Manual de procesos químicos en la industria, Tomo 2 - 1988

(2) Hawley's Condensed Chemical Dictionary-1993.

Materias Primas

- Solventes orgánicos
- Ácidos y bases inorgánicas
- Grasas animales
- Alcoholes grasos

Usos

Poseen propiedades de humectación, detergencia, dispersión o emulsificación en los procesos de preparación, blanqueo, teñido y otros acabados del algodón, lana y fibras sintéticas.

Suavizantes

Son emulsiones o microemulsiones de siliconas, ceras y amidas en agua. (1)

Proceso

En un reactor se carga el agua con el tensoactivo, se mezclan y, luego se añade la silicona, ceras o amida según el tipo de suavizante. Este proceso se da a diferentes temperaturas según el tipo de materia prima usada.

Materia Prima

- Ceras
- Amidas
- Tensoactivos

(1) Hawley's Condensed Chemical Dictionary-1993.

Usos

Produce una suavidad al tacto, resistencia a la abrasión en telas tejidas. Se usan como lubricantes y antiqiebres, evitando el corte de los hilos durante la costura, y proporciona un tacto sedoso.

Poliamidas

Polímero de elevado peso molecular, en el cual los enlaces amida (CONH) se encuentran a lo largo de la cadena molecular.(1)

Proceso

Se hace reaccionar primero el ácido graso dimérico con aminas primarias, secundarias o terciarias a temperaturas elevadas hasta llegar a un polímero de peso molecular elevado.

Materia Prima

- Aminas
- Ácidos grasos

Usos

Están divididas en poliamidas reactivas y no reactivas. Estos productos son utilizados en la industria de pinturas y en tintas flexográficas. Las poliamidas reactivas son usadas básicamente en el curado de resinas epóxicas. Las poliamidas no reactivas son usadas como imprimante para tintas flexográficas y para grabado de empaques flexibles.

(1) Hawley's Condensed Chemical Dictionary-1993.

Catalizadores

Son soluciones acuosas a base de cloruro de magnesio, desarrollado para el eficiente curado de las resinas de recubrimiento.

Se entiende como catalizador a cualquier sustancia que en porcentaje fraccionalmente pequeño acelera el régimen de una reacción química, sin que sea consumida o sometida a un cambio químico. Los catalizadores que se producen en la empresa son sales inorgánicas.(1)

Proceso

Dilución de sales inorgánicas.

Materia Prima

- Sales inorgánicas
- Agua

Uso

Imparte alta velocidad de curado a los reactantes glioxal y carbamato en la aplicación del acabado y planchado permanente.

2.2 Efluentes líquidos generados por la industria

Los desechos generados en los procesos, se determinan en base a las líneas de producción. En el cuadro N° 1 se muestra los desechos generados en cada operación :

(1) Hawley's Condensed Chemical Dictionary-1993.

Cuadro N° 1

Desechos generados en las operaciones

Líneas de productos	Alquídicas	Catalizadores	Detergentes	Acrílicos y Vinílicos	Poliamidas	Acrílicas al solvente	Suavizantes
Operación							
Proceso	Agua Solvente*	Agua Solvente*	-----	-----	Agua Amina	----	Agua Amoniaco NaCl
Lavado de Reactores	Agua NaOH Solvente*	Agua	Agua	Agua NaOH Solvente *	Agua Detergente NaOH Solvente*	Agua Detergente NaOH Solvente *	Agua Detergente NaOH Solvente*
Enfriamiento o calentamiento	Agua Aceite**	Agua Aceite**	Agua	Agua	Agua Aceite**	Agua Aceite**	Agua
Lavado de cilindros	Solvente	Agua Detergente NaOH Solvente	Agua	No se lava	No se lava	Solvente	Agua Detergente NaOH
Total de desechos	Agua Detergente NaOH Solvente Aceite**	Agua Solvente Detergente Aceite**	Agua	Agua NaOH Solvente	Agua Detergente NaOH Solvente Aceite** Amina	Agua Detergente NaOH Solvente Aceite**	Agua Detergente NaOH Solvente Amoniaco NaCl

* Es recuperado, se vierte muy poca cantidad.

** Es recirculado, no existe.

Otros desechos

Procedencia	Desechos
Lavado de ablandadores	Agua Cloruros
Lavado de deionizadores	Agua Cloruros
Agua de desechos de laboratorio	Detergentes Sales orgánicas e inorgánicas Polímeros al agua
Desagüe doméstico	Agua de servicios higiénicos
Producción	Residuos de materias primas
Total de desechos	Agua Detergentes Sales orgánicas e inorgánicas Polímeros al agua Agua de servicios Higiénicos Residuos de materias primas

Estos desechos representan un porcentaje muy pequeño del efluente líquido.

2.3 Descripción de la planta de tratamiento de agua residual actual

La planta de tratamiento de aguas residuales recepciona efluentes líquidos producidos en los procesos productivos y que, previo tratamiento, serán descargados como agua para riego hacia los terrenos de cultivo adyacentes.

Esta planta de tratamiento consta de una cámara de mezcla en la que se reúne todos los desagües de la planta.

Posteriormente, estos efluentes pasan a la cámara de pretratamiento, donde se separan los sólidos más grandes a través de una reja y la grasa en una trampa de grasas. Luego el líquido pasa a la cámara húmeda donde empieza el proceso de decantación, y es bombeada al tanque regulador de caudal, que asegura la salida de un caudal constante hacia las unidades de tratamiento. El efluente pasa al sedimentador, donde por decantación, el agua limpia es dirigida hacia los sistemas de riego, y las partículas en estado coloidal sedimentan por gravedad. El lodo que queda en la parte inferior del sedimentador, como todavía está constituido de partículas muy pequeñas y agua, es bombeado al lecho de secado. En este lecho, el lodo queda sobre la arena fina, el agua filtrada es bombeada nuevamente a la cámara húmeda.

El monitoreo del agua es realizado en el tanque regulador de caudal antes del tratamiento y en la salida del sedimentador. El mantenimiento y limpieza de la planta de tratamiento se realiza como mínimo una vez al año o con mayor frecuencia según indicación del resultado de monitoreo efectuado por el laboratorio de la planta.

El plano de la planta de tratamiento de agua residual actual se encuentra en el apéndice M.

2.4 Parámetros de funcionamiento

La planta de tratamiento controla los siguientes parámetros para su funcionamiento:

- pH : en el regulador de caudal y en la salida del sedimentador.
- Sólidos suspendidos : en la salida del sedimentador.
- Nivel de sólidos: en el lecho de secado.

2.5 Planteamiento del problema

- La carga contaminante del efluente de esta planta se encuentra por encima de los límites máximos permisibles, según las leyes nacionales e internacionales.
- El agua de la cámara húmeda se regresa a la cámara de pretratamiento.
- El sedimentador y los lechos de secado son superados en su capacidad.

III. NORMAS DE CALIDAD DE AGUA

3.1 Calidad de agua de proceso y el agua residual

Los criterios de calidad han sido determinados de la siguiente manera:

Para el agua de proceso:

1. Agua blanda: Exenta de materias sólidas que puedan producir depósitos calcáreos, incrustaciones y materias químicas dañinas.
2. Agua deionizada: agua purificada libre de iones.

De acuerdo con la resolución ministerial N°026-2000-ITINCI/DM, Protocolo de Monitoreo de efluentes líquidos y emisiones atmosféricas, los parámetros que se tiene que medir al agua de proceso son temperatura, pH, aceites y grasas, sólidos suspendidos y DBO₅.

Los resultados de los análisis son los siguientes:

Agua Blanda:

Temperatura:	21 °C
pH:	7
Aceites y grasas:	16,2 mg/L
Sólidos Suspendidos:	0 mg/L
DBO ₅ :	60 mg/L

Agua deionizada:

Temperatura:	18 °C
pH:	7
Aceites y grasas:	11,4 mg/L
Sólidos Suspendidos:	0 mg/L
DBO ₅ :	20 mg/L

Para el agua residual:

1. Agua del lavado de reactores y desechos líquidos del laboratorio
2. Agua del lavado de envases de materias primas y productos terminados
3. Agua del desagüe doméstico

La calidad del agua residual se explica en los capítulos IV y V.

3.2 Legislación peruana sobre efluentes líquidos

El aspecto fundamental a discutir en relación con los aspectos legales en la lucha contra la contaminación de los cursos y cuerpos de agua, es establecer el grado de limpieza que deben poseer los cuerpos de agua. La premisa fundamental para limitar el ingreso de contaminantes en los cursos de agua es la necesidad de conservarlos para uso mejores.

El interés público será bien servido únicamente cuando los beneficios obtenidos, cuantificados, son mayores al costo que requieren su protección. Para establecer un programa práctico en el control de la polución se debe establecer en principio que el grado de limpieza en un curso de agua debe basarse en el uso que se le da o en el que se podría darse .

La constitución de 1993, por su carácter de norma de mayor jerarquía, constituye el marco legal obligado de las regulaciones legales sobre el medio ambiente y los recursos naturales.

En ella se establece que la persona-humana es el " fin supremo de la sociedad y el estado", y el medio ambiente en donde se desenvuelve.

La norma postula el derecho de la persona de habitar en un ambiente saludable, lo que constituye una premisa específica dentro del derecho genético que se reconoce a la persona humana de proteger su salud integral.

El deber de conservar el medio ambiente es también una modalidad de principio general, que obliga a los miembros de la colectividad a participar

en la promoción y defensa de su salud, la de su medio familiar y de la comunidad.

La Constitución ha hecho recaer en el Estado la función de evaluar y preservar los recursos naturales, fomentar su racional aprovechamiento y promover su industrialización para impulsar el desarrollo económico. El desarrollo equilibrado impone al Estado la obligación de controlar y prevenir la contaminación ambiental.

En ese marco en el país se desarrolló la MATERIA LEGAL SECTORIAL siguiente:

La Ley General de Aguas

Para todo tipo de vertimiento líquidos, esta ley es la que determina las obligaciones y sanciones. Por ello, en nuestro caso requiere de una descripción y análisis más profundo.

El Ministerio de Salud , por Decreto Supremo D.L. N° 177752 de 4 de febrero de 1965, emitió un Reglamento para el Control Sanitario de la Contaminación y Polución de los Cursos Naturales de Agua, que en el año 1967 pasó a formar parte de la Ley General de Aguas aprobado por Decreto Supremo N° 261-167-AP. Fue modificado posteriormente mediante Decreto Supremo N° 007-83-SA de fecha 11 de marzo de 1983 en los artículos 81 y 82 del Reglamento de Títulos I, II, III del D.L. 17752, estableciendo nuevas clasificaciones de cursos de agua así como nuevos valores límites permisibles de acuerdo a su uso. Este reglamento es el mejor dotado en el país para llevar adelante acciones ejecutivas que permitan iniciar una política de promoción, protección y restricción en este campo; cuenta con un capítulo de definiciones que es básico en este tipo de documento, clasifica en seis categorías todos los cursos de agua desde el punto de vista de su calidad físico - química y biológica. Los cursos de la primera, segunda y tercera categoría que constituyen alcantarillas a cielo abierto. En las categorías intermedias de acuerdo a su

composición química y tenores de composición de coliformes, establece los tipos de tratamiento a que quedan sujetos para fines de abastecimiento de agua potable.

Se reitera la obligación de las municipalidades de no entregar licencias de construcción de industrias que requieran descarga de su desagüe directamente en los cuerpos de agua sin la previa autorización de la Autoridad Sanitaria. Se señala que el mantenimiento y funcionamiento de las plantas de tratamiento quedan a cargo de los establecimientos industriales que así lo requieran, se establece que cualquier modificación de volumen o calidad de las descargas queda sujeta a nueva aprobación. El artículo 22 establece las sanciones con multa en dinero efectivo, pudiendo llegar hasta la clausura del local.

Establece los plazos de cumplimiento, fija el grado de responsabilidad de las empresas estableciendo inclusive en el caso de las entidades públicas, están obligadas de presentar al Ministerio de Salud, los estudios y proyectos para el tratamiento de desagües de las ciudades, siempre que estas difieran de las condiciones físico – químicas y biológicas de los cursos de agua receptoras, una vez encuadrados dentro de la clasificación del reglamento.

El artículo 81 establece que la calidad de los cuerpos de agua en general, ya sea terrestre o marítimo del país, se clasificará según su usos.

Cuadro N° 2

Clasificación de los cuerpos de agua según la Ley General de aguas

Tipo de agua	Clasificación (D.S.007-83-SA)
Clase I	Agua de abastecimiento con simple desinfección.
Clase II	Agua de abastecimiento doméstica con tratamiento equivalente de procesos combinados de mezcla, coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.
Clase III	Agua para riego de vegetales, de consumo crudo y bebida de animales.
Clase IV	Agua de zona recreativa de contacto primario (baños y similares).
Clase V	Agua de zona de pesca, mariscos y livalvos.
Clase IV	Agua de zona de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

El artículo 82 establece igualmente los límites permisibles de elementos contaminantes que contengan esta agua para efecto de su protección.

Límites permisibles

I. Límites bacteriológicos (valores en N.M.P./100 mL, entendidos como valor máximo de 80% de cinco a más 33 muestras mensuales)

Cuadro N° 3

PARAMETRO	CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE IV	CLASE V	CLASE VI
Coliformes totales	8,8	20000	5000	500	1000	20000
Coliformes fecales	0	4000	1000	1000	200	4000

II. Límites de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO en 5 días, 20° C) y de oxígeno disuelto, valores en mg/L

Cuadro N° 4

PARAMETRO	CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE IV	CLASE V	CLASE VI
DBO	5	5	15	10	10	10
OD	3	3	3	3	5	4

III. Límites de los parámetros fisicoquímicos que incluyen sustancias potencialmente peligrosas (valores en mg m^{-3})

Cuadro N° 5

PARAMETRO	CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE V	CLASE VI
Selenio	10	10	50	5	10
Mercurio	2	2	10	0	0
PCB	1	1	1+	2	2
Esteres Estalatos	0,3	0,3	0,3	0	0
Cadmio	10	10	50	0	4
Cromo	50	50	1000	50	50
Níquel	2	2	1+	2	**
Cobre	1000	1000	500	10	*
Plomo	50	50	100	10	30
Zinc	500	500	25000	20	**
Cianuros(CN)	200	200	1+	5	5
Fenoles	0,5	0,5	1+	1	100
Sulfuros	1	1	1+	2	2
Arsénico	100	100	200	10	50
Nitratos(N)	10	10	100	N.A	N.A

PCB: Policlorobifenilos

IV. Límites de sustancias o parámetros potencialmente perjudiciales (valores en mg/L).

Cuadro N° 6

PARÁMETRO	CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE IV
Material extractable en hexano (M.E.H)	1,5	1,5	1	0,2
Sustancias activas de azul metileno(S.A.A.M)	0,5	0,5	1	0,5
Extracción de columna de carbón activado por alcohol (C.A.E)	1,5	1,5	5	5
Extracción de columna de carbón activado por cloroformo (C.C.E)	0,3	0,3	1	1

*Pruebas de 96 horas LC 50 multiplicadas por 0,1

** Pruebas de 96 horas LC 50 multiplicadas por 0,1

LC50 Dosis letal para provocar 50% de muertes o inmovilización de la especie del BIO ENSAYO

1+ Valores a ser determinados, en caso de sospechar su presencia se aplicara los valores de la columna V provisionalmente

N.A valor no aplicable

El Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales

Fue aprobado por Decreto Legislativo N° 613, mucho se ha discutido acerca de si el Perú necesita un código de medio ambiente o si esta verdaderamente preparado para tener uno. En general, se estima que el código es la ultima fase de un proceso que se inicia con una ley general del Ambiente, cuya aplicación e implemento en el curso de los años permita contar con la experiencia y preparación necesaria para enfrentar el nuevo reto que significa un código del Ambiente.

El código peruano, sin embargo, no rompe con este proceso pues se ocupa fundamentalmente de sentar las bases de desarrollo sostenible, lo que en términos concretos significa una propuesta de desarrollo económicamente viable, ecológicamente sana y socialmente aceptada.

En resumen, una sucesión de premisas ideales y románticas a la que se aspira llegar, lejos de reemplazar la legislación vigente de relevancia ambiental, el código le da un sentido, una razón de ser, la opta de un marco conceptual y jurídico en virtud del cual lo que era disperso y contradictorio es ahora sistemático, en ese orden de ideas el nuevo código no debe ser entendido como un instrumento conflictivo o negativo para el desarrollo, por el contrario es menester comprenderlo en sus verdaderos propósitos, pues solo así será posible lograr una verdadera interacción entre el estado y los demás sectores para la formulación de una estrategia de desarrollo, que además de tomar en cuenta la

dimensión ambiental, integre al país en los esfuerzos de otros estados por conservar el ambiente.

Reglamento de Descarga Industriales (Comerciales e industriales) de SEDAPAL

Aprobado por D.S. 28-60 S.A.PL.

Determinar las obligaciones de todo establecimiento comercial e industrial ante SEDAPAL, y es que todo los efluentes que se vierten en los colectores público deben tener características establecidas en el reglamento. Estos valores se basan en que todo desagüe que se vierte al colector público debe tener características idénticas a la de los desagües domésticos

Límites Normales de los Desagües Industriales

Cuadro N° 7

DBO ₅	250 ppm
Sólidos Sedimentables	8,5 ml L ⁻¹ h ⁻¹
Temperatura	< 35°C
Punto de ignición	>90°C
pH	5 – 8,5

Así mismo, se establecen los residuos industriales no admisibles en las redes. Se especifica a continuación :

Residuos industriales no admisibles en las redes.

Queda prohibido el ingreso directo a las redes de desagües de :

El agua de lavado de pisos y talleres y fábricas, el agua sobrantes de construcción civil, basuras ó resto de comida, gasolina y solventes industriales, barros y arenas, alquitranes, materiales bituminosos y viscosos, plumas , huesos, trapos é hilazas, trozos de metal, vidrio, madera , cerámica y materiales similares capaces de atorar.

Gases malolientes ó peligrosos para la vida y la salud.

Productos residuales del petróleo.

Aceite volátiles, ni minerales ó insolubles.

Residuos que puedan ser tóxicos para o convertirse en tales o mezclarse con los ácidos naturales del desagüe cianuro, fenoles, arseniato, etc.

· Altas concentraciones de sulfuros, sulfitos y sulfato.

Materiales radioactivos en condiciones y concentraciones superiores a los establecidos en los reglamentos internacionales en la materia.

Residuos de camales, caballerizas, establos y similares.

Iones de materiales pesados.

Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades de la Industria Manufacturera

Art. 5° El titular de cualquier actividad de la industria es responsable por las emisiones, vertimientos, descarga y disposición de desechos que se produzcan como resultado de los procesos efectuados en sus instalaciones, de los daños a la salud o seguridad a las personas, efectos adversos o sobre los ecosistemas o sobre la cantidad o calidad de los recursos naturales y, en general, de los efectos o impactos resultantes de sus actividades.

Art. 6° Obligaciones del titular.- Son obligaciones del titular de la industria manufacturera, sin perjuicio del cumplimiento de las normas ambientales:

1. Poner en marcha y mantener programas de prevención de la contaminación, a fin de reducir o eliminar la generación de elementos o sustancias contaminantes en la fuente generadora y limitando su ingreso al sistema o infraestructura de disposición de residuo, así como su vertimiento o emisión al ambiente.

2. Evitar e impedir que, como resultado de las emisiones, vertimientos descargas y disposición de desechos, no se cumpla con patrones ambientales, adoptándose para tal efecto las medidas de control de la contaminación que correspondan.
3. Ejecutar los programas de prevención y las medidas de control contenidas en el EIA, DIA o PAMA.
4. Adoptar sistemas adecuados de muestreo y análisis químicos, físicos, biológicos, mecánicos y otros que permitan monitorear en forma estadísticamente válida los efluentes o residuos líquidos y sólidos, las emisiones gaseosas, los ruidos y otros que pueda generar su actividad, en cada uno de sus procesos los programas de seguimiento y control deberán ser permanentes y mantenerse actualizados, consignados en ellos la información referida al tipo y volumen de los efluentes o residuos, y las concentraciones de las sustancias contenidas en estos.
5. Llevar un registro de los muestreos periódicos realizados y sus respectivos análisis, antes y después del uso de aguas por plantas industriales o instalaciones fabriles, cuando su utilización provenga de cuerpos de agua que contengan sustancias contaminantes, que se encuentren por encima de los patrones ambientales establecidos.
6. Contar con medios que controlen y minimicen la descarga de contaminantes que afecten negativamente la calidad del aire, agua o suelos.
7. Adoptar las medidas necesarias para disminuir y mitigar el impacto de las actividades que realizan.

D.S. N°019-97-ITINCI

Comentario:

Al realizar el tratamiento de las aguas residuales se está cumpliendo con los artículos 5 y 6. Todo los procedimientos y operaciones para diseñar y poner en marcha la planta de tratamiento de aguas residuales engloban todas las obligaciones que tiene el titular según el Art. 6 para sus residuos líquidos.

De acuerdo al Art. 6 el titular está en la obligación de ejecutar los programas de prevención y las medidas de control contenidas en el EIA, DIA o PAMA. Sin embargo, el Art. 8 dice: Documentos exigibles.- las actividades de la industria manufacturera están sujetas a la presentación:

Actividades en curso.- Un PAMA para el caso de actividades en curso que deban ADECUARSE A LAS REGULACIONES AMBIENTALES aprobadas por la autoridad competente.

Para esta industria no se ha promulgado ninguna ley o regulaciones ambientales que incluyan patrones ambientales (Límites máximos permisibles de emisión). Por esta razón, y siguiendo lo especificado en el art. 8, la industria no está en la obligación de realizar un PAMA.

Protocolo de Monitoreo de Efluentes Líquidos y Emisiones Atmosféricas**Base legal**

En tanto, no exista los LMP para el sector industrial manufacturero, se tomarán como referencia un estándar internacional o de nivel internacional cuya selección deberá ser debidamente sustentada.

Selección del parámetros

La selección de los parámetros dependerá de los objetivos del programa de monitoreo. Para los Monitoreos preliminares, cuando no se conocen los parámetros importantes a analizar, se debe utilizar el cuadro N° 9,

donde figuran algunas industrias. En tanto no se aprueben las guías específicas, para cada sub-sector en monitoreos posteriores podrán seleccionarse solo los indicadores más importantes (cuadro N° 8), que variarán de acuerdo al tipo de actividad industrial, los insumos utilizados y la tecnología empleada.

El cuadro N° 8 muestra los parámetros que deben ser monitoreados para la caracterización de efluentes industriales y cuerpos receptores. Incluirán como mínimo dos parámetros específicos para cada tipo de industria, cuando sea factible, para lo cual será necesario identificar los insumos utilizados en los procesos de las plantas, y sus posibles efectos en la calidad de agua. La Autoridad competente, de ser necesario, podrá requerir la inclusión de parámetros adicionales.

Cuadro N° 8

Monitoreo de Efluentes Líquidos y Cuerpos Receptores

Parámetros	Efluente Industrial	Cuerpo Receptor
CAUDAL	Si	Si
TEMPERATURA	Si	Si
DBO ₅	Si	Si
pH	Si	Si
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	Variable	Variable
ACEITES Y GRASAS	Si	Variable

Cuadro N° 9
Contaminantes Potenciales Seleccionados en Efluentes

	Aceites y grasas	acetonas	amoniaco	benceno	butadieno	cianuros	Cromo total	Cromd VI	DBO ₅	DQO	fenoles	fluoruros	Mercurios	metanol	Metil-etil cetona	pH	SST	sulfuros	tolueno	xileno	zinc
resinas sintéticas, materiales plásticos y fibras artificiales	x	x	x					x	x	x		x			x	x	x	x	x	x	x
sustancias y productos químicos		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x	x		x	x	x

R.M. N°026-2000 ITINCI/DM

3.3 Legislación internacional sobre efluentes líquidos

Las exigencias medio ambientales en el mundo han determinado que los diferentes países y regiones establezcan normas de límites permisibles para sustancias consideradas contaminantes. Estos límites, por lo general, son conceptuados entre los organismos reguladores del estado y la actividad privada. En algunas regiones han superado sus propios límites establecidos.

De acuerdo con el protocolo de monitoreos de efluentes líquidos y emisiones atmosféricas, R.M. N°026-2000 ITINCI/DM, y en tanto, no exista los LMP para el sector industrial manufacturero, se tomará como referencia un estándar internacional o de nivel internacional cuya selección deberá ser debidamente sustentada.

Marco legal de México

Norma oficial Mexicana NOM-CCA-030-ECO/1993

Establece los límites máximos permisibles de los contaminantes, en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de jabones y detergentes.

El campo de aplicación de esta norma oficial mexicana es de uso obligatorio para los responsables de las descargas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de jabones y detergentes.

Estas deben cumplir con las especificaciones que se indican en el cuadro N° 10.

Cuadro N° 10
Límites Máximos Permisibles

Parámetros	LMP (promedio diario)
pH	6 – 9
Sólidos suspendidos totales(mg/L)	50
Grasas y aceites (mg/L)	40
Sólidos sedimentables (ml/L)	1
DBO ₅ (mg/L)	130
DQO (mg/L)	260
SAAM (mg/L)	10

En el caso de que el agua de abastecimiento contenga algunos de los parámetros que se encuentran regulados en esta norma, no será imputable al responsable de la descarga, y este tendrá derecho a que la

autoridad competente le fije, previa solicitud, condiciones particulares de descarga.

En el caso que se identifiquen descargas que a pesar del cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en esta norma causen efectos negativos en el cuerpo receptor, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través de la Comisión Nacional del Agua, fijará condiciones particulares de descarga para señalar límites máximos permisibles más estrictos de los parámetros del cuadro N° 10; además, podrá establecer límites máximos permisibles si lo consideran necesario, en los siguientes parámetros: fósforo total, materia flotante, metales pesados, nitrógeno total, relación de adsorción de sodio, temperatura, tóxicos orgánicos, unidades de toxicidad aguda con *Dahnia magna*

Norma oficial Mexicana NOM-CCA-005-ECO/1993

Establece los límites máximos permisibles de los contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de Polímeros.

El campo de aplicación de esta norma oficial mexicana es de uso obligatoria para los responsables de las descargas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de Polímeros.

Estas descargas deben cumplir con las especificaciones que se indican en el cuadro N° 11.

Cuadro N° 11
Límites Máximos Permisibles

Parámetros	LMP (promedio diario)
pH	6 – 9
Sólidos suspendidos totales(mg/L)	70
Grasas y aceites (mg/L)	15
Sólidos sedimentables (ml/L)	1
DBO ₅ (mg/L)	100
DQO (mg/L)	200
Fluoruros (mg/L)	10
Fenoles (mg/L)	0,5

En el caso de que el agua de abastecimiento contenga algunos de los parámetros que se encuentran regulados en esta norma, no será imputable al responsable de la descarga, y este tendrá derecho a que la autoridad competente le fije, previa solicitud, condiciones particulares de descarga

En el caso que se identifiquen descargas que a pesar del cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en esta norma causen efectos negativos en el cuerpo receptor, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través de la Comisión Nacional del Agua, fijará condiciones particulares de descarga para señalar límites máximos permisibles más estrictos de los parámetros del cuadro N° 11; además, podrá establecer límites máximos permisibles si lo consideran necesario, en los siguientes parámetros: cianuros, compuestos orgánicos nitrogenados, conductividad eléctrica, derivados celulósicos, fósforo total, materia flotante, metales pesados, poliamidas, resinas acrílicas, silicones, sólidos disueltos totales, temperatura, tóxicos orgánicos, unidades de toxicidad aguda con *Dahnia magna*.

BANCO MUNDIAL

El Banco Mundial propone límites para la preservación del medio ambiente, en base a la información de países desarrollados, tal como se muestra en el Cuadro N° 12.

Cuadro N° 12

Límites Máximos Permisibles Generales del Medio Ambiente

Parámetros	LMP
pH	6 – 9
DBO ₅ (mg/L)	50
DQO(mg/L)	250
Aceites y grasas (mg/L)	10
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	50
Metales pesados (mg/L)	10
Arsénico (mg/L)	0,1
Cadmio (mg/L)	0,1
Cromo hexavalente (mg/L)	0,1
Cromo total (mg/L)	0,5
Cobre (mg/L)	0,5
Fierro (mg/L)	3,5
Plomo (mg/L)	0,1
Mercurio (mg/L)	0,01
Níquel (mg/L)	0,5
Selenio (mg/L)	0,1
Plata (mg/L)	0,5
Zinc (mg/L)	2,0
Cianuro total (mg/L)	1,0
Amoniaco (mg/L)	10
Fluoruro (mg/L)	20
Cloro total residual (mg/L)	0,2
Fenol (mg/L)	0,5
Sulfuros (mg/L)	1,0
Incremento de Temperatura	< 3°C

3.4 Análisis comparativo de la legislación internacional y las normas peruanas

En el siguiente cuadro se compara los límites permisibles de los parámetros potenciales de contaminación, en base a la legislación internacional y las normas peruanas, con el fin de establecer los límites permisibles para la manufactura de insumos utilizados en la industria textil y pinturas que se adecuen a nuestra realidad socio-económica y política.

Cuadro N° 13

Parámetros	México		Perú		Banco Mundial
	Polímeros (Promedio diario)	Detergentes (Promedio diario)	Ley General de aguas (Clase III)	Desagües Industriales	Normas generales del medio ambiente
pH	6 – 9	6 – 9		5 – 8,5	6 – 9
Sólidos suspendidos totales(mg/ L)	70	50		8,5	50
Grasa y aceites (mg/ L)	15	40	0,5	0,1	10
Sólidos sedimentables (mg/ L)	1	1			
DQO (mg /L)	200	260			250
DBO ₅ (mg /L)	100	130	15	250	50
Fenoles (mg /L)	0,5		1		0,5
SAAM (mg/ L)		10	1		
Zinc (mg/ L)			25		2
Plomo (mg/ L)			0,1		0,1
Cianuro (mg/ L)			1		1
Sulfuros (mg/ L)			1		1
Temperatura (°C)				< 35	+3 *

* incremento de temperatura

En el cuadro se aprecia que el Banco Mundial propone límites permisibles que se encuentran entre la legislación mexicana y las normas peruanas.

3.5 Parámetros potenciales de contaminación para el proceso de manufactura

De acuerdo a la industria en estudio, su proceso de manufactura y las materias primas que utilizan, se determinaron los siguientes parámetros potenciales de contaminación, mostrados en el cuadro N° 14.

Los límites permisibles propuestos pertenecen al Banco Mundial, por su importancia a nivel internacional, a su flexibilidad y porque está dirigido a países en vías de desarrollo, en comparación con las legislaciones y normas mencionadas en el cuadro N° 13.

Cuadro N° 14
Parámetros Potenciales Propuestos

Parámetros	Unidades	LP propuestos
pH	AD	6 – 9
Sólidos suspendidos totales	mg/L	50
Grasas y aceites	mg/L	10
DBO ₅	mg/L	250
DQO	mg/L	50
Plomo	mg/L	0,1
Zinc	mg/L	2,0
Fenoles	mg/L	0,5
Sulfuros	mg/L	1,0
Cianuros	mg/L	1,0
Incremento de Temperatura	°C	<3

IV. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

4.1 Identificación de los efluentes

La planta consta de 3 efluentes líquidos

- Efluente generado por el lavado de reactores y desechos líquidos del laboratorio
- Efluente generado por el lavado de envases de producto terminado y materia prima.
- Desagüe doméstico.

Estos efluentes son recepcionados en una poza de concreto (Cámara de Mezcla) de aproximadamente 30m³; la mezcla de estos tres efluentes presenta una apariencia variable, donde se puede observar lo siguiente:

- Líquido transparente con o sin aceites y grasas en la superficie.
- Líquido lechoso con y sin aceites y grasas en la superficie.

4.2 Metodología de la toma de muestra

La toma de muestras se realiza en dos puntos:

- En la descarga del efluente de lavado de reactores y desechos líquidos del laboratorio a la poza de concreto.
- En la descarga del efluente de lavado de envases a la poza de concreto.

El desagüe doméstico no se muestrea, porque su caudal es mucho menor a comparación de los otros efluentes.

El muestreo se realiza cada dos horas en frascos de vidrio de 200ml con tapa esmerilada. Estas muestras simples se preservan en refrigeración después de cada muestreo, luego se realiza una mezcla de todas las

muestras simples para obtener una muestra compuesta representativa del día.

Parámetros medidos in situ:

- Caudal
- Temperatura del los efluentes
- Temperatura ambiental
- pH de cada efluente

Parámetros medidos en laboratorio:

- Sólidos suspendidos
- Aceites y grasas
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Concentración de plomo
- Concentración de zinc
- Concentración de fenoles
- Concentración de cianuros
- Concentración de sulfuros
- Sustancias activas al azul de metileno (S.A.A.M)

La muestra compuesta del día se separa por el tipo de preservante, según el cuadro N° 15.

Cuadro N° 15

PRESERVANTE	VOLUMEN MÍNIMO DE MUESTRA(ml)	PARÁMETROS A MEDIR
Refrigeración 4°C	300 1000 100	D.B.O. Sólidos S.A.A.M.
Refrigeración 4°C y pH < 2 con H ₂ SO ₄	1000	Aceite y grasa
Refrigeración 4°C y pH a 12 con NaOH	500	Cianuro
Refrigeración 4°C y pH < 4 con H ₃ PO ₄ +1.0g CuSO ₄	500 100	Fenoles DQO
2ml acetato de zinc por litro	200	Sulfuros
pH < 2 con HNO ₃	100 100	Pb Zn

El muestreo se realiza durante dos meses, tiempo promedio para producir todos los productos, y que los efluentes abarquen la mayoría de contaminantes, por lo tanto se tendrá una muestra representativa.

4.3 Determinación de los caudales

El caudal es medido registrando el volumen del líquido que se acumula en determinado periodo de tiempo. Este método se usó por las siguientes razones:

- Las tuberías de descarga son al aire libre
- Se cuenta con los equipos de medida

La temperatura de los efluentes y la del ambiente son medidas con un termómetro de mercurio, de escala – 10 a 150°C.

El pH se mide con papel indicador universal pH 0 – 14 y con un potenciómetro.

Análisis de los resultados del caudal

Es necesario analizar con detenimiento , a partir de los datos disponibles, las características y variaciones de los caudales, pues afectan en gran medida al diseño de las instalaciones de tratamiento.

El análisis de datos se realiza en base a métodos estadísticos obteniendo los siguientes resultados:

El caudal promedio es $7,2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ y el caudal máximo que puede presentarse es $22 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, proyectado para un año.

Como se mencionó anteriormente, estos datos sirven como parámetros de diseño de equipos y accesorios de la planta de tratamiento.

Los cálculos estadísticos se encuentran en el Apéndice E.

4.4 Determinación de la carga contaminante

La selección de la carga contaminante y los métodos estandarizados para el análisis se determinaron de acuerdo al protocolo de monitoreo de efluentes líquidos y emisiones atmosféricas establecidos en la Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI/DM, mencionado en el capítulo III.

En el cuadro N° 16, se muestran los parámetros medidos con sus respectivos métodos.

Cuadro N° 16

PARÁMETROS	METODO ESTANDAR APHA
pH	Potenciométrico
Cianuros	4500 CN –C y D
Demanda Bioquímica de oxígeno (D.B.O)	5210-B
Demanda Química de oxígeno (D.Q.O)	5220-B
Fenoles	5530 B y D
Aceites y grasas	5520-B
Plomo	3500 – D
Sólidos suspendidos totales	2540 – D
Sulfuros	4500– S C y D
Sustancias activas en azul de metileno	5540 – C
Zinc	3500– E
Temperatura	2550 –B

4.5 Análisis de la composición del agua residual

Es necesario realizar un estudio estadístico de las cargas contaminantes, para determinar los valores representativos que caractericen el agua residual.

Cuadro N° 17
Composición del Agua Residual

PARÁMETRO	VALORES REPRESENTATIVOS
pH (AD)	7,5 –12
Cianuros (mg/L)	0,003
Demanda Bioquímica de oxígeno D.B.O (mg/L)	208
Demanda Química de oxígeno D.Q.O (mg/L)	2496
Fenoles (mg/L)	0,101
Aceites y grasas (mg/L)	240
Plomo (mg/L)	0,238
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	994
Sulfuros (mg/L)	1,4
Sustancias activas en azul de metileno (mg/L)	6,58
Zinc (mg/L)	2,3
Variación con respecto a la Temperatura ambiente(°C)	<u>+2</u>

Los cálculos estadísticos de las cargas contaminantes, se encuentran en el Apéndice F.

4.6 Evaluación de las características del efluente con los límites permisibles propuestos

Propuesto los límites permisibles en base a las diferentes legislaciones, y caracterizado el efluente, este es comparado para determinar los parámetros que necesitan ser tratados.

Cuadro Nº 18

Cuadro comparativo del efluente y los Límites Permisibles (LP) propuestos

PARÁMETRO	EFLUENTE DE LA PLANTA	LP PROPUESTO
PH	7-12	6 - 9
Cianuros (mg/L)	0,003	1
Demanda Bioquímica de oxígeno D.B.O (mg/L)	208	50
Demanda Química de oxígeno D.Q.O (mg/L)	2496	250
Fenoles (mg/L)	0,101	0.5
Aceites y grasas (mg/L)	240	40
Plomo (mg/L)	0,238	0,1
Sólidos en suspensión (mg/L)	994	70
Sulfuros (mg/L)	1,4	1
Sustancias activas en azul de metileno (mg/L)	6,58	
Zinc (mg/L)	2,3	2
Incremento de Temperatura (°C)	+2	+3

Del cuadro se observa que los parámetros excedentes a los Límites Permisibles son: D.B.O, D.Q.O, aceites y grasas, sólidos en suspensión, plomo y zinc. Estos serán tratados con la tecnología propuesta en el capítulo siguiente.

4.7 Impacto ambiental potencial generado por los efluentes líquidos

El grado de peligrosidad de una sustancia depende de su estructura molecular, si se degrada en sustancias más simples como CO₂ y agua, la toxicidad se reduce considerablemente. En cambio, aquellas que no se degradan mantienen su peligrosidad por largo tiempo.

Otro aspecto importante es el volumen del producto, su concentración y el grado de exposición: para cada persona, animal o planta expuestas se transforma en una dosis, que puede tener efectos agudos o crónicos, o llegar a ser mortal.

El impacto ambiental de los efluentes producidos por la industria en estudio se presenta en el cuadro N° 18.

Cuadro N° 18

Efectos de los Contaminantes en el Medio Ambiente

PARAMETRO	IMPACTO AMBIENTAL
Cianuros	Son extremadamente tóxicos especialmente a un nivel bajo de pH. Inhiben las reacciones de oxidación que permite la respiración celular.
Cloruros	No es tóxico a menos que se presente en grandes cantidades. Los peces de agua dulce pueden soportar hasta 3000 ppm .
Demanda Bioquímica de oxígeno D.B.O	Está relacionado con la medición del oxígeno disuelto, que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica, si no es tratado este contaminante puede llevar al desarrollo de condiciones sépticas.
Fenoles	Afectan las propiedades organolépticas del agua. Tóxico para la vida acuática. Peligroso por la formación de clorofenoles.

Aceites y grasas	Crean problemas de sabor , producen espumas revisten los filamentos de las branquias de los peces produciendo sofocación, además pueden recubrir y destruir algas, plancton y organismos submarinos. La película aceitosa puede interferir en el proceso de reacción y fotosíntesis
Plomo	Es un veneno que actúa por acumulación y afecta la sangre y los huesos .
Sólidos en suspensión	Reduce el crecimiento de peces.
Sulfuros	Efectos letales para peces de agua dulce, también causan debilitamiento progresivo y muerte en el ganado. Olor desagradable.
Sustancias activas en azul de metileno	Disminución de la absorción de oxígeno de la atmósfera, y de su disolución, aún en ausencia de espuma, por aparición de una película aislante que se forma en la superficie cuando se descarga a un cuerpo receptor de agua.
Zinc	Varía el oxígeno disuelto, el pH y las concentraciones de calcio y magnesio. Tóxico para el medio ambiente acuático

V. INGENIERIA DE PROYECTO

5.1 Generalidades

Como resultado de la gran variedad de procesos industriales, se tendrá diversos efluentes, y el propósito de este capítulo es el diseño de una tecnología de tratamiento de agua residual industrial, originado por la manufactura de insumos utilizados en la industria textil y pinturas, que funcione técnica y económicamente.

La planta de tratamiento de agua residual es una instalación que permite eliminar parcial o totalmente las cargas contaminantes que contiene el agua residual para verterlos a los receptores correspondientes. En resumen, la planta de tratamiento de agua residual está conformada por las siguientes unidades: Cámara de mezcla, rejas, trampa de grasas, cámara de bombeo, cámara de regulación de caudal, neutralizador con adición de ácido, mezclador con la adición de sulfato férrico como coagulante, floculador, sedimentador y tres lechos de secado.

Los resultados obtenidos al probar todas las etapas seleccionadas a nivel de laboratorio fueron: agua tratada, con 93% de remoción de DQO, 80% de remoción de DBO₅, 98% de remoción de sólidos suspendidos, 90% de remoción de plomo, 90% de remoción de zinc y 92% de remoción de aceites y grasas.

De esta forma, cuando se habla de tratamiento de agua residual no solamente se refiere al agua, sino que implica un complejo proceso tecnológico que engloba el concepto de tratamiento de aguas, y un conjunto de problemas con exigencias y retos que están en una constante evolución.

5.2 Criterios técnicos y económicos en la selección de la tecnología de tratamiento

Evaluación de las Tecnologías Tratadas

Descripción general de la metodología de evaluación

La evaluación se da en 2 etapas:

Primera Etapa:

Se identifican los procesos de mejor aplicación en el área de estudio sobre la base del criterio de rendimiento y criterios de operación.

Los criterios de rendimiento incluyen la capacidad de remoción de contaminantes y las posibles condiciones ambientales negativas.

Los criterios operacionales incluyen las demandas de operación y el mantenimiento de la planta de tratamiento.

Los criterios de evaluación no tienen la misma importancia y/o potencial de impacto ambiental o de salud pública. Por ejemplo:

Si el efluente será finalmente descargado en el río, la remoción de las bacterias es importante como la remoción de sólidos totales; la importancia de cada criterio se refleja como un factor de ponderación utilizado en la matriz de evaluación.

Segunda Etapa:

Se determina la factibilidad de cada uno de los procesos propuestos, basados en costos y disposición de terreno.

Identificación de Procesos

Proceso 1

El tratamiento consiste en una cámara de mezcla, rejillas, una cámara de bombeo, una cámara de regulación de caudal, una poza de sedimentación y dos lechos de secado para lodos.

La cámara de mezcla recibe y mezcla los efluentes generados por el lavado de reactores, envases, desechos líquidos del laboratorio y servicios higiénicos.

Las rejillas se utilizan para retener sólidos gruesos existentes en el agua residual. Teniendo en cuenta que las concentraciones de los contaminantes y el caudal de entrada es variable, con la cámara de bombeo y el regulador de caudal es posible amortiguar este tipo de variaciones.

En el sedimentador se promueven condiciones de reposo, para separar sólidos en suspensión que se encuentran en el agua residual. Esta operación se basa en la diferencia del peso específico entre las partículas sólidas y el líquido donde se encuentran.

La desventaja de este proceso es la baja eficiencia en la remoción de cargas contaminantes como el DQO, sólidos suspendidos, DBO, aceites y grasas, etc; este proceso no permite la remoción de algunos sólidos suspendidos o la remoción de estos es lenta, sea por su composición, forma y/o tamaño.

La ventaja de este proceso es el bajo costo de inversión, operación y mantenimiento.

Proceso 2

El proceso consiste en una cámara de mezcla, rejillas, una trampa de grasas, una cámara de bombeo, una cámara de regulación de caudal, un mezclador con la adición de sulfato de aluminio, un floculador, un sedimentador y lechos de secado.

La trampa de grasa tiene como objetivo la separación de los aceites y grasas en el agua. La unidad consta de una poza semejante a un sedimentador, con dos deflectores a la entrada y salida de la unidad que le dan al agua la dirección hacia abajo, y obligan a los aceites y grasas a subir a la superficie donde se ha ubicado estratégicamente una poza para almacenar y evacuar los aceites y grasas; estos se depositan por gravedad en esta poza, luego son succionados por una bomba a los lechos de secado.

En el mezclador se realiza el proceso de coagulación, que consiste en adicionar al agua sulfato de aluminio, que tiene propiedades coagulantes, la cual transfiere sus iones a la sustancia que se desea remover neutralizando la carga eléctrica de los coloides (desestabilización) para favorecer la formación de flóculos de mayor tamaño y peso. Los coagulantes deben mezclarse rápidamente con el agua debido a que la formación de floc se produce en un corto tiempo.

El floculador reúne a las partículas desestabilizadas, para formar aglomeraciones de mayor peso y tamaño (flóculos) que sedimentan con mayor eficiencia. En esta unidad se le proporciona a la masa de agua una agitación lenta que debe promover el crecimiento de los flóculos y su conservación hasta que salgan de ella.

El sedimentador tiene las mismas características descritas en el proceso anterior.

La desventaja de este proceso es la alta producción de lodo y la baja remoción de carga contaminante. Este parámetro se refleja en los resultados del DQO y DBO₅ de este proceso.

La ventaja de este proceso es el bajo costo del sulfato de aluminio en comparación con otros agente químicos usados en este proceso.

Proceso 3

El proceso consiste en una cámara de mezcla, rejillas, una trampa de grasas, una cámara de bombeo, una cámara de regulación de caudal, un neutralizador con la adición de ácido, un mezclador con la adición de sulfato férrico, un floculador, un sedimentador y lechos de secado.

El proceso 3 tiene las mismas unidades que el proceso 2, variando solo el tipo de coagulante, en este caso es el sulfato férrico.

La desventaja es el mayor costo del coagulante en comparación al coagulante usado en el proceso 2. La ventaja es la alta remoción de carga contaminante. Este parámetro se refleja en los resultados del DQO y DBO₅ de este proceso.

Proceso 4

El proceso consiste en una cámara de mezcla, rejillas, un tanque de flotación con adición de productos químicos y tres lechos de secado.

La flotación es una operación que se emplea para la separación de las partículas sólidas o líquidas de una fase líquida; la separación se consigue introduciendo aire en la fase líquida .

Las burbujas se adhieren a las partículas, y la fuerza ascensional que experimenta el conjunto partícula-burbuja de aire, hacen que suban hasta la superficie del líquido; de esta forma es posible hacer ascender

partículas que son de mayor densidad que la del líquido y favorecer la ascensión de las partículas cuya densidad es inferior. Se mejora el rendimiento con la adición de productos químicos, porque estos crean una superficie que permite atrapar fácilmente las burbujas de aire.

El tanque de flotación está diseñado por una empresa extranjera, cuenta con una zona de aeración, zona de flotación, zona de descarga de lodos, sistema de aeración por cavitación y un sistema de scrappers (rastras). Ver Apéndice K.

La ventaja es que permite eliminar mejor las partículas pequeñas y ligeras en cortos periodos de tiempo, y el requerimiento de terreno es menor que en los otros procesos. Las desventajas son el alto costo de equipos, operación y mantenimiento, y la baja remoción de carga orgánica.

Criterios de Rendimiento

Remoción de DBO : La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es el parámetro que indica el contenido de materias orgánicas biológicamente degradables. Los microorganismos consumen oxígeno durante la degradación de la materia orgánica. El consumo del oxígeno depende, por consiguiente, de la cantidad de materia orgánica contenida en el agua residual. Pero si hay presencia de sustancias tóxicas en el agua residual ya no corresponde a dicha cantidad. En este caso el valor DBO es demasiado débil, pues la acción tóxica interfiere con la actividad de las bacterias.

Serian necesario un estudio de varias semanas para medir la totalidad de la demanda bioquímica de oxígeno de un agua residual. Para cortar este plazo demasiado largo se ha fijado una duración de referencia de 5 días. Así se habla de la DBO₅. La concentración inicial de DBO₅ para este proyecto es de 208 mg/L .

Remoción de DQO : Así como la DBO, la DQO es un parámetro que indica el contenido de materias orgánicas en el agua residual. En el caso de la DQO las materias orgánicas sufren una oxidación química porque contienen oxígeno. La concentración inicial del DQO es de 2496 mg/L.

Remoción de sólidos suspendidos : Los sólidos suspendidos dan lugar a la formación de depósitos y lodos. La concentración de sólidos suspendidos es de 994 mg/L.

Remoción de metales :Se encuentran trazas de metales como zinc y plomo, debido a la toxicidad de estos metales en cantidades excesivas que interferirán en el uso del agua.

Remoción de aceites y grasas : La presencia de aceites y grasas pueden provocar problemas en el mantenimiento de los equipos, también puede interferir con la vida biológica en aguas superficiales, crear películas y acumulaciones de materia flotante desagradables.

Generación de olores : Los olores ofensivos que emana una planta de tratamiento de aguas residuales, afectan de modo adverso las propiedades circundantes y en algunos casos, afectan negativamente a la salud pública, aún cuando ningún proceso de tratamiento está libre de olores. Existen variaciones en los diferentes tipos de tecnologías, resultando un factor inherente al tipo de proceso utilizado.

Producción de lodos : La producción de lodo se debe a las operaciones que se realizan en la planta de tratamiento como la separación de grasas, flotación y sedimentación. Este lodo debe almacenarse, desaguarse, tratarse y/o transportarse o desecharse. Implica problemas administrativos e impactos ambientales , así como costos adicionales.

Criterios de Operación

Confiabilidad : Medida subjetiva del porcentaje de tiempo en el que un proceso de tratamiento dado cumplirá con los objetivos de rendimiento. Los componentes de la confiabilidad podrían incluir la susceptibilidad a la pérdida de energía, errores operacionales o modificación de las características de la remoción de agua cruda.

Seguridad : Se refiere a seguridad por estructuras, maquinarias, equipos, y operaciones peligrosas. No hay una medida objetiva de seguridad, sin embargo, existe el peligro potencial asociado con un tipo de contaminante de la planta o equipo.

Complejidad: Algunos procesos de tratamiento se consideran más complejos que otros, debido a que presentan más subprocesos o componentes; utilizan un equipo más sofisticado o requieren un alto nivel de tecnificación por parte del operador.

Este criterio es importante pero puede manejarse dado los recursos disponibles.

Uso de químico: En algunos casos, el manejo de químicos requiere equipos especializados y un alto nivel de preparación por parte del operador. La administración de la planta se ve afectada ante la necesidad de adquirir y almacenar químicos, así como asegurar su uso seguro y adecuado.

Requerimiento de terreno: Las necesidades de terreno en un área industrial para el tratamiento de aguas residuales, excluye el uso de suelo para otro propósito.

Primera Etapa de Evaluación

Se elabora una tabla comparativa para todos los procesos de tratamiento que se han considerado. Cada proceso de tratamiento se evalúa sobre la base de todos los criterios preestablecidos y se asigna un puntaje.

En este caso los puntajes asignados varían entre 1 y 5, de acuerdo con las siguientes directrices de puntuación :

- 1 = No satisface el criterio en absoluto o produce efectos negativos .
- 2 = Menor al promedio.
- 3 = Regular en términos de criterio, sobre el promedio.
- 4 = Sobre el promedio
- 5 = Satisface completamente el criterio o produce efectos positivos.

Luego de haber establecido la puntuación para los procesos de tratamiento, los puntajes son multiplicados por los valores del factor de ponderación para cada uno de los criterios. Los puntajes ponderados posteriormente se suman para determinar el puntaje final asociado a cada proceso.

Las cifras de tasación final, indican las ventajas relativas de cada proceso alternativo, y facilitan la selección de los procesos de tratamiento para su implementación.

Criterios de evaluación y factores de ponderación

Criterios	Factor de ponderación	Comentario
CRITERIOS DE RENDIMIENTO		
Remoción de DBO	5	Importante para garantizar la salud pública.
Remoción de DQO	5	Importante para garantizar la salud pública.
Remoción de SS	3	De importancia relativa para garantizar la salud pública.
Remoción de metales	5	Importante para garantizar la salud pública.
Remoción de aceites y grasas	3	De importancia relativa para garantizar la salud pública.
Generación de olores	3	Produce impactos ambientales, y puede afectar la salud pública.
Producción de lodo	4	Implica problemas administrativos e impacto ambiental.
CRITERIOS DE OPERACIÓN		
Confiabilidad	4	Puede producir problemas ambientales y de salud pública.
Seguridad	2	Puede controlarse eficientemente.
Complejidad	3	Importante, pero puede manejarse.
Uso de químico	2	Requiere especialización pero puede manejarse.
Requerimiento de terreno	5	Muy importante.

Resumen de la Primera Etapa de Evaluación del Proceso de Tratamiento

	Ponderación	Proceso 1		Proceso 2		Proceso 3		Proceso 4	
Remoción de DBO	5	1	5	4	20	4	20	2	10
Remoción de DQO	5	1	5	3	15	5	25	2	10
Remoción de SS	3	2	6	3	9	5	15	5	15
Generación de olores	3	1	3	3	9	3	9	4	12
Producción de lodo	4	4	16	2	8	3	12	3	12
Confiabilidad	4	1	4	2	8	4	16	4	16
Seguridad	2	3	6	3	6	3	6	4	8
Complejidad	3	4	12	3	9	3	9	1	3
Uso de químico	2	4	8	2	4	3	6	2	4
Requerimiento de terreno	5	4	20	3	15	3	15	5	20
Puntaje final	Sumatoria		85		103		133		110

En esta etapa, los procesos 3 y 4 son seleccionados por poseer los mayores puntajes, representando las mejores alternativas.

Segunda Etapa de Evaluación

La segunda etapa de la evaluación es determinar la factibilidad de cada uno de los procesos identificados y seleccionados en la primera etapa; considerando la calidad del efluente, los costos de inversión y operación, y el área del terreno.

Los procesos seleccionados en la primera etapa son:

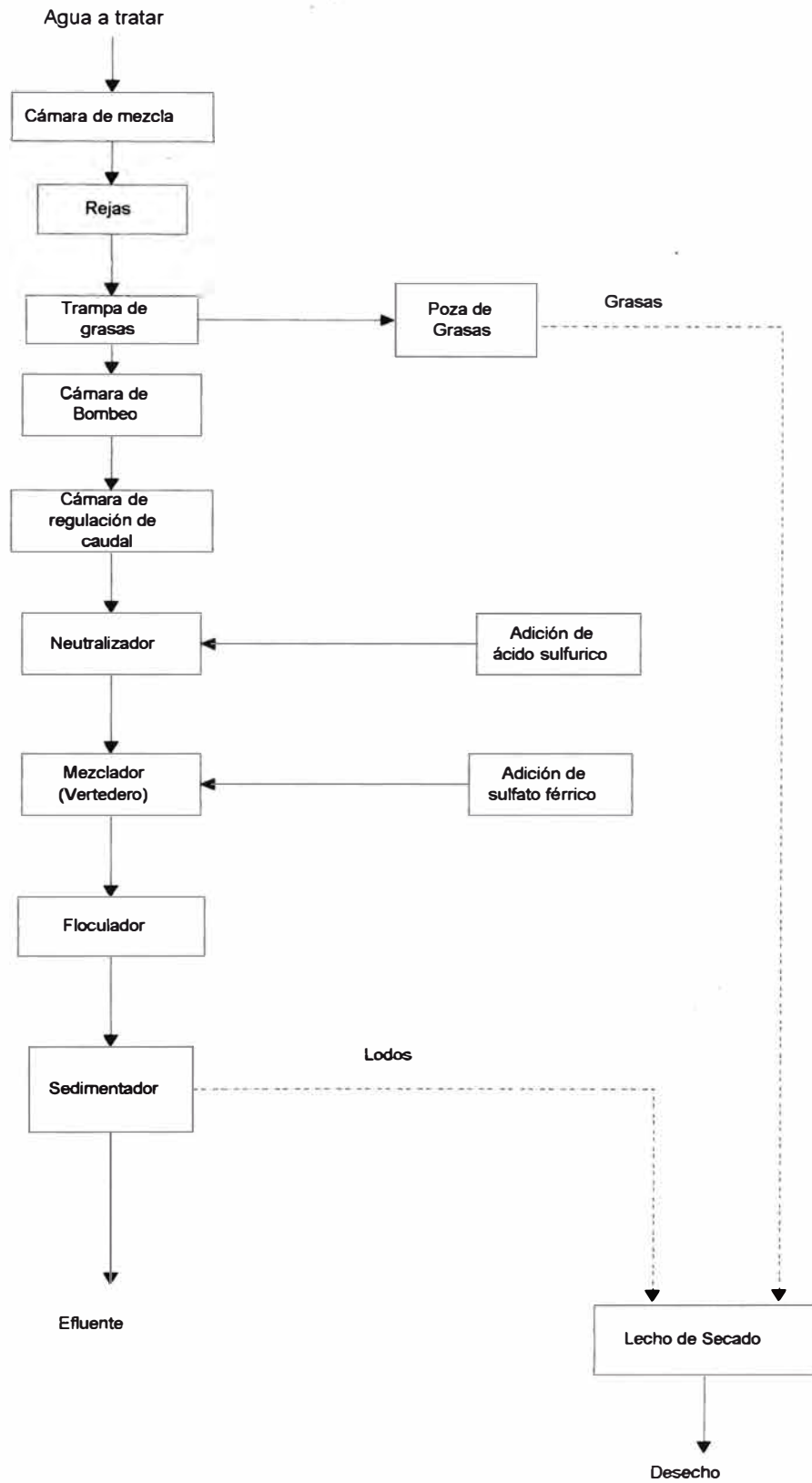
Proceso 3:

Cámara de mezcla + Rejas + Trampa de grasas + Cámara de bombeo
+ Cámara de regulación de caudal + Neutralizador con adición de ácido
sulfúrico + Mezclador con la adición de sulfato férrico + Floclador +
Sedimentador + Tres lechos de secado

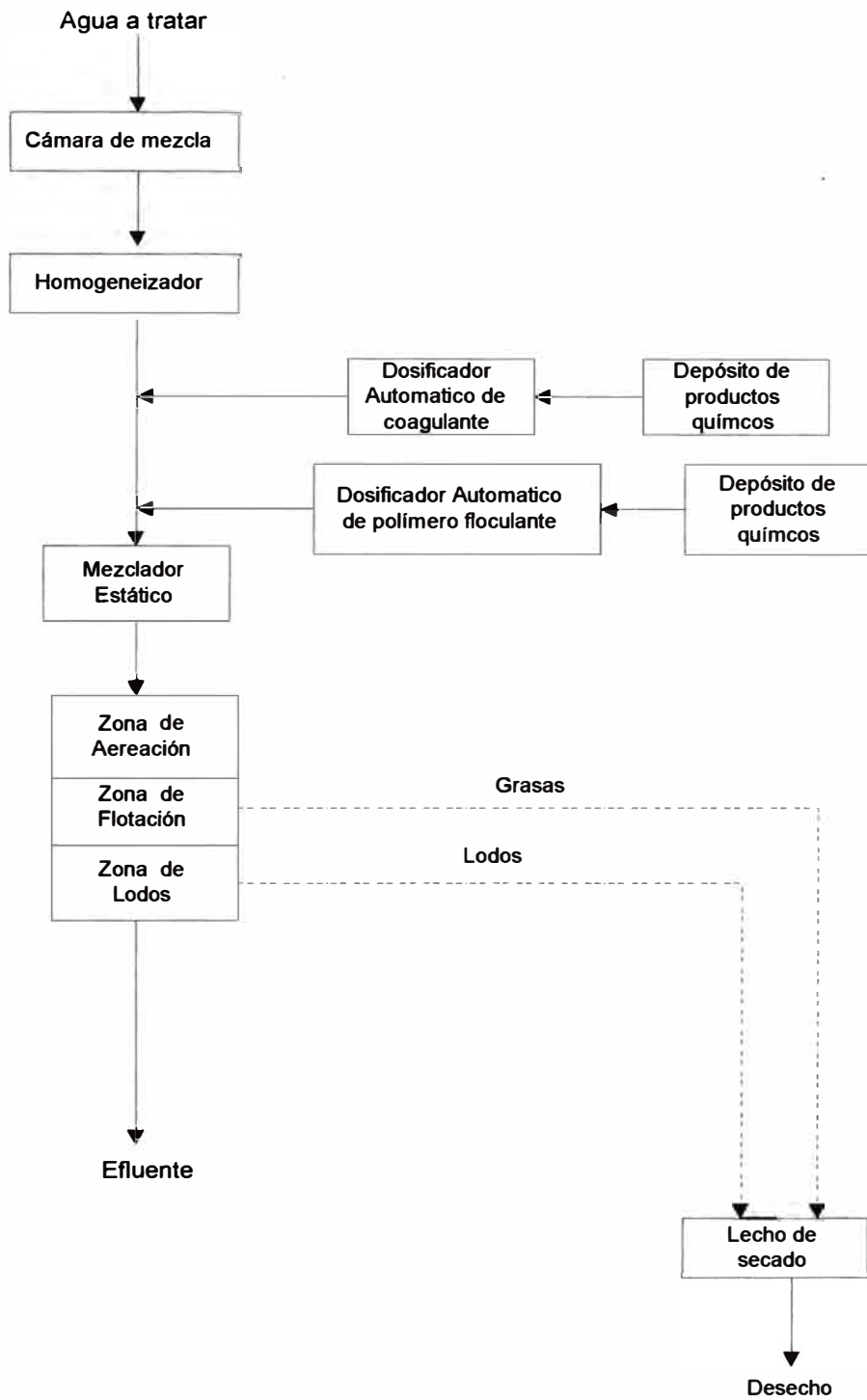
Proceso 4:

Cámara de mezcla + Rejas + Homogeneizador + Mezclador estático +
Tanque de flotación + Tres lechos de secado

PROCESO 3



PROCESO 4



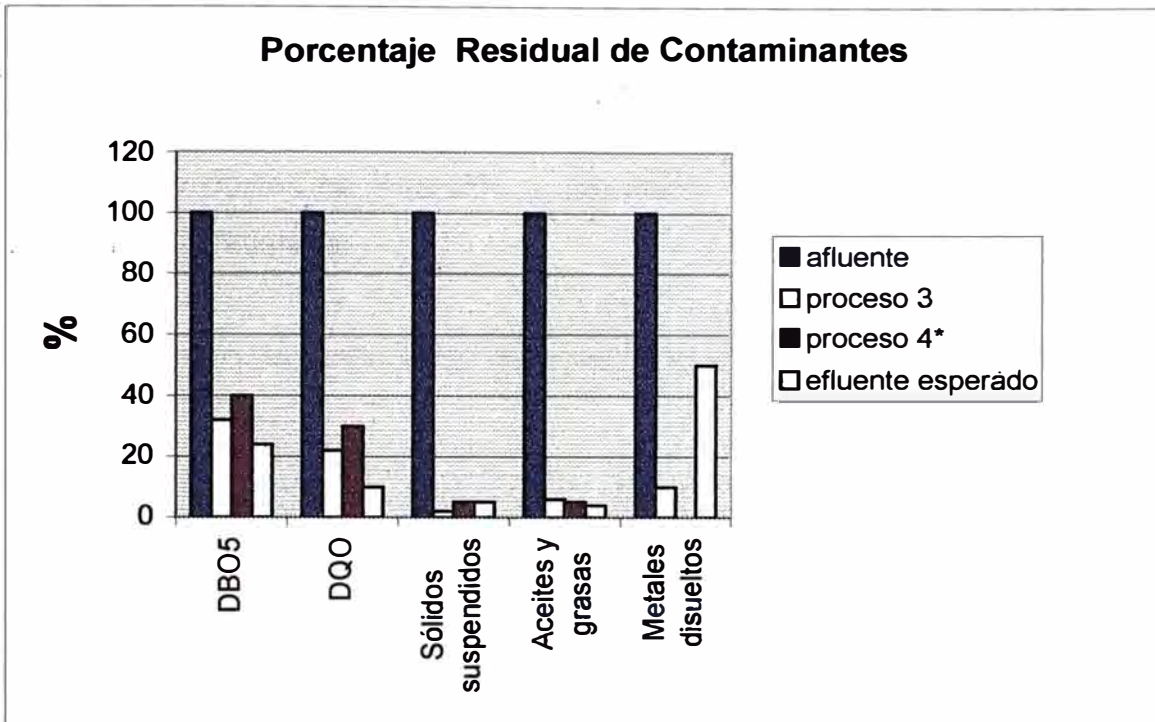
Características de calidad del afluente y efluente esperado

Afluente		Efluente (LP propuesto)	Remoción
Parámetro	mg/L	mg/L	%
DBO ₅	208	50	76
DQO	2496	250	90
Sólidos suspendidos	994	50	95
Aceites y grasas	240	10	96
Plomo	0,238	0,1	58
Zinc	2,3	2	13
pH	7,5 – 12	6 - 9	
Incremento de temperatura (°C)	+2	+3	

Porcentaje de Remoción de los Parámetros en los Procesos

Parámetro	Proceso 3 (%)	Proceso 4 (%)
DBO ₅	80	60
DQO	93	70
Sólidos suspendidos	98	95
Aceites y grasas	92	95
Plomo	90	No se tiene información
Zinc	90	No se tiene información

Los experimentos y cálculos realizados para obtener los porcentajes de remoción del proceso 3 se encuentran en el apéndice I, y la información del proceso 4 en el apéndice K.



* No se tiene información de los metales disueltos.

Características del área del terreno

Proceso	Área promedio (m ²)
Proceso 3	150
Proceso 4	100

Costos de Inversión y Operación

Proceso	Costos de inversión (US\$)	Costos de operación (US\$ año ⁻¹)
Proceso 3	16 000	31 000
Proceso 4	80 000	43 000

Los costos se detallan en los apéndices K y L según los procesos.

Selección del Proceso de Tratamiento

De acuerdo a los criterios de evaluación de rendimiento, operación, área de terreno y costos de inversión y operación, se ha determinado que el PROCESO 3 satisface:

1. El criterio de rendimiento de acuerdo al límite permisible propuesto

Afluente		Límite Permisible Propuesto	Remoción con respecto al límite permisible propuesto	Remoción del Proceso 3
Parámetro	mg/L	mg/L	%	%
DBO ₅	208	50	76	80
DQO	2496	250	90	93
Sólidos suspendidos	995	50	95	98
Aceites y grasas	240	10	96	92
Plomo	0,238	0,1	58	90
Zinc	2,3	2	13	90
PH	7,5– 12	6 – 9		
Incremento de Temperatura (°C)	+2	+3		

2. El criterio de operación de acuerdo al puntaje acumulado en la primera etapa de evaluación

	Ponderación	Proceso 3		Proceso 4	
Confiabilidad	4	4	16	4	16
Seguridad	2	3	6	4	8
Complejidad	3	3	9	1	3
Uso de químico	2	3	6	2	4
Requerimiento de terreno	5	3	15	5	20
Puntaje final	Sumatoria		52		51

3. El área de terreno

La empresa cuenta con área disponible para satisfacer ambos procesos, y además, parte de la infraestructura del proceso 3 está construida.

4. Los costos de inversión y operación

El proceso 4 ascienden a los 80 000 US\$ y 43 000 US\$/año en costos de inversión y operación respectivamente , mientras que el proceso 3, no supera los 16 000 US\$ y 31 000 US\$/año.

Los costos de cada proceso se encuentran explicados en los apéndices K y L respectivamente.

5.3 Parámetros de diseño

Unidades del proceso 3

Cámara de mezcla

Parámetros de diseño

Caudal punta de entrada ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	0,0058
Tiempo de retención (s)	3240

Dimensionamiento

Ancho total (m)	2,3
Largo total (m)	4,35
Volumen total (m^3)	29,89
Profundidad del rebose (m)	1,1
Volumen por encima del rebose (m^3)	11,0
Volumen por debajo del rebose (m^3)	18,88
Diámetro de tubería de salida (m)	0,102

Trampa de Grasas

Parámetros de diseño

Caudal de entrada ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	0,0058
Tiempo de retención (s)	1020
Porcentaje de grasa en volumen (%)	2

Los cálculos para determinar los parámetros se encuentra en el Apéndice G

Dimensionamiento

Volumen (m ³)	6,0
Largo (m)	2,7
Alto (m)	1,6
Ancho (m)	1,4
Altura máxima de grasa (m)	0,04

Poza para grasas

Parámetro de diseño

Caudal punta de grasa (m ³ h ⁻¹)	0,42
Tiempo de residencia (s)	1800

Dimensionamiento

Volumen (m ³)	0,2
Altura (m)	0,5
Base (m)	0,3
Largo (m)	2,70
Angulo entre deflector y base de la poza (°)	60

Cámara de Bombeo

Parámetros de diseño

Caudal (m ³ s ⁻¹)	0,00174
Nivel de boya (m)	1,65
Tiempo (s)	4100

Dimensionamiento

Alto (m)	1,6
Largo (m)	2,7
Ancho (m)	0,75
Volumen (m ³)	3,24

Cámara adicional

Alto (m)	2,7
Largo (m)	1,8
Ancho (m)	0,8
Volumen (m ³)	3,89

Cámara de Regulación de Caudal

Parámetros de diseño

Caudal de salida del regulador (m ³ s ⁻¹)	0,00174
Tiempo (s)	2700
Altura entre la entrada y salida del agua (m)	1,00
Coefficiente de caudal (Cq) (AD)	0,51

Dimensionamiento

Volumen de regulador de caudal

Largo (m)	2
Nivel del agua(m)	1,25
Ancho (m)	2
Volumen (m ³)	5
Diámetro de tubería salida (m)	0,0254

Diámetro de la tubería de entrada (m)	0,0508
Diámetro de la tubería de rebose(m)	0,0508
Altura de la tubería de salida (m)	0,15
Altura de la tubería de entrada (m)	1,40

Neutralizador

Parámetro de diseño

Caudal ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	0,00174
Tiempo de residencia (s)	900
Rango de pH	7 – 12

Dimensionamiento

Poza de neutralización

Radio (m)	0,73
Alto (m)	1,31
Volumen (m^3)	2,2

Tanques para ácido

	Tanque 1	Tanque 2
Tiempo de almacenamiento (h)	48	48
Caudal de ácido punta (L h^{-1})	7,92	8,64
Concentración de ácido (mol L^{-1})	5	0,5
Volumen (m^3)	0,38	0,41
Radio (m)	0,35	0,36
Alto(m)	1	1

La cantidad de ácido que va añadir el operario para obtener pH entre 7,5 – 8,5 , se encuentra en el Apéndice J.

Mezclador con la adición de Sulfato Férrico

Parámetros de diseño

Caudal de diseño ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	0,0020
Tiempo de mezcla (s)	0,07

Dimensionamiento

Canal aguas arriba del vertedero

Largo del canal (m)	0,3
Pendiente (%)	2,5%
Ancho del canal (m)	0,3

Vertedero Triangular

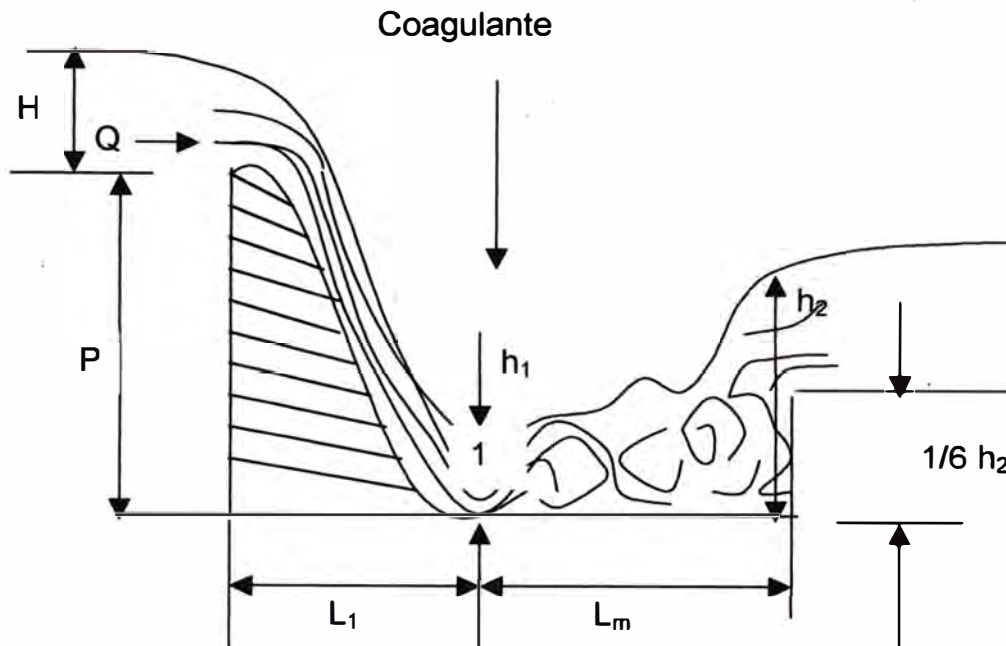
	Ecuaciones de diseño (1)	Resultado
Altura de la lámina de agua sobre el vertedero (m)	$h = \left(\frac{Q}{1.4}\right)^{0.4}$	0,07
Ancho de la vertiente (m)	$L = 2 * h$	0,15
Ancho del canal (m)	$B = 2 * L$	0,30
Caudal unitario promedio ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$)	$q = \frac{Q}{B}$	0,01
Altura crítica (m)	$hc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$	0,02

(1) Programa Regional CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – Filtración Rápida, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Tomo II, Perú – 1994.

	Ecuaciones de diseño (1)	Resultado
Altura desde el vértice del vertedero al fondo del canal aguas abajo (m)	P	0,4
Altura al inicio del resalto (m)	$h_1 = \frac{1.41 * hc}{\sqrt{2.56 + \frac{P}{hc}}}$	0,0046
Velocidad al inicio del resalto (m s ⁻¹)	$V_1 = \frac{q}{h_1}$	1,48
Número de Froude	$F = \frac{v_1}{\sqrt{g * h_1}}$	6,93
Altura de agua después del resalto (m)	$h_2 = \frac{h_1}{2} * (\sqrt{1 + 8 * F} - 1)$	0,02
Velocidad al final del resalto (m s ⁻¹)	$V_2 = \frac{q}{h_2}$	0,45
Energía disipada en el resalto (m)	$h_p = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * h_1 * h_2}$	0,004
Longitud de resalto (m)	$Lm = 6 * (h_2 - h_1)$	0,06
Distancia del vertedero a la sección 1 (m)	$Lj = 4.3 * P * \left(\frac{h_c}{P}\right)^{0.9}$	0,10
Velocidad promedio en el resalto (m s ⁻¹)	$v_m = \frac{(v_1 + v_2)}{2}$	0,97
Gradiente de velocidad (s ⁻¹)	$G = \sqrt{\tau / \mu} * \sqrt{h_p / T}$	819,59

Nota: Para conseguir un salto estable en un vertedero triangular; el gradiente de velocidad debe estar entre 700 –1300 s⁻¹, el número de Froude entre 4,5 – 9 y el tiempo de retención debe ser menor de un segundo.

(1) Programa Regional CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – Filtración Rápida, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Tomo II, Perú – 1994.



Vertedero Triangular

Tolva de coagulante

Parámetros de diseño

Turbidez promedio (NTU)	432
* Turbidez máxima (NTU)	648
Dosis óptima (mg /L)	342
* *Concentración óptima del coagulante (% en peso)	2,50
Caudal del coagulante ($m^3 s^{-1}$)	0,000027
Tiempo de residencia en la tolva (h)	12
Volumen de la tolva de coagulante (m^3)	1,2

* Turbidez máxima proyectada = $1,5 \times$ Turbidez promedio.

** Dato de laboratorio

Ver Apéndices H e I.

Dimensionamiento

Radio (m)	0,5
Area (m ²)	0,8
Alto (m)	1,5

Floculador

Parámetros de diseño

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Caudal (m ³ s ⁻¹)	0,002	0,002	0,002
Tiempo de retención (s)	400	800	1200
Gradiente de velocidad (s ⁻¹)	50	39	34

Dimensionamiento

	Ecuación de diseño (1)	Resultado		
		Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Velocidad (m s ⁻¹)	v	0,102	0,091	0,085
Longitud total de canales (m)	$l = v * T$	40,8	36,4	34
Sección de canales del tramo (m ²)	$A = \frac{Q}{V}$	0.020	0.022	0.024
Altura de agua en la unidad(m)	H	0.5	0.5	0.5
Ancho de canales (m)	$a_1 = \frac{A_1}{H}$	0,040	0,045	0,048
Ancho de vueltas del tramo (m)	$d_1 = 1.5 * a_1$	0,060	0,067	0,072

(1) Programa Regional CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – Filtración Rápida, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Tomo II, Perú – 1994.

	Ecuación de diseño (1)	Resultado		
		Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Ancho útil de la lámina de madera (m)	b	0,825	0,825	0,825
Ancho del floculador (m)	$B = 3 * b + d$	2,535	2,542	2,547
Número de canales en tramo	$N = \frac{L_1}{B}$	16	14	13
Espesor de las láminas (m)	e	0,006	0,006	0,006
Longitud del tramo (m)	$L = N(a + e)$	0,736	0,724	0,717
Coefficiente de pérdidas de carga en vueltas (AD)	k	2,000	2,000	2,000
Pérdidas de carga en las vueltas del tramo (m)	$h_1 = \frac{kV_1^2 * (N-1)}{2 * g}$	0,016	0,011	0,009
Perímetro mojado de las secciones del tramo (m)	$P = 2 * H + a$	1,040	1,045	1,048
Radio hidráulico de canales del tramo (m)	$r = \frac{A}{P}$	0,019	0,021	0,023
Pérdida de carga en los canales del tramo (m)	$h_2 = \left(\frac{n * V_1}{r^{2/3}}\right)^2 * l$	0,077	0,047	0,035
Pérdida de carga total (m)	$h_f = h_1 + h_2$	0,093	0,058	0,044

(1) Programa Regional CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – Filtración Rápida, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Tomo II, Perú – 1994.

Sedimentador

Parámetro de diseño

Caudal ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	0,002
* Velocidad de sedimentación (m s^{-1})	0,0005
**Velocidad de diseño (m s^{-1})	0,0004
Tiempo de retención (h)	1,5
Carga superficial ($\text{m}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	33,23
*Porcentaje de lodo respecto al volumen del decantador	6,4

* Dato de laboratorio

**Velocidad de diseño = $\frac{\text{velocidad de sedimentación}}{1.3}$

1.3

Nota: normalmente se utilizan un tiempo de retención 1.5 – 4 horas

Dimensionamiento

Zona de decantación

Área superficial del decantador (m^2)	5,20
Radio (m)	1,3
Altura útil (m)	2
Volumen (m^3)	10,4
Pendiente (%)	5

Zona de lodos

Grado de inclinación ($^\circ$)	60
Largo (m)	2,6
Altura(m)	0,6
Base menor (m)	0,3
Base mayor (m)	1,0
Volumen (m^3)	1,01
* Volumen (m^3)	1,0

* Dato de laboratorio

Lecho de secado

Parámetros de diseño

Volumen de lodo producido por hora ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$)	0,67
Tiempo de residencia (h)	24

Dimensionamiento

Volumen de lodo por unidad (m^3)	5
Número de unidades	3
Largo (m)	4
Ancho (m)	2
Alto (m)	0,7

5.4 Sistemas de control

El mantenimiento de la calidad del agua tratada lleva a criterios de optimización del funcionamiento de la planta de tratamiento de agua residual.

En esta planta no es recomendable, por su magnitud, un sistema de automatización para llevar el control de las unidades de la planta.

El control es a través de la supervisión. Los operarios encargados del funcionamiento de la planta de tratamiento son preparados para conocer en todo momento y en tiempo real lo que ocurre en la planta. Se realiza un seguimiento permanente y la información es registrada en una base de datos, permitiendo optimizar y adaptar su funcionamiento a las características del entorno.

A continuación se detalla el método de control del tratamiento de agua residual.

Monitoreo

El monitoreo del agua es realizado cada hora, antes del vertedero (estación de muestreo 1), en el vertedero (estación de muestreo 2), y a la salida del sedimentador (estación de muestreo 3).

· Los parámetros medidos en el monitoreo son :

Estación de muestreo 1

- Turbidez
- pH

Estación de muestreo 2

- Caudal

Estación de muestreo 3

- Turbidez
- pH
- Temperatura

Además, una vez por semana se miden en la estación de muestreo 3, los siguientes parámetros:

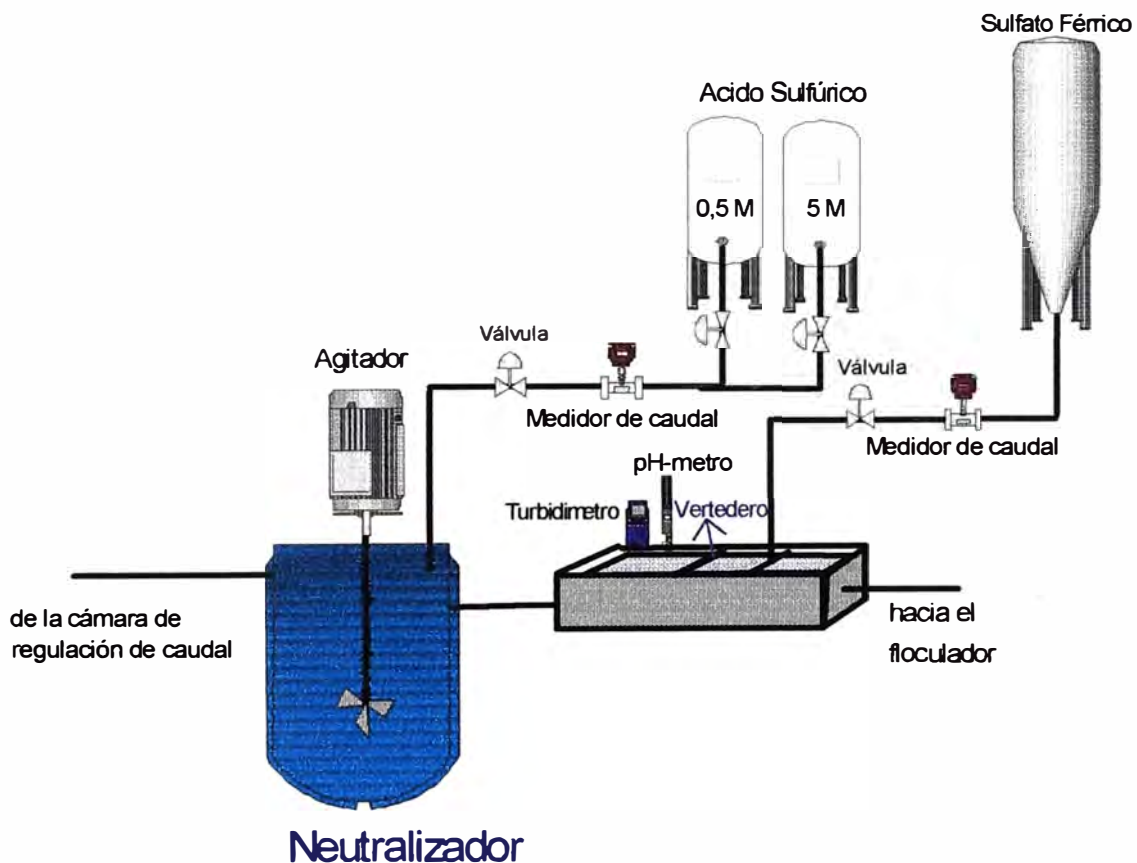
- DQO
- Sólidos suspendidos
- Pb
- Zn

Unidades que son sometidas a control

- Rejas: El operador se encarga de la limpieza manual, cada vez que se obstruyan y no permitan el buen funcionamiento.
- Trampa de grasas: En esta unidad el agua es sometida a un proceso de separación de los aceites y grasas, los cuales son

depositados en una poza y evacuados por medio de una bomba, accionada por un controlador de nivel.

Neutralizador : El operador mide el pH y la turbiedad en la estación 1, utilizando las tablas de pH vs caudal de ácido, y de dosis óptima vs turbiedad, determina el caudal de ácido sulfúrico y de sulfato férrico que se debe añadir en el neutralizador y en el vertedero, respectivamente. En la figura siguiente se muestra la descripción de esta unidad:



- Mezclador : El operador verifica si el caudal se encuentra en el rango de trabajo, si no, regula el vertedero para conseguir este caudal.
- Sedimentador : Para controlar el nivel de lodos, el operador debe encender la bomba de lodos cada 5 horas por 10min.
- Lecho de secado: El operador controla la altura de los lodos para alternar el uso de los filtros. Cada filtro trabaja aproximadamente 24 horas.

El mantenimiento y limpieza de la planta de tratamiento se realiza mensualmente, o con mayor frecuencia según indicación del resultado de monitoreo efectuado por el operador y por el laboratorio de la planta.

5.5 Requerimientos y especificaciones de equipos y maquinarias

Equipos	Código	Especificaciones
Tolva	Tv-1	Volumen de diseño: 1,2 m ³ Agitador con motor trifásico de 1 HP, con velocidad variable Medidores de caudal : Rango: 0 –150 Lh ⁻¹ Precisión: ± 5 Lh ⁻¹ Los materiales y accesorios son de acero inoxidable C 316 L
Tanque	TA-1	Volumen de diseño 0,38 m ³ Los materiales y accesorios de PVC
	TA-2	Volumen de diseño 0,41 m ³ Los materiales y accesorios de PVC

Equipos	Código	Especificaciones
Rotámetro	R- 1	Rango: 0 – 10 Lh ⁻¹ Precisión: + 0,1 Lh ⁻¹ Para ácido sulfúrico 5M y 0,5M
Agitador	Ag-1	Motor trifásico de 1/4 HP, de baja agitación. Eje y turbina en acero inoxidable Turbina de 6 palas con Da = 0,62 m Montaje de descentrados o centrados con anti-vortex
Bombas	B-1	Q = 0,009 m ³ s ⁻¹ Velocidad: 3600 RPM Altura dinámica total: 6,12 m Descarga: 0,0508 m Motor eléctrico trifásico de 1HP, tipo cerrado enfriado por aceite.
	B-2	Q = 0,0012 m ³ s ⁻¹ Altura dinámica total: 2,7 m Descarga: 0,0254 m Motor eléctrico trifásico de 1/6 HP, tipo cerrado enfriado por aceite.
	B-3	Q = 0,005 m ³ s ⁻¹ Velocidad: 1460 RPM Altura dinámica total: 3,67 m Descarga: 0,075 m Motor eléctrico trifásico de 1/4 HP, tipo cerrado enfriado por aceite.
Turbidímetro	T-1	Rango: 0 -2000 NTU Temperatura ambiente: 15 - 60°C Resolución 1 NTU Precisión: ±1 NTU
pH-metro	PH-1	Rango : 0 -14 Resolución : 0,1 Precisión: ±0,2 Temperatura Rango : 15 – 60°C, Resolución : 0,1, Precisión: ±1

5.6 Requerimientos y especificaciones de insumos.

SULFATO FERRICO

Fórmula Química : $\text{Fe}_2 (\text{SO}_4)_3$

- Presentación : Sólido
- Color : Crema
- Grado : Comercial
- Concentración de Sulfato Férrico (% $\text{Fe}_2 (\text{SO}_4)_3$) : 96
- Concentración de Sulfato Ferroso (% $\text{Fe} (\text{SO}_4)$) : No mayor de 0,50%
- Residuo Insoluble (%) : No mayor de 0,50%
- Contenido de Metales totales (%) : No mayor de 0,01%
- Requerimiento anual : 25 TM

ACIDO SULFURICO

- Fórmula Química : H_2SO_4
- Presentación : líquido
- Color : ligeramente turbio, viscoso.
- Grado : Industrial – grado B
- Acidez total (como H_2SO_4) en % en peso : 96,0 – 98,5
- Contenido de Metales totales (ppm) : 50
- Densidad en $\text{Kg.} \cdot \text{m}^{-3}$: 1825 a 1835
- Requerimiento anual : 2,81 TM

5.7 Seguridad en la manipulación de los insumos y las zonas de trabajo

INSUMOS

Sulfato férrico

A pesar de que el sulfato férrico no es tóxico, se recomienda la utilización de equipos de protección personal, comunes a otros tipos de sulfatos:

Guantes de hule

Gafas de protección ocular

Mascarilla desechable para polvos

Primeros auxilios:

En el caso de contacto con los ojos, lavarlos en agua corriente (bajo un grifo abierto) por un periodo mínimo de 10 minutos. En el caso de ingestión no provocar vómitos. En ambos casos, busque orientación médica.

Ácido sulfúrico

El ácido sulfúrico no constituye un riesgo grave si el operador es instruido, para manejar y supervisar las labores relativas al uso de esta sustancia. La instrucción y la supervisión deben tener como objetivo principal, evitar el contacto del ácido con la piel, con los ojos o la inhalación de sus vapores.

Equipo de Protección Personal

El equipo de protección personal debe seleccionarse, tomando en cuenta el trabajo que se va a desarrollar. A continuación se enumeran:

- Botas de hule.
- Guantes de hule.
- Mandil de hule.
- Chaqueta y pantalón de hule o de otro material resistente al ácido.
- Gafas de protección contra sustancias químicas.
- Pantallas faciales.
- Máscara con cartucho para vapores orgánicos y gases ácidos.
- Máscara o capuchón con suministro de aire forzado.
- Cinturones o arneses.

Precauciones:

- En las áreas donde se maneja o se almacena ácido sulfúrico debe existir convenientemente distribuidas, regaderas de seguridad, fuentes de agua para lavado de ojos o red de tubería de agua potable para lavar cualquier parte del cuerpo que haya sido salpicada. El agua que se emplea en la alimentación de estas regaderas y fuentes lava ojos, debe ser de preferencia tibia y las regaderas debe suministrar agua en abundancia a una presión moderada, instalando una válvula de acción rápida y que una vez operada queda abierta. La localización de estos dispositivos debe ser estratégica para permitir un rápido y fácil acceso.
- En el caso de las instalaciones para el llenado o vaciado a pipas o carros-tanque, estos dispositivos de seguridad deben estar localizados a unos 7,6 m. (25 pies) del sitio donde se efectúe la operación, y además deben existir otros medios para usarse en caso de derrame del producto.
- Los trabajadores que laboren en áreas de ácido, deben conocer la localización de los dispositivos de seguridad mencionados. Para preparar soluciones acuosas de ácido sulfúrico, debe tenerse la precaución de agregar lentamente y en pequeñas cantidades el

ácido al agua, agitando la mezcla al mismo tiempo. No debe agregarse el agua al ácido, ya que de esta manera se genera una violenta elevación de temperatura que provoca salpicaduras del líquido.

- En caso de fugas o derrames de ácido, se debe neutralizar la acidez remanente por medio de una solución diluida de bicarbonato de sodio o lechada de cal. Para evitar daños o contaminación de los drenajes en caso de fugas o derrames considerables de ácido, debe lavarse éstos, adicionando una cantidad suficiente de solución de bicarbonato de sodio u otra sustancia alcalina.
- Se deben colocar escaleras, plataformas y pasillos para tener acceso a la parte superior de los tanques. Debido a que el ácido sulfúrico es muy corrosivo para muchos metales y aleaciones, es imperativo el proyecto y la selección adecuada del equipo para su almacenamiento, manejo y procesamiento.
- Siempre que sea posible, el ácido sulfúrico debe ser manejado totalmente mediante un sistema cerrado. Los tanques de almacenamiento y equipo similares deben estar siempre protegidos con respiradores situados de manera que un derrame accidental sea descargado con seguridad en un colector o en algún otro lugar seguro.
- Es importante mantener una ventilación adecuada en todos los lugares donde se maneja el ácido sulfúrico, ya que los vapores son extremadamente irritantes de las vías respiratorias.
- El almacenamiento debe estar al descubierto, en edificios bien ventilados o en cobertizos. Los accesorios electrónicos deben ser del tipo a prueba de líquidos y todo el alumbrado debe estar dentro de conductos metálicos rígidos a prueba de líquidos.
- El hidrógeno, es un gas muy inflamable, puede producirse en el interior de un tanque metálico de almacenamiento que contenga ácido sulfúrico. Como el hidrógeno forma mezclas explosivas con

el aire bajo ciertas condiciones, no se debe fumar, ni prender sistemas descubiertos en la cercanía de dichos almacenes.

Antes de iniciar un trabajo, se debe comprobar que no hay hidrógeno, para lo cual se revisan los orificios del muestro localizados en la parte superior de las torres y en cualquier otro lugar del sistema. Esta precaución se aplica particularmente a los tambores o tanques parcialmente llenos.

ZONAS DE TRABAJO

Rejas para materiales gruesos

De limpieza manual:

Se deja espacio suficiente para la longitud del mango del rastrillo y evitar que el choque con la pared, barandilla o soporte, provoque la pérdida de equilibrio, y la caída del operario.

Se usan guantes de seguridad para evitar las lesiones que puedan ser causa de infecciones.

Se colocará todo el material extraído en un recipiente, que puede ser desalojado fácilmente de la instalación.

Si la zona de rastrillado está protegida con banderillas, se comprobará que estén perfectamente ancladas antes de apoyarse en ellas. Si hay cadenas de seguridad desmontables, no se apoyará nunca sobre ellas ni se usará como palanca para retirar mayores cantidades de residuo.

Cuando se termine de utilizar el rastrillo, se colgará de un gancho o soporte. No se dejará sobre el suelo u otra superficie o zona de paso.

Unidades de tratamiento

Se incluye la revisión y mantenimiento de bombas sumergibles.

- No situarse en los bordes de los pozos, y si fuera inevitable, hacerlo amarrado con cinturón de seguridad.
- No depositar herramientas u otros objetos en el borde de los pozos.
- Para descender herramientas o materiales al fondo del pozo, utilizar un recipiente adecuado, que será bajado mediante cuerda.
- El izado de los materiales se realizará por el mismo sistema de descenso.
- Antes de efectuar el descenso del personal se iluminará la mayor parte o en su totalidad el pozo.
- Se evitará mediante el empleo de protección personal idónea, el contacto de la piel con lodos o aguas sucias.
- Mientras se realice el izado o el descenso de bombas sumergibles no permanecerá persona alguna en el interior del pozo.
- Antes de entrar a un pozo se comprobará la existencia de gases tóxicos o asfixiantes producidos al remover el lodo.
- Se comprobará el porcentaje del oxígeno del aire en el fondo del pozo.
- Antes del inicio de los trabajos en los pozos, se garantizará la imposibilidad de llegada de fluidos a los mismos, mediante el cierre de válvulas con enclavamiento para evitar su apertura involuntaria. El mismo método se seguirá con los interruptores que garanticen la desconexión eléctrica de bombas sumergidas.

Equipos de protección

Además de las medidas estándar de protección (calzado de seguridad) se deberán imponer otras específicas:

- Guantes impermeables , preferentemente de nitrilo o similares por su impermeabilidad y su resistencia mecánica y química. Deberá haber al menos un par de repuesto
- Detector de gases con posibilidad de que el operario lo lleve adosado en el cuerpo para que actúe justo en el instante que comience el peligro.
- Mascarilla desechable preferiblemente combinado con carbón activo para eliminar olores desagradables.
- Gafas de protección ocular o, alternativamente pantalla facial.
- Al menos debe haber dos operarios al acceder al interior de un recinto confinado. Uno debe hallarse en la abertura del pozo controlando continuamente las acciones del que se halle en el interior y preparado para ayudar inmediatamente.
- Equipos de respiración autónomo listos para ser utilizados. Se comprobará la carga y el estado de los mismos.
- Equipos de ventilación /extracción forzada. Mejora ostensiblemente las condiciones en el interior del pozo, tanto la temperatura como la presencia de gases haciendo menos riesgoso la tarea.
- Pantalón tipo de pescador o, en su defecto, botas de agua de seguridad.
- Iluminación antideflagrante.

INSTRUCCION Y ENTRENAMIENTO DE PERSONAL

El buen manejo de las medidas de seguridad de las zonas de trabajo e insumos, depende de la efectividad en la instrucción del personal, del entrenamiento correcto en las prácticas de seguridad, del uso del equipo de seguridad y de una supervisión inteligente. La supervisión es responsable de la instrucción y el entrenamiento de los empleados para que estos trabajen con seguridad y utilicen el equipo de protección personal que se les proporciona.

Se deberán impartir periódicamente charlas a los trabajadores nuevos, como a los que tienen años de servicio, sobre los siguientes aspectos principales:

- a) Localización, propósito y uso del equipo de protección personal.
- b) Localización, propósito y uso del equipo contra incendio, alarmas y equipo de emergencia.
- c) Medios para evitar la inhalación de vapores o vapor en caso del ácido sulfúrico y gases tóxicos o asfixiantes, producidos por la remoción de lodos.
- d) Forma de actuar, procedimientos a seguir en casos de emergencia.

Precauciones y procedimientos a seguir durante la carga y descarga de los insumos utilizados, en la limpieza, mantenimiento de los equipos y las unidades operativas en esta planta de tratamiento.

VI. EVALUACIÓN ECONOMICA

6.1 Costo total del proyecto

El costo total del proyecto involucra dos términos: uno se refiere a los costos relacionados para construir el proyecto, el capital fijo , y el otro se refiere al capital necesario para garantizar el normal desarrollo del proceso, el costo de operación.

Capital Fijo

El capital fijo, comprende la estimación de costos de construcción y costos de todos los equipos de la planta.

Costos de construcción

	US\$
Costo de unidades nuevas	3185,72
Costo de remodelación de las otras unidades	1008,00
Dirección técnica	531,43
Total	4725,15
Costo total de construcción + IGV	5575,68

Los costos se explican en el apéndice L

Costos de equipos:

Equipos	Código	Especificaciones	Costo(US\$)
Tolva y accesorios	Tv-1	1,2 m ³	5000,00
Agitador	A-1	Da = 0,62 m, 0,50 HP	300,00
Bombas	B-1	Q = 0,009 m ³ s ⁻¹	946,00
	B-2	Q = 0,0012 m ³ s ⁻¹	195,00
Turbidímetro	T-1	0 - 2000 NTU	1497,60
Rotámetro	F- 1	0 – 10 Lh ⁻¹	500,00
Total de costos de equipos			8438,60
Total de costos de equipos +IGV			9957,55

Los costos de equipos incluyen la instalación y están actualizados a enero del 2003, ver apéndice L.

CAPITAL FIJO 15 533,22 US\$

Costos de Operación

La operación de una planta lleva asociada una serie de costos desde la materia prima, materiales, mano de obra, insumos, servicios(agua, electricidad, etc.) , supervisión, almacenamiento, control de calidad, etc. La suma de todos estos costos se denomina costos de operación.

Costo variable	US\$/año
Insumos	
Ácido sulfúrico	458
Sulfato férrico	5300
Servicios: Agua y electricidad (12% del capital fijo)*	1863,99
Disposición de lodo seco	18864,60 (22,5 US\$/TM)
Costo fijo	
Un operario*	1400
Laboratorio (analista y reactivos) *	1400
Mantenimiento y reparaciones (2 –10% del capital fijo)*	776,66

Los costos se explican en el apéndice L.

*Información de la empresa.

COSTO DE OPERACIÓN	30 063,25 US\$/año
---------------------------	---------------------------

6.2 Comparación de costos de la tecnología actual y la tecnología propuesta

Costos de la Tecnología Actual

Capital Fijo

Costos de construcción

	US\$
Costo total de construcción*	10000
Costo total de construcción + IGV	11800

*Información de la empresa.

Costos de equipos

Equipos	Código	Especificaciones	Costo US\$
Bombas	B-1	$Q = 0,002 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	946,00
	B-3	$Q = 0,005 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	857,00
pH-metro	PH-2	0–14 con precisión de $\pm 0,01$	138,00
Total de costos de equipos			1941
Total de costos de equipos +IGV			2290,38

Los costos de equipos incluyen la instalación, y están actualizado a enero del 2003. Ver Apéndice L.

CAPITAL FIJO	14090,38 US\$
---------------------	----------------------

Costos de Operación

Costo variable	US\$/año
Insumos	
Ácido sulfúrico *	458
Servicios : Agua y Electricidad (12% del capital fijo)	1690,85
Disposición de lodo seco (30% del lodo proyectado) *	5659,38
Costo fijo	
Un operario *	1400
Laboratorio (analista y reactivos) *	1400
Mantenimiento y reparaciones (2 –10% del capital fijo)	704,52

* Información de la empresa

COSTO DE OPERACIÓN **11 312,75 US\$/año**

**Comparación de Costos de la Tecnología Actual y la
Tecnología Propuesta**

Costos	Tecnología Actual	Tecnología propuesta
Capital fijo (US\$)	14 090,38	15 533,22
Costo de operación (US\$/ año)	11 312,75	30 063,25

6.3 Rentabilidad del proyecto

Los proyectos de inversiones de capital sólidas son importantes para la economía nacional, así como para la empresa individual. La expansión de la planta y equipos existentes, la implementación de normas de calidad y protección del medio ambiente, y la introducción de adelantos tecnológicos, representan factores importantes para el desarrollo económico y contribuye considerablemente a aumentar la productividad y elevar el nivel de vida.

Este proyecto se puede identificar en dos categorías :

Proyecto no lucrativo: implica gastos que surgen de requerimientos legislativos o contractuales que una compañía está obligada a ser y cuyo objetivo no es la rentabilidad. Las leyes pueden obligar a una compañía a instituir un sistema de control de contaminación o aplicar medidas de seguridad para la protección de sus trabajadores.

Proyecto de utilidad no cuantificable: incluyen inversiones cuyo objetivo es aumentar las utilidades, pero cuyas ganancias no pueden computarse con un grado razonable de exactitud. En esta

categoría se incluyen las inversiones a largo plazo para la promoción de los productos, investigación, implementación de normas de calidad y para mejorar el estado de ánimo de los trabajadores.

Frecuentemente, se emplean pautas o guías generales como base para determinar las dimensiones de este tipo, como por ejemplo, un porcentaje de las ventas, un porcentaje de las utilidades, los gastos comparables de los competidores o la cantidad de dinero disponible.

La primera categoría no representa una obligación para el empresario, porque la coyuntura del país permite que el gobierno sea flexible y prorrogue sus leyes del medio ambiente con respecto a las industrias.

La segunda categoría indica una rentabilidad del proyecto difícil de identificar, pero si se toma los siguientes puntos:

1. Sus productos y servicios contribuyen al bienestar de la sociedad.
2. Su comportamiento va más allá de la normativa vigente y las prácticas de libre mercado.
3. Sus directivos tienen un comportamiento ético.
4. Sus actividades son responsables con el medio ambiente

Su rentabilidad puede ser enfocada en la imagen y prestigio para la empresa.

6.4 Financiamiento

El costo total del proyecto puede ser asumido por la empresa. Sin embargo, existen instituciones que pueden financiar este tipo de proyectos, como es el caso del Banco Mundial, que desarrolla estudios para la prevención de la contaminación del medio ambiente.

VII CONCLUSIONES

- El tratamiento del agua residual que se realiza en la planta actualmente, no permite llegar a los límites permisibles propuestos.
- El tratamiento físico-químico que utiliza productos químicos para desestabilizar las soluciones, es un proceso más efectivo que el tratamiento biológico en este tipo de agua residual. Mediante este proceso se eliminaron los contaminantes tóxicos existentes.
- La remoción de los contaminantes mediante la coagulación - floculación con sulfato férrico en un medio con un pH promedio de 8 es efectiva, alcanzando en el agua tratada una disminución de la concentración del 90, 93 y 98% de remoción de metales pesados, materia orgánica y sólidos suspendidos respectivamente.
- La principal desventaja de los filtros prensas en comparación a los lechos de secado, es el costo de inversión inicial alto; sin embargo, es compensado por la eficiencia requiriendo un mínimo de personal para su operación.
- En la etapa de diseño debe tomarse muy en cuenta la facilidad de operación y mantenimiento de los procesos de tratamiento, y la sencillez de la hidráulica de los mismos.
- El tratamiento de agua permite llegar a los límites aceptables en los efluentes. De esta forma la empresa asume el compromiso de responsabilidad con el medio ambiente.

- Del capítulo V, se tiene que los costos de la tecnología seleccionada (Proceso 3) es 60% menor que una tecnología extranjera (Proceso 4).
- Los beneficios económicos de la empresa, se traducen en una mejor imagen, liderazgo empresarial y mayores facilidades de financiamiento a nivel interno y externo.
- El costo de implementar el proyecto, es asequible y puede ser financiado directamente por la empresa.

VIII RECOMENDACIONES

- Es importante para una buena operación el que se supervisen, controlar las variables del proceso, como caudal, dosis óptima y pH.
- El monitoreo de los efluentes es dar al ingeniero información que requiere para lograr un sistema adecuado de manejo y tratamiento. Por lo tanto, es importante efectuar una identificación correcta del efluente, que permita un buen manejo de la planta de tratamiento.
- El muestreo de análisis físico químicos son los primeros pasos a efectuarse en el desarrollo de un programa eficiente de control ambiental. Así, cada programa de muestreo deben ser seleccionados cuidadosamente, las muestras deben ser representativas y en suficiente cantidad para todos los estudios y pruebas requeridas, deben ser tomados a intervalos de tiempo que además consideren los cambios y variaciones de caudal y contenido del efluente.
- Se recomienda observar la posibilidad de estudiar el uso de un filtro prensa para lograr un rápido secado de los lodos resultando una torta compacta que termina siendo mas manejable. En vista de tener un caudal elevado de lodos.
- En general, un programa de control de la contaminación debe contemplar una evaluación integral de los procesos y sistemas de producción, a fin de determinar posibles cambios que conlleven a una disminución de residuos contaminantes y en el mejor de los casos la eliminación de estos.

- Se recomienda como una mejora continua para este tratamiento de aguas residuales, la inyección de aire en la unidad de trampa de grasa, de tal modo, que favorezcan por su efecto de agitación, la separación mas rápida de la materia orgánica. Esto con lleva a la disminución de contaminantes antes de ingresar a la línea de coagulación- floculación, haciendo que las dosis óptima necesaria de coagulante disminuya ahorrando costos de operación.
- Si la producción de la fábrica aumentase, es recomendable aumentar el tamaño de la cámara de mezclado, antes de modificar otras unidades.
- Como sucede en la mayoría de las operaciones de manufactura, es posible lograr reducciones importantes en los desechos de las instalaciones por medio de buenos métodos de operación, sin necesidad de realizar grandes inversiones en nuevas tecnologías. Las estrategias incluyen actividades tales como mejorar el mantenimiento del equipo, reemplazo de materias primas por otras menos tóxicas, el manejo de materiales, y la programación de la producción.
- Se puede realizar un programa de manejo y adecuación ambiental con mejoras continuas en la planta de tratamiento diseñada, con el objetivo de obtener un agua para regadío y ceñirse a la ley general de aguas, en un determinado tiempo.

IX BIBLIOGRAFÍA

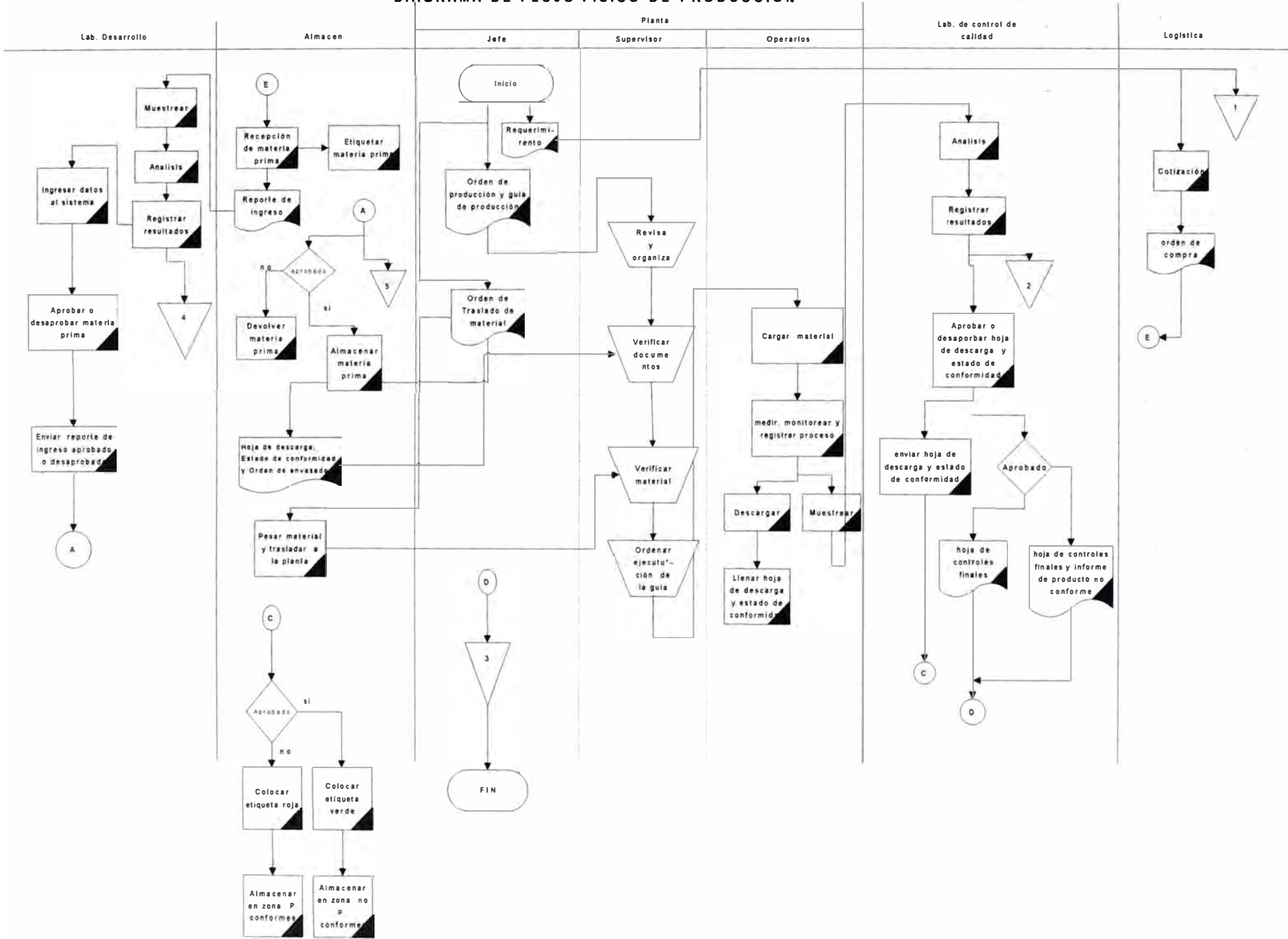
1. Gestión Integral de Agua, Instituto de Estudios Ambientales, Fundación Universitaria Iberoamericana, España - 1999
2. Módulos de Formación y Perfeccionamiento del Personal de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Cooperación Técnica República Federal de Alemania, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Perú – 1998.
3. Ingeniería De Aguas Residuales, Melcalf & Eddy, Editorial McGraw – Hill, España – 1997.
4. Programa Regional CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – Filtración Rápida, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (Cepis), Perú – 1994.
5. Tratamiento de Aguas residuales, R.S. Ramalho, Editorial Reverté S.A, Barcelona – 1993 .
6. Manejo y Tratamiento de Aguas Residuales en la Refinación de Cobre y Plomo, Sixto Gutierrez Llantay, Tesis de la Facultad de Ingeniería Ambiental – UNI, Perú – 1995.
7. Proyecto de Obras Generales de Agua Potable y Alcantarillado del Esquema Ñaña Sector Oeste, Valery Mautino, Tesis de la Facultad de Ingeniería Ambiental – UNI, Perú –2000.
8. Estudio Experimental a escala de Laboratorio de Tratamiento de Aguas Residuales de una Industria Galvánica, Apolaya Arnao,

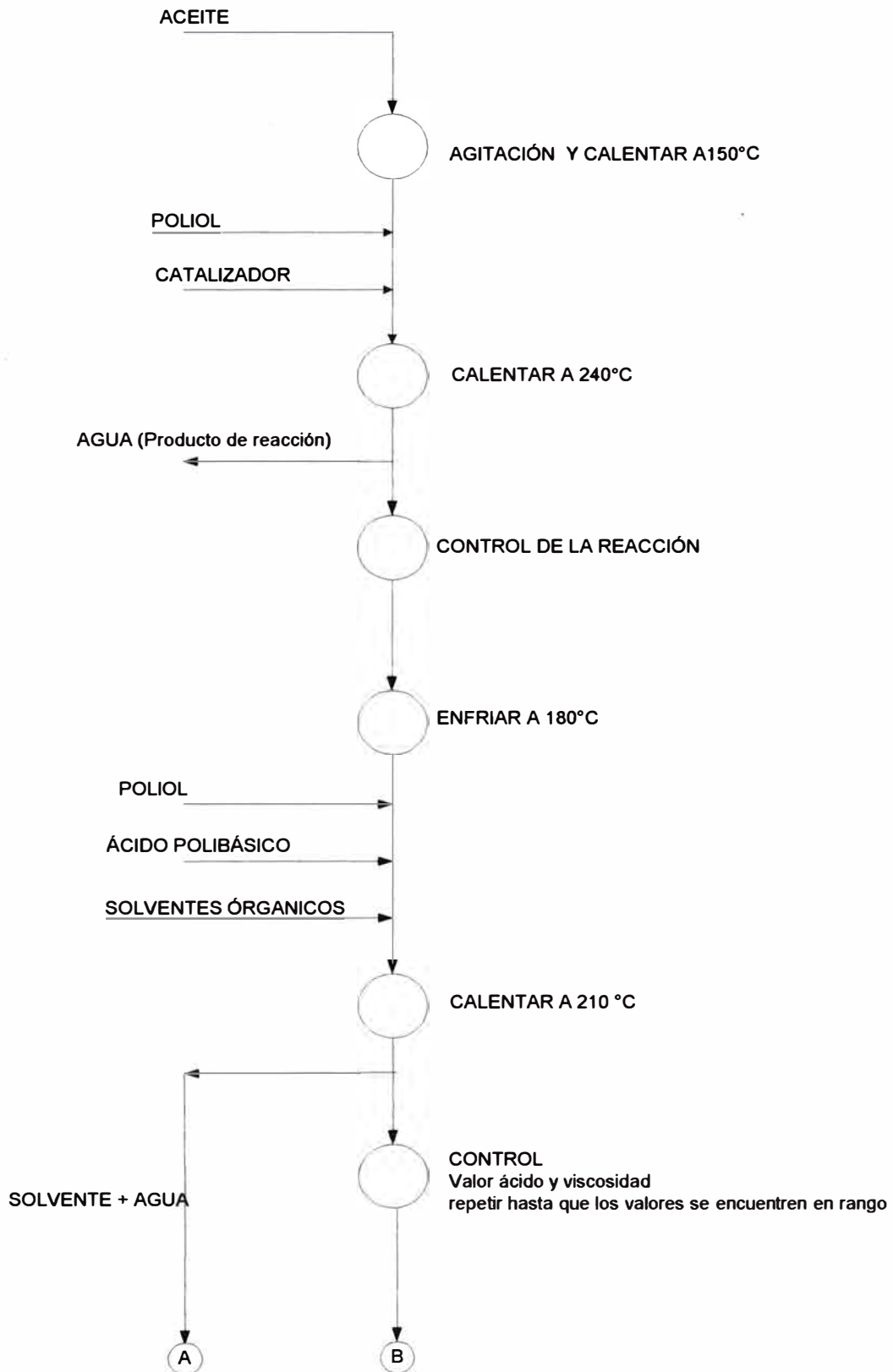
- Mary Estela, Tesis de la Facultad de Ingeniería Química y Manufacturera – UNI, Perú –2000.
9. Proyecto Regional: Sistemas Integrados de Tratamiento y uso de Aguas Residuales en América Latina : Realidad y Potencial Convenio IDRC – OPS / HEP / CEPIS, 2000 – 2002 – Perú.
 10. Pollution Prevention and Abatement Handbook, World Bank Group – 1998.
 11. Una introducción a los Riesgos en el manejo diario de productos químicos, Universidad de Concepción - 1990.
 12. Dangerous Substances in Waste - Technical Report N° 38, Jurgen Schmid, Andrea Elser and Renate Strobel - European Environment Agency, Ireland – 2000.
 13. Tratamiento Físico – Químico de Aguas Residuales - Reporte Técnico, Ing. Oscar Ruiz Camona, Centro Panamericana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente (CEPIS), México – 2000.
 14. Tratado de Hidráulica Aplicada, Calvin Victor Davis. Editorial Labor S.A., México – 1956.
 15. Aguas Residuales Industriales, Nelson L. Nemerow, Blume, Ediciones – Madrid – España, Junio – 1975.
 16. Hawley's Condensed Chemical, Editorial Omega S.A., Barcelona 1993.

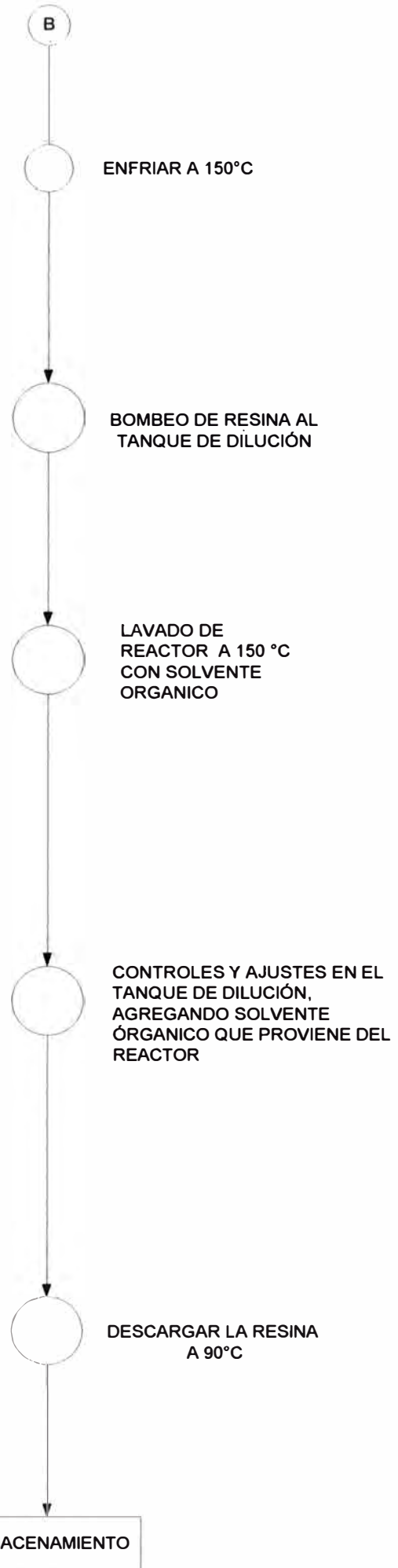
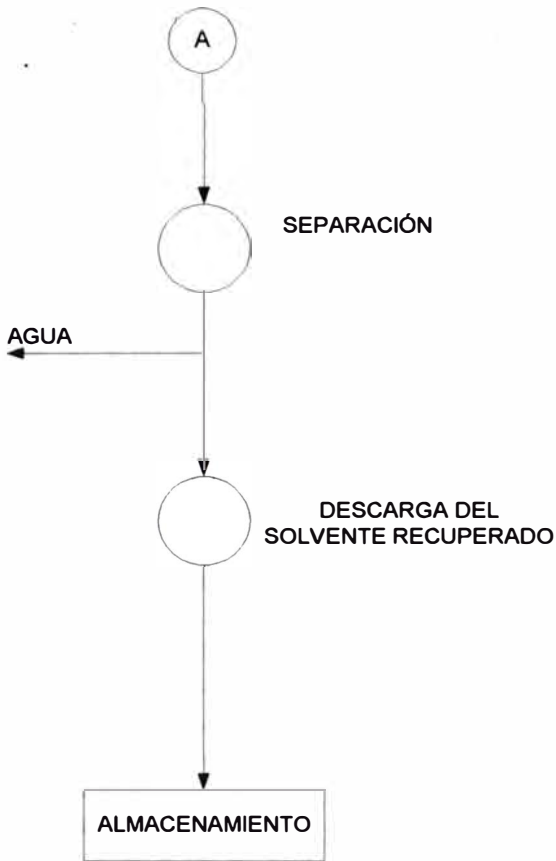
17. Manual de Procesos Químicos en la Industria, Tomo II, Austin George T., Editorial Mc.Graw Hill-México D.F- 1988.
18. Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales, American Public Health Association (A.P.H.A), Editorial Diaz De Santos – Edición 17 – 1998.
19. Operaciones Básicas de Ingeniería Química, Warren L. McCabe y Julian C. Smith, Editorial Reverte – Barcelona – 1993.
20. Principios y Operaciones Unitarias, Alan S. Foust y Leonardo A. Wenzel, Editorial Continental – México – 1980.
21. Hidráulica de canales, Máximo Villón B., Instituto Tecnológico de Costa Rica Departamento de Ingeniería Agrícola, Cartago - Costa Rica – 1985.
22. Contabilidad de costos, Backer Jacobsen Ramírez Padilla, Mc Graw Hill, México-1965.

X APENDICES

DIAGRAMA DE FLUJO FISICO DE PRODUCCION

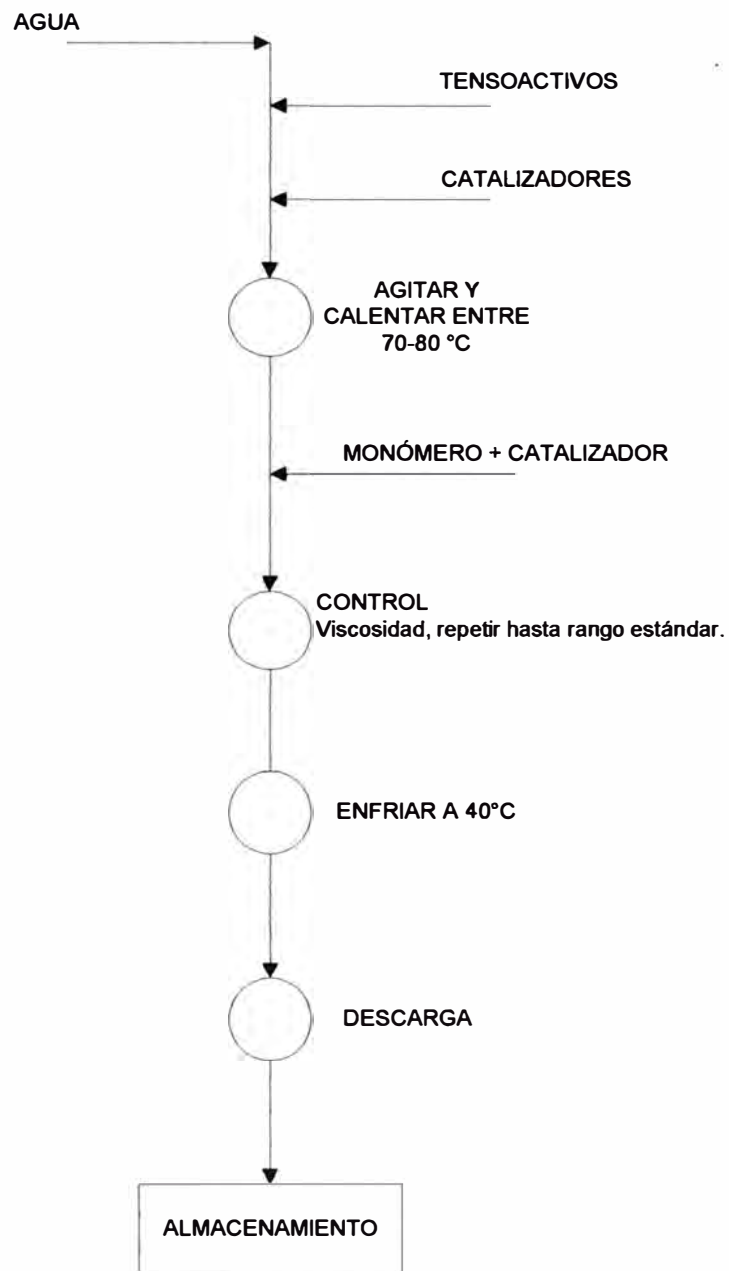


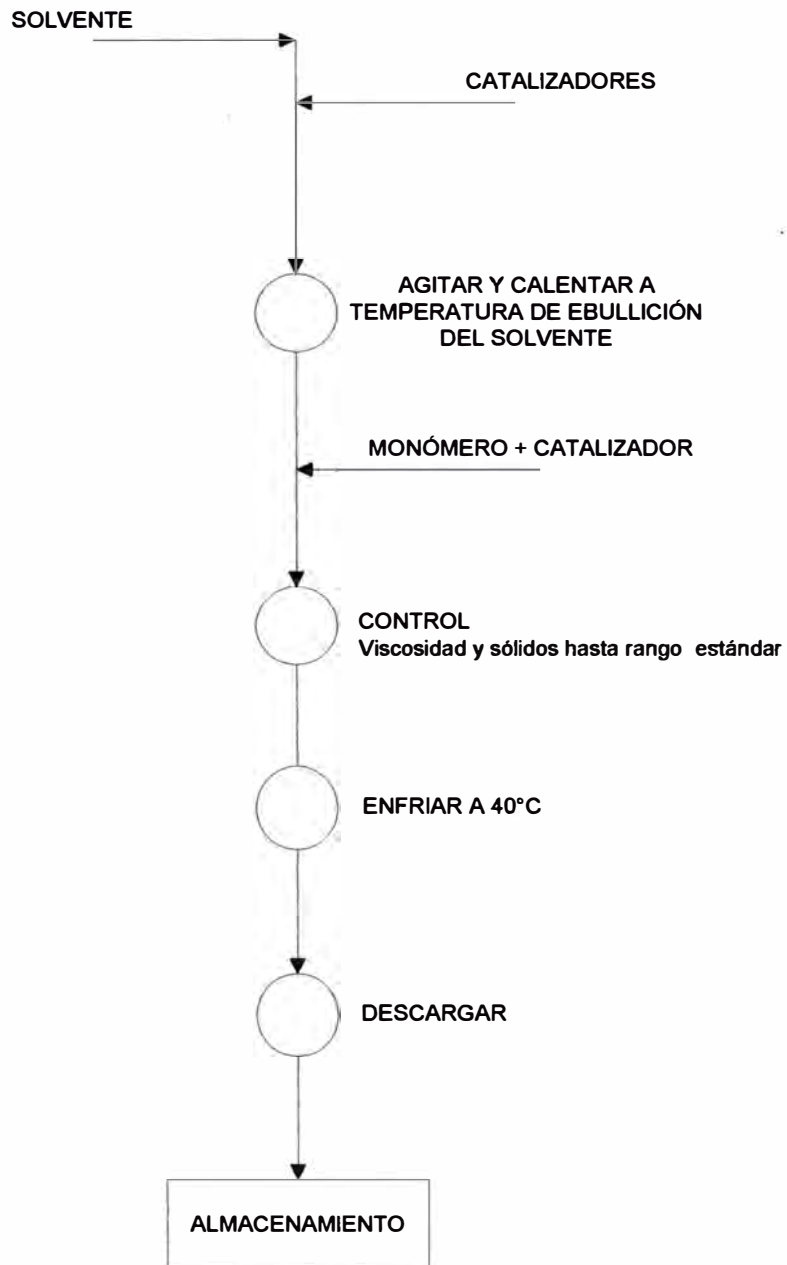
Apéndice B**DIAGRAMA DE OPERACIONES DE RESINAS ALQUIDICAS**



Apéndice C

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE ACRILICOS AL AGUA



Apéndice D**DIAGRAMA DE OPERACIONES DE ACRILICOS AL SOLVENTE**

Apéndice E

ESTUDIO ESTADISTICO DEL CAUDAL

Caudal (m ³ s ⁻¹)	número de orden	Ln caudal	Probabilidad
1,16723E-05	1	-11,358	0,013
3,84257E-05	2	-10,167	0,026
8,1482E-05	3	-9,415	0,038
0,000100856	4	-9,202	0,051
0,000102919	5	-9,182	0,064
0,000119956	6	-9,028	0,077
0,000157503	7	-8,756	0,090
0,000164057	8	-8,715	0,103
0,000203174	9	-8,501	0,115
0,000221647	10	-8,414	0,128
0,000235	11	-8,356	0,141
0,000242291	12	-8,325	0,154
0,00025	13	-8,294	0,167
0,000269608	14	-8,219	0,179
0,000271699	15	-8,211	0,192
0,000275274	16	-8,198	0,205
0,00030303	17	-8,102	0,218
0,000354839	18	-7,944	0,231
0,000366553	19	-7,911	0,244
0,00039759	20	-7,830	0,256
0,000448242	21	-7,710	0,269
0,000498866	22	-7,603	0,282
0,000605727	23	-7,409	0,295
0,000611111	24	-7,400	0,308
0,000641642	25	-7,351	0,321
0,000647059	26	-7,343	0,333
0,00071685	27	-7,241	0,346
0,000718501	28	-7,238	0,359
0,000753425	29	-7,191	0,372
0,000779638	30	-7,157	0,385
0,000832237	31	-7,091	0,397
0,00093617	32	-6,974	0,410
0,00099	33	-6,918	0,423
0,000985748	34	-6,922	0,436
0,001004566	35	-6,903	0,449
0,001004566	36	-6,903	0,462
0,001015855	37	-6,892	0,474

Caudal (m ³ s ⁻¹)	Número de orden	Ln Caudal	Probabilidad
0,001016064	38	-6,892	0,487
0,001039729	39	-6,869	0,500
0,0011	40	-6,812	0,513
0,001114865	41	-6,799	0,526
0,001154624	42	-6,764	0,538
0,00117378	43	-6,748	0,551
0,001290208	44	-6,653	0,564
0,001333333	45	-6,620	0,577
0,001349693	46	-6,608	0,590
0,00137931	47	-6,586	0,603
0,001447368	48	-6,538	0,615
0,001458246	49	-6,531	0,628
0,001493778	50	-6,506	0,641
0,0016	51	-6,438	0,654
0,0016	52	-6,438	0,667
0,001596028	53	-6,440	0,679
0,00174	54	-6,354	0,692
0,001746032	55	-6,350	0,705
0,001887255	56	-6,273	0,718
0,001893269	57	-6,269	0,731
0,001929825	58	-6,250	0,744
0,001931844	59	-6,249	0,756
0,001948819	60	-6,241	0,769
0,001964286	61	-6,233	0,782
0,002045455	62	-6,192	0,795
0,002056075	63	-6,187	0,808
0,002376362	64	-6,042	0,821
0,002503906	65	-5,990	0,833
0,00275	67	-5,896	0,859
0,002857143	68	-5,858	0,872
0,0033	69	-5,714	0,885
0,003448351	70	-5,670	0,897
0,003545109	71	-5,642	0,910
0,003575	72	-5,634	0,923
0,003660091	73	-5,610	0,936
0,004074074	74	-5,503	0,949
0,004605413	75	-5,381	0,962
0,005065323	76	-5,285	0,974
0,005288462	77	-5,242	0,987

Se utilizaron los siguientes parámetros estadísticos:

Parámetro Estadístico	
Media (m ³ s ⁻¹)	0,00085
Mediana (m ³ s ⁻¹)	0,00174
Desviación Estándar	1,185
Coefficiente Asimetría	-1,025
Pendiente	3,898
A	-9,023
Probabilidad	0,997
Caudal punta (m ³ s ⁻¹)	0,0059

Para encontrar el caudal punta estimado durante un año se utilizó lo siguiente:

- Probabilidad

$$Pr obabilidad = \frac{m}{n + 1}$$

n = Número total de datos

m = Número de orden del dato correspondiente.

Se usa el valor de (n+1) en lugar de n para considerar la posibilidad de que se den caudales o bien superiores al máximo de los datos, o bien inferiores al mínimo de los datos.

- Regresión lineal de logaritmo neperiano de caudal vs probabilidad.

- Ecuación lineal obtenida.

La probabilidad que le corresponde al caudal punta se obtuvo de la siguiente manera:

Se muestreó 77 valores de caudales en 2 meses. El número de valores proyectado en un año sería $77 * 6 = 462$

Entonces :

La probabilidad = 0,997

Siendo: $n = 462$

$m = 463$

La probabilidad obtenida se reemplaza en la ecuación lineal y se halla el caudal punta proyectado en un año.

Apéndice F**ESTUDIOS ESTADÍSTICOS DE LA CARGA CONTAMINANTE****Parámetros medidos en laboratorio**

Muestra	cianuros	zinc	fenoles	sulfuros	plomo	Aceite y grasas	DBO	DQO	SAAM	S.S
1	0	0	0	0,328	0,06	105,37	113	1812,9	1,77	38
2	0	0	0	0,475	0,07	325,4	126	1910,6	1,7707	43
3	0	2	0	2,043	0,12	325,4	180	2786,16	8,1	63
4	0	0	0,019	0,424	0,213	53	152	2108,1	13,3	43
5	0	5,1	0,4	1,842	0,118	95,41	165	3129,6	15,5	63
6	0,0057	2	0,05	0,819	0,1397	1038,02	130	2206,8	5,79	38
7	0,0017	5	0	0,819	0,16	105,368	204	2404,32	5,794	41
8	0	3,025	0	1,354	0,1949	100,47	260	2786,16	6,6	8126
9	0	0	0,05	2,853	0,2302	105,37	300	2601,8	7,4	275,9
10	0	3,455	0,05	2,448	0,167	270	150	2604,96	1	194
11	0	3,886	0,05	2,448	0,183	240,99	190	2457,6	3,13	580
12	0,0117	4,316	0	0,828	0,65	214,13	160	2898,02	6,5	841,6
13	0,0117	3,025	0,41	0,828	0,35	129,17	310	2996,76	4	30
14	0	4,31	0	1,233	0	257,895	160	3095,50	7,8	1770
15	0,0111	2	0,4	1,233	0,25	292,184	294	3194,25	1	600
16	0,012	2	0,05	1,233	0,825	351,828	130	1367,24	9,5	3723
17	0	5,1	0	2,363	0,065	291,282	270	3080,4	5,2	194

Nota: Todos están en mg/L

Se utilizó el siguiente parámetro estadístico:

Media Ponderada :

$$x_w = \frac{\sum_{i=1}^n x_i * q_i}{\sum_{i=1}^n q_i}$$

donde:

x_w = Concentración media del constituyente proporcional al caudal.

n = Número total de datos.

x_i = Concentración media del constituyente durante el i-ésimo periodo de tiempo.

q_i = Caudal medio durante el i-ésimo periodo de tiempo.

La media ponderada proporcionalmente al caudal, se emplea para obtener una medida más representativa de la concentración de los diversos constituyentes del agua residual industrial.

Caudal * Parámetro

Muestra	Cianuros	Zinc	Fenoles	Sulfuros	Plomo	Aceites y grasas	DBO ₅	DQO	SAAM	S.S
1	0	0	0	45,23	8,275	14532	15584	250034,8	244,11	5240,95
2	0	0	0	5,3	0,781	3630,2	1405,6	21314,95	19,754	479,71
3	0	34,82	0	35,56	2,089	5665	3133,6	48505,12	141,01	1096,78
4	0	0	1,950	43,51	21,86	5439,6	15600	216362,6	1365,0	4413,26
5	0	480,2	37,669	173,4	11,11	8984,9	15538	294719,0	1459,6	5932,80
6	0,67	234,6	5,866	96,09	16,39	121787	15252	258917,4	679,32	4458,43
7	0,21	598,5	0	98,03	19,15	12613,2	24420	287812,2	693,57	4907,95
8	0	267,0	0	119,5	17,20	8870,5	22955	245992,6	582,72	717451
9	0	0	10,8	616,2	49,72	22759,9	64800	561988,8	1598,4	59598,0
10	0	65,75	0,952	46,58	3,178	5138,3	2854,6	49574,56	19,031	3691,9
11	0	166,4	2,141	104,8	7,837	10319,9	8136,4	105242,6	134,03	24837,5
12	0,46	169,1	0	32,47	25,46	8390,4	6269,3	113555,0	254,69	32979,9
13	1,04	269,5	36,532	73,84	31,18	11509,4	27622	267021,5	356,41	2673,1
14	0	117,5	0	33,63	0	7031,1	4362,1	84394,40	212,65	48265,4
15	1,16	209,4	41,891	129,1	26,18	30599,6	30789	334525,1	104,72	62836,3
16	1,40	227,3	5,684	140,2	93,78	39997,2	14778	155433,6	1080,0	423317
17	0	440,6	0	204,1	5,616	25166,7	23328	266146,5	449,28	16761,6
SUMA	4,94	3281	143,48	1997,9	339,8	342436,	296832	3561541,	9394,4	141189
Parámetro (media ponderada) mg/L	0,003	2,30	0,1006	1,400	0,238	239,99	208,04	2496,12	6,584	994,472

Apéndice G

DETERMINACION DE PARAMETROS DE DISEÑO: TRAMPA DE GRASAS

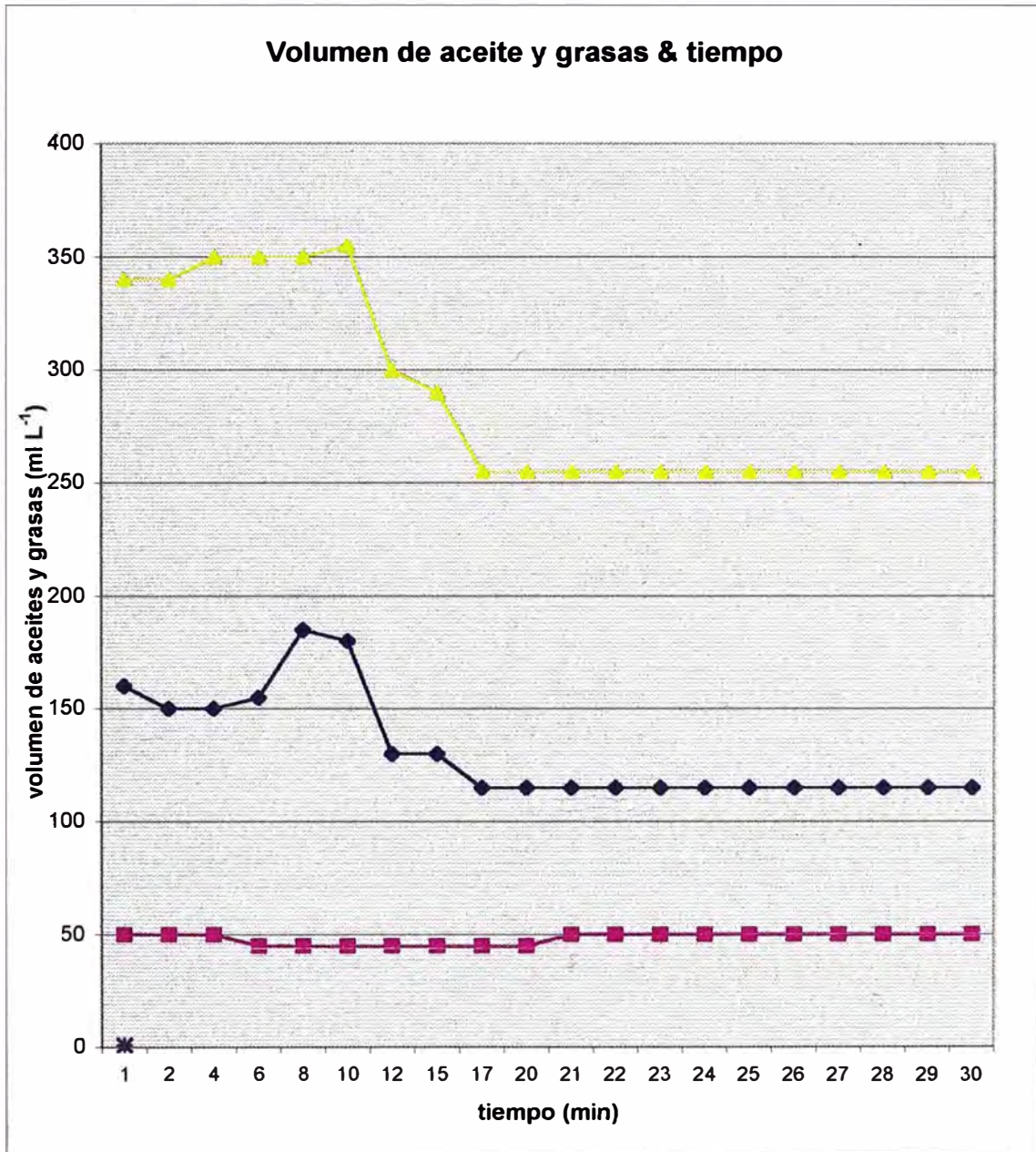
Pruebas de laboratorio

1. Llenar en un cono imhoff hasta la marca de 1 litro con una muestra bien mezclada.
2. Deje reposar durante 1 minutos removiendo a continuación suavemente las paredes del cono con una varilla; Manténgase en reposo durante 1min y regístrese el volumen de los sólidos flotantes como mililitros por litro.
3. Regístrese el volumen de los sólidos flotantes cada 1 minutos durante 30 minutos.

Datos:

Tiempo (s)	Aceites y grasas (a 25°C, en mL L ⁻¹)		
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
60	160	50	340
120	150	50	340
240	150	50	350
360	155	45	350
480	185	45	350
600	180	45	355
720	130	45	300
900	130	45	290
1020	115	45	255
1200	115	45	255
1260	115	50	255
1320	115	50	255
1380	115	50	255
1440	115	50	255
1500	115	50	255
1560	115	50	255
1620	115	50	255
1680	115	50	255
1740	115	50	255
1800	115	50	255

Los datos de la tabla se muestran en el siguiente grafico:



Del gráfico se determinan los parámetros de diseño para la trampa de grasas y la poza para aceites y grasas.

Parámetros de diseño:

Porcentaje de grasa en volumen (%)	2
Altura máxima de grasa (m)	0,04
Tiempo de residencia (s)	1020

Apéndice H

DETERMINACION DE COAGULANTE OPTIMO

Como las características del agua residual son variables, la cantidad y producto químico se debe determinar a partir de ensayos de laboratorio. Se realizaron pruebas con cal, sulfato férrico-cal, sulfato férrico y sulfato de aluminio en el laboratorio, para determinar el coagulante óptimo.

A continuación se presentan los resultados de las pruebas de laboratorio

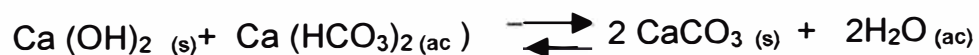
Ensayo	1	2	3	4
Cal al 70% (mg/L)	120,37	63	-----	-----
Sulfato férrico (mg/L)	-----	150	300	-----
Sulfato de aluminio (mg/L)	-----	-----	-----	70
Velocidad de agitación (rpm)	60	60	60	60
Tiempo de agitación (min)	20	20	20	20
PH	11,2	11,2	11,2	11,2
Remoción de turbidez (%)	60	85	98	70

Nota: Estas concentraciones son las óptimas para cada ensayo.

Las reacciones que se llevan acabo:

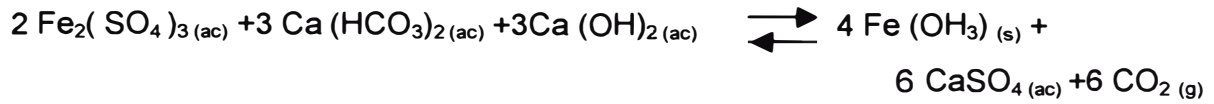
Ensayo 1:

- **Cal**



Ensayo 2:

- **Sulfato Férrico y Cal**



Ensayo 3:

- **Sulfato férrico**



Ensayo 4:

- **Sulfato de aluminio**



Al comparar la remoción de la turbidez, se obtiene mejores resultados con el sulfato férrico, por lo tanto se determina dicho coagulante como el óptimo.

Apéndice I

PRUEBA DE JARRAS

A nivel de laboratorio, uno de los métodos mas usados es la “Prueba de Jarras” como elemento de control para el proceso de coagulación – floculación.

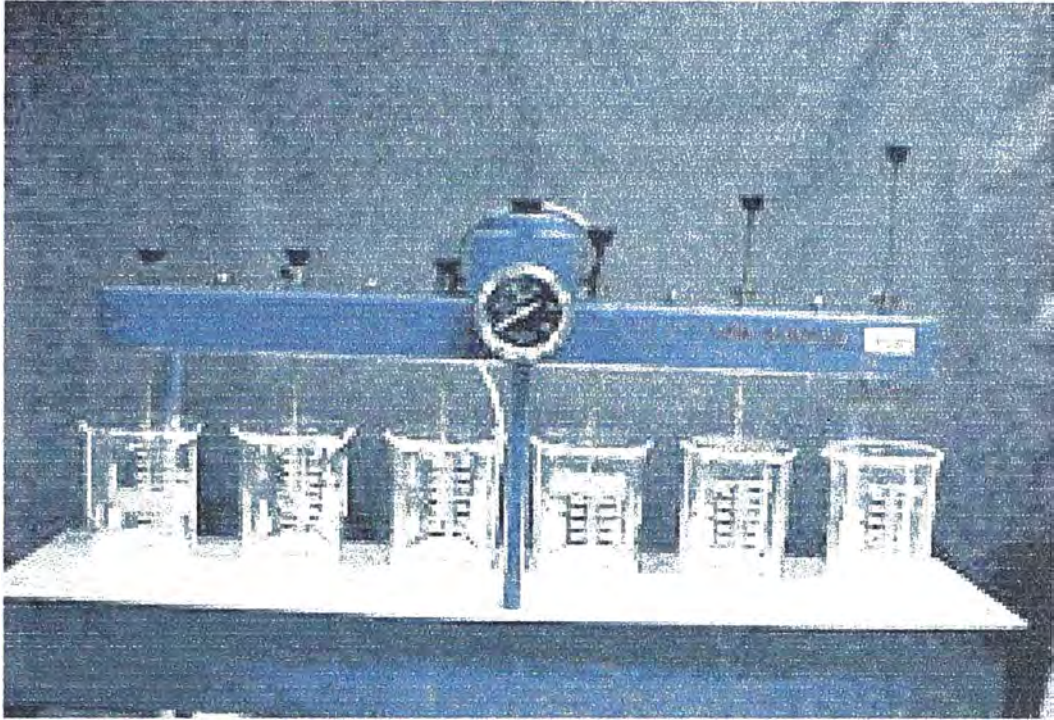
Esta prueba es usado para definir variables importantes como:

- Determinación de dosis óptimas de coagulante.
- pH óptimo de coagulación.
- Influencia de la concentración de los coagulantes.
- Parámetros de floculación.
- Parámetros de decantación.

Descripción del equipo de prueba de jarras

Estos equipos constan de:

- Un agitador mecánico provisto con tres o seis paletas, capaz de operar a velocidades variables (de 0 a 100 rpm y actualmente pueden obtenerse equipos que operan de hasta 400 rpm).
- Un iluminador de flóculos localizado en la base del agitador de laboratorio.
- Vasos precipitados de 1500 a 2000 mL, forma baja, de cristal refractario.



Componentes mas importantes en la prueba de jarras:

- Sistema de dosificación: La adición de los coagulantes debe ser de forma rápida y simultanea a cada vaso.
- Sistema de agitación : La variable mas importante de esta prueba es la intensidad de agitación expresada como gradiente de velocidad.
- Descripción de las jarras :Debe ser de 2000 ml de capacidad, podría optarse por vasos de 1000 ml; evitarse el lavado de las jarras con detergentes.

Sistema de toma de muestra: Se toma la muestra sobrenadante por medio de un sifón de 3mm de tubo de vidrio, este sifón debe ser torcido en dirección horizontal en el punto de muestreo para que este sea representativo de una profundidad determinada. El sifón esta sostenido por un flotador de tecnoport el cual va ayudar a mantener constante la altura de toma de muestra y el nivel de agua. Antes de tomar la muestra, se debe de descartar a través del sifón aproximadamente

10 ml de agua y luego tomar algo más de 30 ml de muestra para la determinación de la turbiedad.

- Iluminación : Para observar los floculos producidos, se debe evitar fuentes de luz que generen calor y que tiene efecto significativo en la coagulación y sedimentación.
- Equipos auxiliares : Turbidímetro, pH-metro.

Resultados del Laboratorio

1. Determinación de dosis óptima de coagulante

Coagulante : $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

Turbidez inicial(NTU)	160	166	400	463	536	1233
Log T	2,2041	2,2201	2,6021	2,6656	2,7292	3,0910
Dosis óptima (mg/L)	60	120	180	260	300	500

Recta ajustada de logaritmo de turbidez & dosis óptima

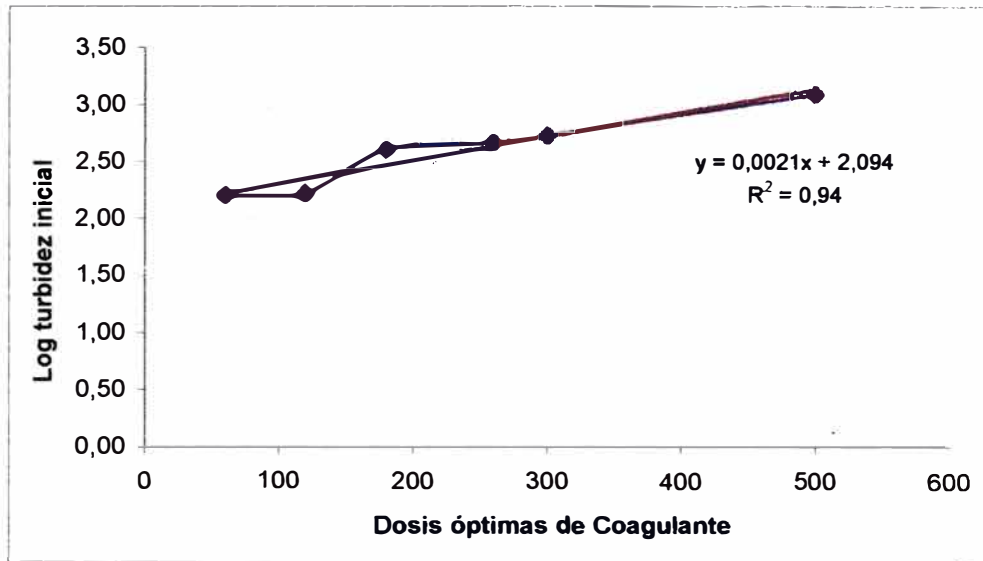
$$\text{Log T} = m * \text{DO} + b$$

Donde

T = Turbidez inicial

DO = Dosis óptima

$$\text{Log T} = 0,0021 * \text{DO} + 2,094$$



2. Concentración óptima del coagulante

Concentración de la solución del coagulante	Turbiedad final
0,5	6,34
1	5,87
1,5	5,53
2	4,14
2,5	3,72
3	11,10

Nota: La turbidez residual de cada concentración mostrada en el cuadro es el promedio de la turbidez residual de cada prueba a diferentes turbiedades iniciales.

3. pH óptimo

pH	Turbidez final
6	104,9540
6,5	91,7508
7	13,0381
7,5	8,1506
8	7,4870
8,5	8,3467

Nota: La turbidez residual para cada pH mostrada en el cuadro es el promedio de la turbidez residual de cada prueba a diferentes turbiedades iniciales.

4. Parámetros de Floculación

Gradiente de velocidad (s^{-1})

	Tiempo (min)					
Turbidez inicial	5	10	15	20	25	30
244	40	40	40	40	40	40
536	40	40	40	20	20	20
160	60	60	60	60	20	20
463	60	60	60	60	40	40
166	60	60	40	40	40	40
1233	60	20	20	20	20	20
400	60	20	20	20	20	20
Promedio	54	43	40	37	29	29
Log(Gradiente)	1,735	1,632	1,602	1,570	1,456	1,456
Log(Tiempo)	0,699	1,000	1,176	1,301	1,398	1,477

Recta ajustada de la gradiente de velocidad & tiempo

$$\text{Log } G = m \cdot \text{Log } T + b$$

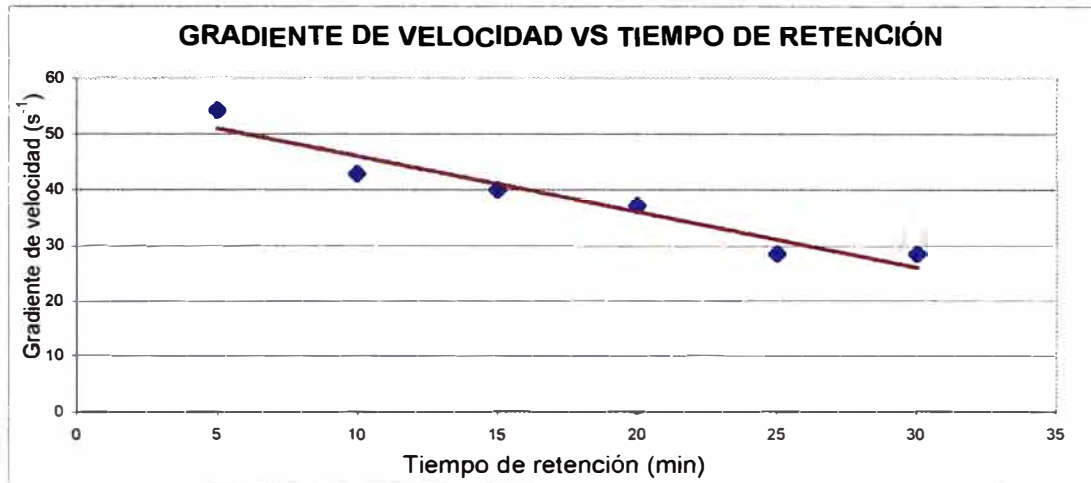
donde:

T = tiempo (s)

entonces:

$$\text{Log } G = -0,3601 \cdot \text{Log } T + 1,9983$$

$$r = 0,96$$



Obteniendo la recta que está representada en la figura de la cual se obtienen los siguientes puntos:

Tiempo de retención (s)	Gradiente (s ⁻¹)
400	50
800	39
1200	34

5. Parámetros de decantación

Turbidez inicial (NTU)	160	166	400	463	536	1233	Promedio
Vs(cm s ⁻¹)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,033	0,05
Turbidez residual (NTU)	0,0351	0,0394	0,0471	0,045	0,016	0,027	0,035
Volumen de Lodos(ml L ⁻¹)	10	15	31	33,18	89	208	64,36

6. Análisis de resultados (Proceso 3)

Turbidez inicial(NTU)	160	166	400	463	536	1233	Promedio	Rendimiento (%)
DQO (mg/L)	150	180	135	270	180	130	165	93
DBO (mg/L)	37,2	41,1	43,5	44,3	42	45	42	80
Sólidos disueltos(mg/L)	10	3	1	22	10	8	9	98
Plomo (mg/L)	0,004	0,004	0	0	0	0,017	0,002	90
Zinc (mg/L)	0,21	0,25	0,30	0,15	0,18	0,22	0.23	90
Aceites y grasas (mg/L)	0	30	14,5	63,5	23	0	18,75	92

Apéndice J

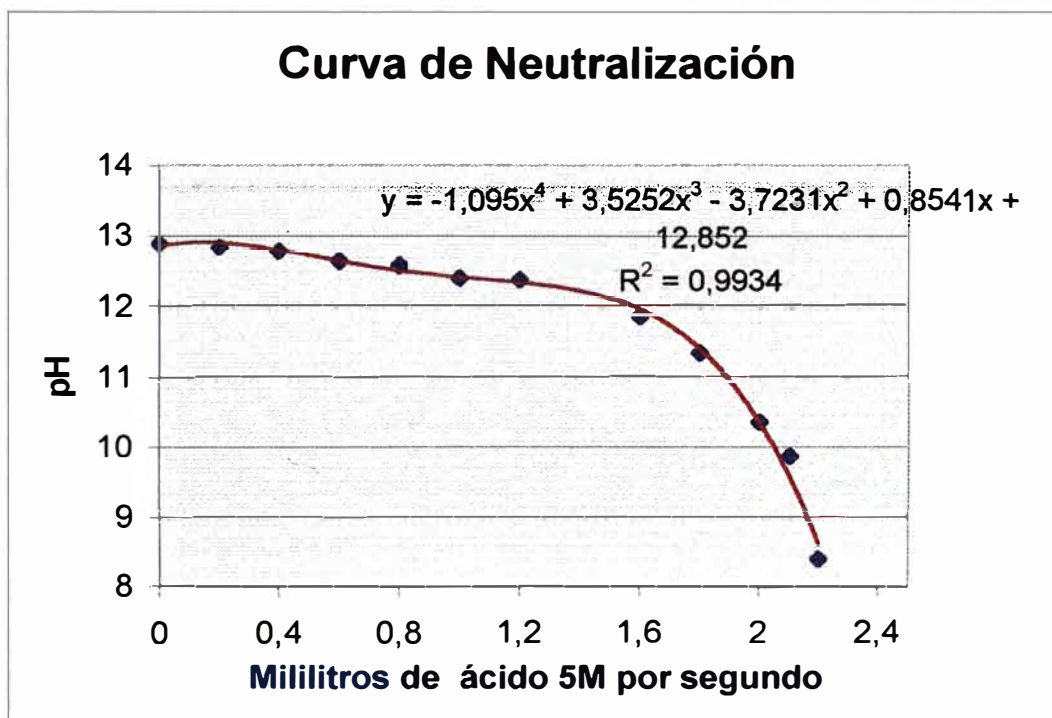
NEUTRALIZACION

Ensayos en planta piloto

Caudal del agua residual 1,74 lps

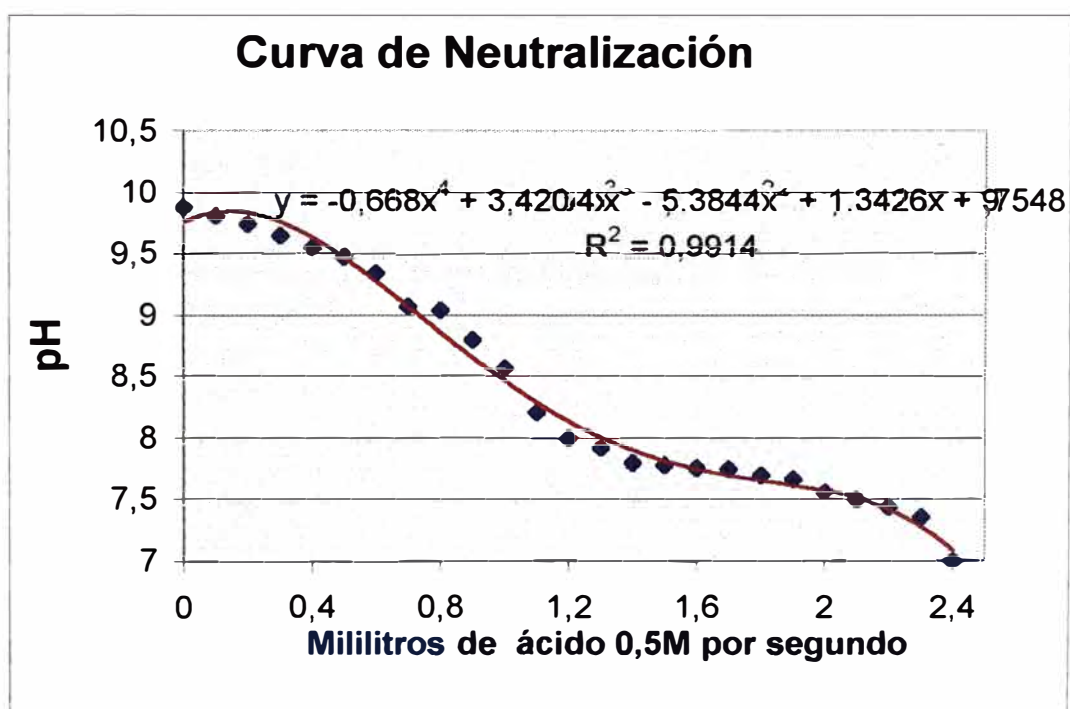
Ácido sulfúrico 5M

Volumen de ácido (ml s ⁻¹)	pHi= 12,89
0	12,89
0,2	12,84
0,4	12,78
0,6	12,64
0,8	12,58
1	12,4
1,2	12,38
1,6	11,85
1,8	11,33
2	10,36
2,1	9,87
2,2	8,4



Ácido sulfúrico 0,5M

Volumen de ácido (ml s ⁻¹)	pHi= 9,88
0	9,88
0,1	9,81
0,2	9,74
0,3	9,65
0,4	9,55
0,5	9,47
0,6	9,34
0,7	9,07
0,8	9,04
0,9	8,8
1	8,57
1,1	8,21
1,2	8
1,3	7,92
1,4	7,8
1,5	7,78
1,6	7,76
1,7	7,75
1,8	7,7
1,9	7,67
2	7,57
2,1	7,5
2,2	7,44
2,3	7,36



Efecto Térmico

La reacción que se produce en el neutralizador:



Compuesto	Nº de mol	$\Delta H_{f25^\circ\text{C}}$ J mol ⁻¹
H ₂ SO ₄	1	-887727,204
NaOH	2	-426886,128
Na ₂ SO ₄	1	-1383737,4
H ₂ O	2	-286031,29
Calor de formación de reacción ($\Delta H_{f25^\circ\text{C}}$)		-214300,52

Propiedades físicas

Densidad de agua a 25°C	997045 g m ⁻³
Masa de agua (m _{agua})	1563,56 g
Calor específico de agua (Ce)	4,1868 J *g ⁻¹ * °C ⁻¹
Temperatura inicial(°C)	25 °C

Balance de energía

Q (calor absorbido) = - ΔH_f (calor desprendido en reacción)

$$-\Delta H_f = m_{\text{agua}} * Ce * (T_f - T_i)$$

Temperatura final = 25°C

TABLAS DE pH vs CAUDAL DE ÁCIDO

pH medido	13	12,5	12	11,5	11	10,5
Caudal de ácido 5M (Lh ⁻¹)	7,9	5,0	2,3	1,5	1,1	0,8

pH medido	10	9,5	9	8,5
Caudal de ácido 0,5M (Lh ⁻¹)	4,7	3,0	2,1	1,2

Los cuadros indican el caudal de ácido para obtener un pH ente 7,5 –8,5, a partir del pH medido.

Apéndice K**EQUIPO UTILIZADO EN EL PROCESO 4****PRESUPUESTO**

Lima, 13 de Noviembre del 2002

Sistema Hydrocal de Acondicionamiento de Efluente Industrial**DESCRIPCIÓN DEL EQUIPAMIENTO PROPUESTO**

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
01	01	DOSIFICADOR AUTOMATICO DE COAGULANTE Marca : LMI Procedencia : USA Incluye tanque de 35 galones
02	01	DOSIFICADOR AUTOMATICO DE POLIMERO FLOCULANTE
03	01	MEZCLADOR ESTATICO
04	01	SISTEMA HYDROCAL DE TRATAMIENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL Controlado por PLC programable Procedencia : USA, California Modelo CAF-15 Flujo de diseño 15 m³ h⁻¹ Incluye : <ul style="list-style-type: none"> - Tanque de acero carbono de 3,65 m de largo y 1,35 m de ancho, altura 1,40 m el tanque esta diseñado con zona de aereación, zona de flotación, zona de descarga de lodos. - Aereador por Cavitación Patentado de 2 HP - Sistema de scrappers (rastras) de ½ HP - Sistema de recirculación del efluente - Ingreso del efluente de 3" de diámetro - Salida de 3" - Sistema de drenaje del tanque - Tornillo si fin Energía : 220 v / 60Hz/3 phase

PRECIO PUESTO EN LIMA US\$ 78,000.00 + IGV

COSTO DE INSTALACIÓN US\$ 2,800.00 + IGV

COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

1.- COSTO ESTIMADO DE ENERGIA ELECTRICA.-

(2) Bombas Dosificadoras	0.76 Kw
Bomba Alta Presión Osmosis Inversa	40.88 Kw
Sistema de Limpieza	2,24 Kw
TOTAL	43.88 Kw

43.88 Kw x US\$ 0.07 / Kw-hr x 24 hr / 768 m3/dia : US\$ 0.096 / m3

COSTO ESTIMADO ENERGIA	U\$ 0.096 / m3
-------------------------------	-----------------------

2.- VIDA UTIL ESTIMADA DE MEMBRANAS DE OSMOSIS INVERSA

COSTO UNITARIO	US\$ 1,135.00
COSTO 32 MEMBRANAS	US\$ 36,320.00

COSTO RELATIVO A LA PRODUCCIÓN DE AGUA EN 03 AÑOS

US\$ 36,320.00 / 768 m3/dia x 365 x 3 años = US\$ 0.043 / m3

COSTO MEMBRANAS x m3	U\$ 0.043 / m3
-----------------------------	-----------------------

3.- COSTO CONSUMIBLES

PRODUCTOS QUÍMICOS

La Dosis típica de Hypersperse es de 3 ppm, para aguas de regular salinidad

1080 m3/dia / 1,000 x 3 mg/litro : 3.24 Kg/dia

Costo Antiincrustante : US\$ 5.50 /kg ---- US\$ 5,50 / KG x 3.24 Kg/dia

Costo Diario US\$ 17.82 /dia / 768 m3/dia = US\$ 0.023 / m3

CARTUCHOS DE 5 MICRAS

36 FILTROS DE 10" , Cambio una vez cada mes a un costo de US 8.50

Costo Diario US 10.06 / dia / 768 m3/dia = US\$ 0.013 / m3

COSTO TOTAL CONSUMIBLES x m3	US\$ 0.036 / m3
-------------------------------------	------------------------

4.-REPUESTOS

Reparación de bomba de alta Presion (una vez cada 03 años , siguiendo el Plan de Mantenimiento)

Costo : US\$ 600.00 ANUALES

Sellos de la bomba de altas Presion (cambio una vez por año)

Costo : US\$ 356.00 ANUALES

Costo Relativo a la producción de Agua en 03 años

US\$ 956.00 / 768 m3 x 360 x 3 años = US\$ 0.0011 /m3

COSTO REPUESTOS x m3	US\$ 0.0011 / m3
-----------------------------	-------------------------

ANÁLISIS SIMPLE DE COSTOS DE OPERACIÓN

TIEMPO DE AMORTIZACIÓN 5 AÑOS

PRODUCCIÓN DIARIA DE AGUA TRATADA 768 m3

COSTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	US\$ 180,474.00
COSTO INVERSIÓN 35%	US\$ 63,165.90
MEMBRANAS	US\$ 36,320.00
ENERGIA	US\$ 132,710.00
CONSUMIBLES	US\$ 49,766.40
REPUESTOS	US\$ 1,520.00

TOTAL INVERSIÓN PRIMEROS 05 AÑOS US\$ 463956,30

TOTAL AGUA PRODUCTO 5 AÑOS EN m3 1382,400 m3

COSTO AGUA PRODUCTO CON COSTO INVERSIÓN US\$ 0.335/ m³

Sistema Hydrocal de Acondicionamiento de Efluente Industrial



HydroCal

The new and innovative Mini CAF 2000 System solves your wastewater treatment problems efficiently and economically.

Now, even small companies can take advantage of HydroCal's state of the art technology for wastewater treatment. Our engineering team has developed a compact unit that is a "plug in and operate" system, designed to handle flow rates from 0.5m³ to 4m³ per hour without compromising efficiency or space.

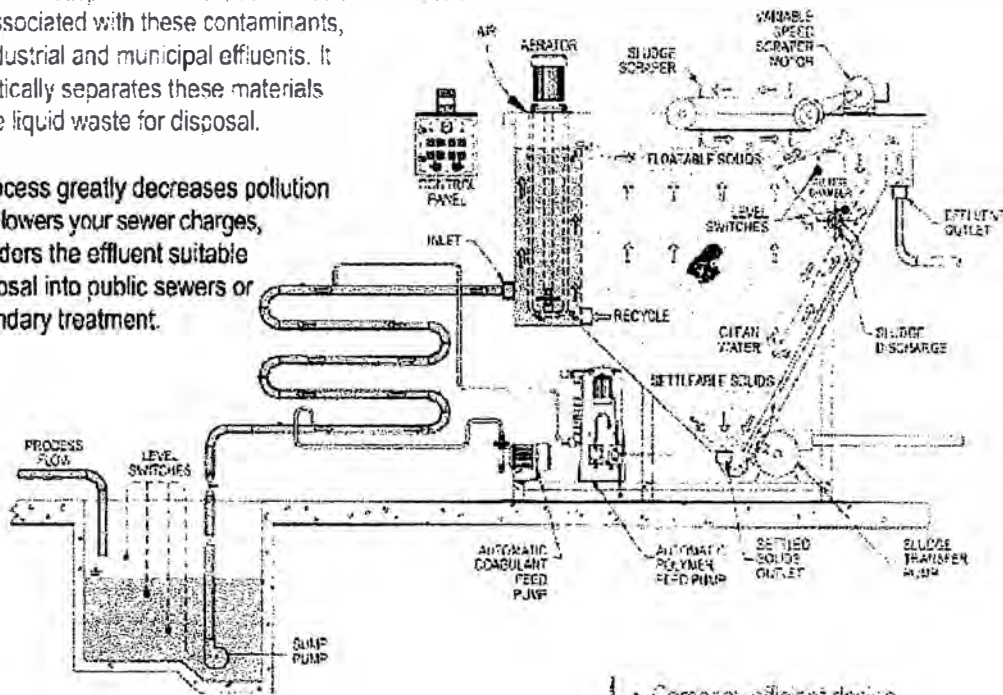
Mini CAF 2000 *The Innovative Solution to Industrial Wastewater*

- Pre-engineered wastewater treatment system
- Totally integrated
- Compact and low maintenance
- Low capital and operational costs
- Simple installation
- Engineering, design, laboratory and chemical services provided



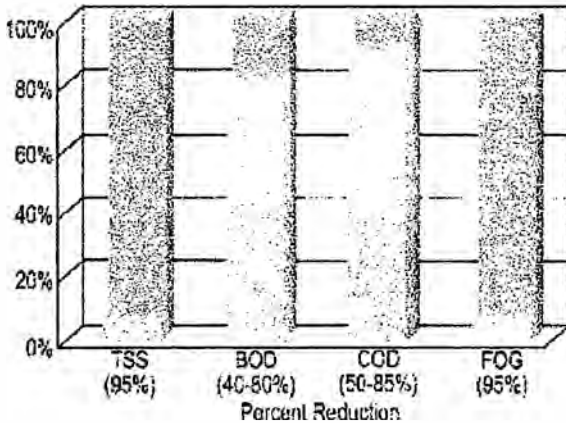
The Mini CAF[®]2000 System removes fats, oils, greases, colloidal and suspended solids, as well as the BOD and COD associated with these contaminants, from industrial and municipal effluents. It automatically separates these materials from the liquid waste for disposal.

This process greatly decreases pollution loading, lowers your sewer charges, and renders the effluent suitable for disposal into public sewers or to secondary treatment.



Influent
Effluent

Typical Results



- Compact, efficient design
- Easy to install and operate
- Low operational costs
- No recirculation pumps required
- No air pressure vessels required
- No underground plumbing required
- No costly high-pressure pumps
- No flocculant pre-mix chamber or tank
- No flash mixer required
- No calibration of air control valves
- No jets or nozzles to clean
- Easy access to all moving parts

• Hotels • Restaurants • Car/Truck Washes • Ice Cream • Cheese • Yogurt • Slaughterhouses • Poultry • Beef • Pork • Commercial Centers • Fruit Processing • Vegetable Processing • Bakenes • Fiberglass • Textile • Beverage • Pharmaceuticals • Snack Foods • Paint • Ground Water Remediation • Chemical • Pulp and Paper • Municipal • Newspaper Printing • Soil Remediation • Rendering • Soaps and Detergents • Timber • Printing • Ink Processing • Tanneries • Plastic • Laundries • Shopping Centers • Fertilizers • Yeast • Breweries • Entertainment Parks • Others

Please call for verification of applications not listed above.

HydroCal, Inc. • 27737 Granite Way, Suite A • Laguna Hills, California, USA 92653 • (949) 456-0765 • FAX (949) 456-0766
Email: info@hydrocal.com <http://www.hydrocal.com>

Apéndice L

COSTOS ESTIMADOS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

A) CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA

PRESUPUESTO

Obra: Remodelación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Contratista: Arq. Lincoln Velásquez Palacios

Fecha : Enero del 2003

Unidades Nuevas

COD	DESCRIPCIÓN	METRADO		COSTOS \$/.		
		U	CANT	UNIT \$/.	PARCIA L \$/.	TOTAL \$/.
I.	CAMARA DE NEUTRALIZACIÓN					
1.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
	- Excavación de suelo anegado	m ³	10	30,00	300,00	
	- Retiro de desmonte	m ³	12	25,00	300,00	
	- Transporte de material y equipo	U	1	250,00	250,00	850,00
2.00	CONCRETO ARMADO					
	- Concreto Fc=175 Kg*cm ⁻²	m ³	3	300,00	900,00	
	- Encofrado - Desencofrado	m ²	16	400,00	400,00	
	- Acero Fy =4200 Kg *cm ⁻²	Kg	150	3,00	450,00	1750,00
3.00	TARRAJEO					
	- Tarrajeo interior con impermeabilizan	m ²	20	25,00	500,00	500,00
4.00	INSTALACIONES SANITARIAS					
	- Tubería PVC Clase 1051	m	8	15,00	120,00	120,00
II	SEDIMENTADOR					
1.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
	- Excavación de suelo anegado	m ³	16	30,00	480,00	
	- Retiro de desmonte	m ³	20	25,00	500,00	980,00
2.00	CONCRETO ARMADO					
	- Concreto Fc=175 Kg *cm ⁻²	m ³	4,8	300,00	1440,00	
	- Encofrado - Desencofrado	m ²	26	25,00	650,00	
	- Acero Fy =4200 Kg *cm ⁻²	Kg	250	3,00	750,00	2840,00

3.00	TARRAJEO					
	Tarrajeo interior con impermeabilidad	m ²	30	25,00	750,00	750,00
4.00	INSTALACIONES SANITARIAS					
	- Tubería PVC	m	16	15,00	240,00	240,00
III	LECHO DE SECADO					
1.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
	- Excavación	m ³	2,8	25,00	70,00	
	- Retiro de desmonte	m ³	4	25,00	100,00	170,00
2.00	CONCRETO ARMADO					
	- Concreto Fc=175 Kg *cm ⁻²	m ³	3,6	300,00	1080,00	
	- Encofrado - Desencofrado	m ²	22	25,00	550,00	
	- Acero Fy =4200 Kg *cm ⁻²	Kg	190	3,00	570,00	2200,00
3.00	TARRAJEO					
	Tarrajeo interior con impermeabilizante	m ²	30	25,00	750,00	750,00

COSTO TOTAL = S/.11150,00 = US\$/.3185,71429

Remodelación de unidades

IV	TRAMPA DE GRASAS – CAMARA DE BOMBEO					
1.00	PICADO DE ESTRUCTURA DE CONCRETO PARA UNIR CÁMARA DE BOMBEO CON POZA ADICIONAL	U	1	250,00	250,00	250,00
2.00	CONCRETO ARMADO					
	- Concreto Fc=175 Kg *cm ⁻²	m ³	0,9	300,00	270,00	
	- Encofrado – Desencofrado	m ³	14	25,00	350,00	
	- Acero Fy =4200 Kg *cm ⁻²	Kg	6,5	3,00	195,00	815,00
3.00	TARRAJEO					
	Tarrajeo interior con impermeabilizante	m ²	14	25,00	350,00	350,00
V	FLOCULADOR					
1.00	DEMOLICIÓN DE PARED DE CONCRETO ARMADO	m ³	0,9	200,00	180,00	180,00
2.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
	- Excavación	m ³	4	25,00	100,00	
	- Retiro de desmonte	m ³	3	30,00	90,00	
	- Relleno, compactado	m ³	2	20,00	40,00	230,00

3.00	CONCRETO ARMADO					
	- Concreto Fc=175 Kg*cm ⁻²	m ³	1,8	300,00	540,00	
	- Encofrado – Desencofrado	m ²	9	25,00	225,00	
	- Acero Fy =4200 Kg *cm ⁻²	Kg	60	3,00	180,00	945,00
4.00	TARRAJEO					
	- Tarrajeo interior con impermeabilizante	m ²	9	25,00	225,00	225,00
5.00	TUBERÍAS					
	- Tubería PVC	m	4	15,00	60,00	60,00
6.00	LAMINAS DE MADERA					
	- Lamina de madera de 0,82x0,50x0,006 m.	U	43	11,00	473,00	473,00

COSTO TOTAL = S/.3528,00 = US\$/.1008

B) EQUIPOS

- **Tolva y accesorios**

Empresa: DAFISA E.I.R.L - Fabricaciones Industriales

Fecha : Enero del 2003

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO US\$
01	01	Tolva de almacenamiento	5000,00
		Incluye:	
		- Línea de tubería con costura.	
		- Nipleria (Codos roscados, uniones universales).	
		- Válvula de bola.	
		- Medidores de caudal.	
		- Soportería de la tolva.	

Nota: Los materiales y accesorios a usarse en la fabricación de acero inoxidable C 316L.

- **Bombas**

ABS & CIA. S.A

Fecha : Enero del 2003

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	PRECIO US\$
01	01	Electro bomba sumergible, marca Aurora / Hydromatic. Importada de U.S.A. de las siguiente características: Modelo: SKHS 100 Velocidad: 3600 RPM Eje: Acero inoxidable Impulsor: Termoplástico Sello: Mecánico carbón /cerámico Motor eléctrico trifásico marca Aurora de 1 HP, 230 VAC, 60HZ, tipo cerrado enfriado por aceite.	946
02	01	Modelo: HUP Fluido : Aceites y grasas Eje: Acero inoxidable Impulsor: Termoplástico Sello: Mecánico carbón /cerámico Motor eléctrico trifásico marca Aurora de 1/6 HP, 115 VAC, 60HZ, tipo cerrado enfriado por aceite.	195,00

- **Agitador**

Fecha : Enero del 2003

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	PRECIO US\$
01	01	Motor trifásico de 1/4 HP, de baja agitación. Eje y turbina en acero inoxidable Turbina de 6 palas con Da = 0,62 m Montaje de descentrados o centrados con anti-vortex	300,00

- **Turbidímetro**

Cole-Parmer International U.S.A

Fecha : Enero del 2003

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	PRECIO US\$
01	01	Modelo: U-99842-00 Rango: 0 -2000 NTU Temperatura ambiente: 15 - 60°C Resolución 1 NTU Precisión: ±1 NTU Presión: 0 a 100 psi	1497,60

- **Rotámetro**

Fecha : Enero del 2003

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO US\$
01	01	Rango: 0 – 10 Lh ⁻¹ Precisión: + 0,1 Lh ⁻¹ Para ácido sulfúrico 5M y 0,5M	500

C) INSUMOS

- **Ácido Sulfúrico**

Precio : 0,1628 US\$ /Kg

Requerimiento: 2,81 TM/año

Costo anual = 2,81TM/año * 1000 Kg /TM * 0,1628 US\$ /Kg

Costo anual = 458 US\$ /año

- **Sulfato Férrico**

Precio : 0,168 US\$ /Kg

Requerimiento: 25 TM/año

Costo anual = 25 TM/año * 1000 Kg /TM * 0,168 US\$ /Kg

Costo anual = 5300 US\$ /año

D) DISPOSICIÓN DE LODOS

Volumen de lodo producido : 32,09 ml L⁻¹ (1)

Caudal de la planta : 7,2 m³ h⁻¹

Volumen de lodo producido por hora

$$32,09 \text{ ml} / \text{L} * 7,2 \text{ m}^3 / \text{h} * 1000 \text{ L} / \text{m}^3 * 0,001 \text{ L} / \text{ml} = 231,048 \text{ L h}^{-1}$$

En el lecho de secado se reduce aproximadamente 50% de humedad del lodo.

$$231,041 \text{ L h}^{-1} * 0,50 = 115,524 \text{ L h}^{-1} = 0,1152 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$$

En un año obtenemos de lodo

$$0,1152 \text{ m}^3 / \text{h} * 24 \text{ h} / \text{día} * 6 \text{ días} / \text{semana} * 4 \text{ semana} / \text{mes} * 12 \text{ meses} / \text{año}$$

$$\text{Volumen de lodo anual} = 798,502 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$$

(1) Ver Apéndice I , Parámetros de decantación

Densidad del lodo : 1050 kg m^{-3}

Cantidad de lodo anual = $798,502 \text{ m}^3/\text{año} * 1050 \text{ kg /m}^3 * 0,001 \text{ TM/ Kg}$

Cantidad de lodo anual = $838,426 \text{ TM año}^{-1}$

Costo de disposición del lodo = $22.5 \text{ US\$/TM}$ (1)

Costo anual = $849,29 \text{ TM año}^{-1} * 22,5 \text{ US\$/TM}$

Costo anual = $18864,60 \text{ US\$/año}$

(1) Información de la empresa

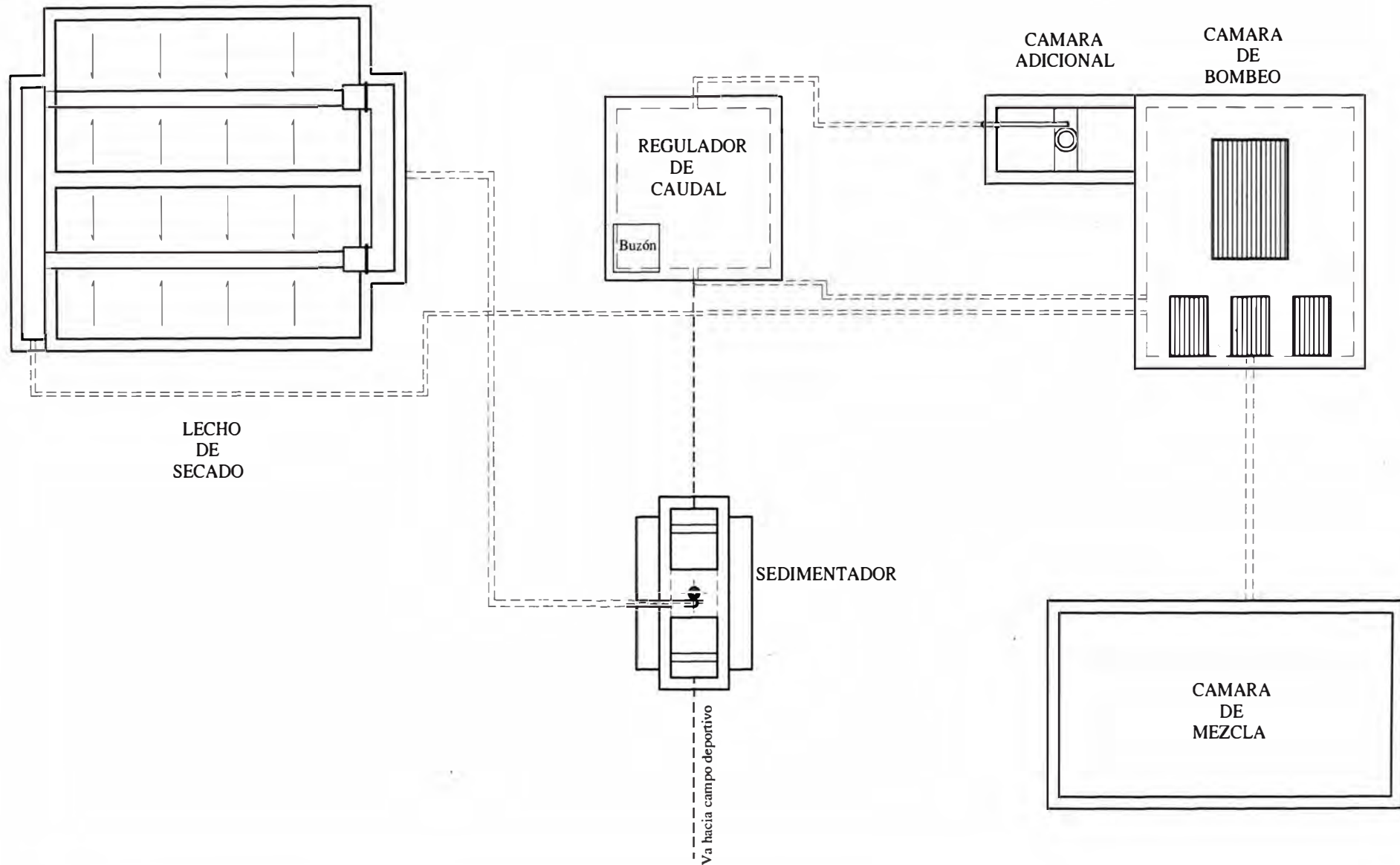
Apéndice M

RELACIÓN DE PLANOS

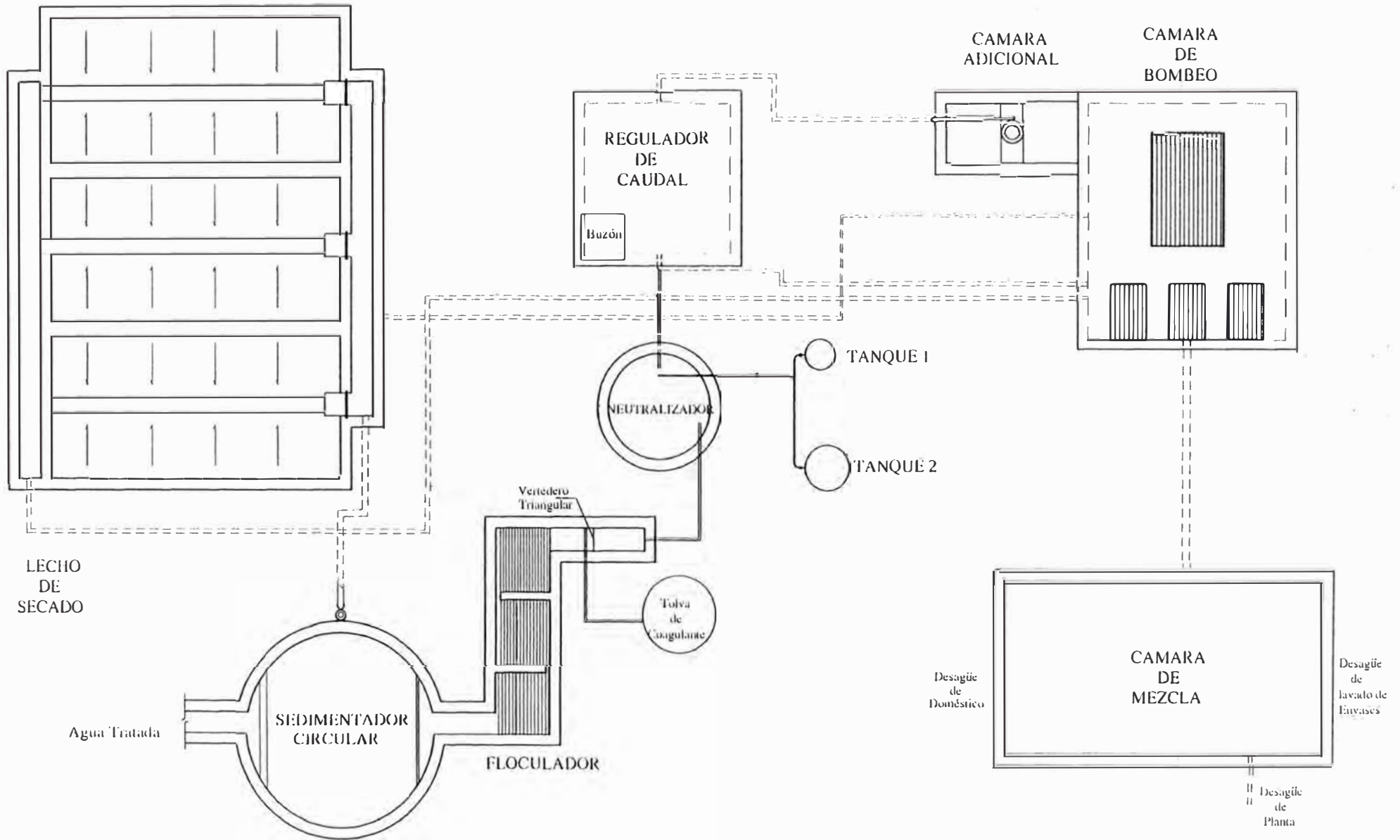
Para efectos de codificación, los planos correspondientes a la planta de tratamiento de efluentes líquidos generados en la manufactura de insumos utilizados en la industria textil y pinturas, son:

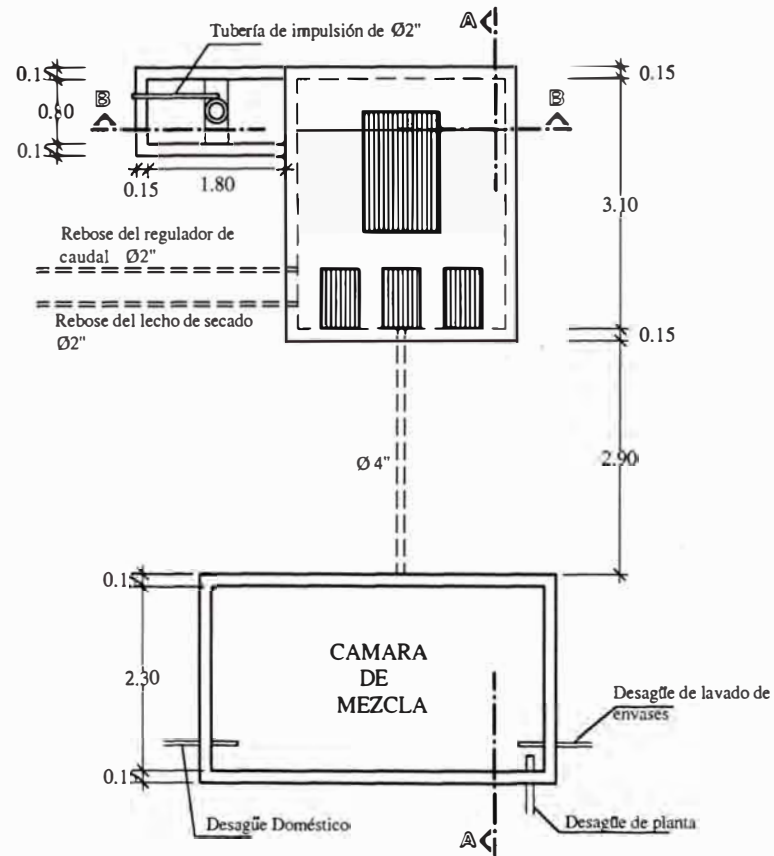
DESCRIPCIÓN	LÁMINA
Planta de Tratamiento Actual	
Planta de Tratamiento Remodelada	
Cámara de mezcla, Trampa de grasas, Cámara de bombeo y cámara adicional.	Lámina 1
Regulador de Caudal, Neutralizador y Tanques de ácido	Lámina 2
Vertedero, Floculador y Tolva de coagulante	Lámina 3
Sedimentador	Lámina 4
Perfil Hidráulico	Lámina 5

PLANTA DE TRATAMIENTO ACTUAL DE EFLUENTES LIQUIDOS GENERADOS EN LA MANUFACTURA DE INSUMOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA TEXTIL Y PINTURAS

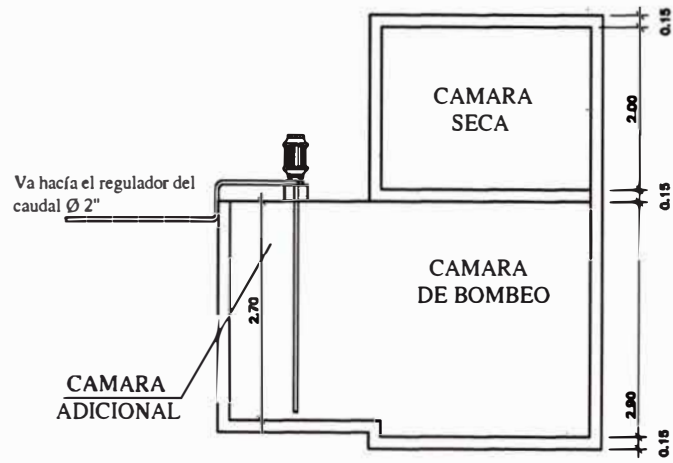


PLANTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES LIQUIDOS GENERADOS EN LA MANUFACTURA DE INSUMOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA TEXTIL Y PINTURAS

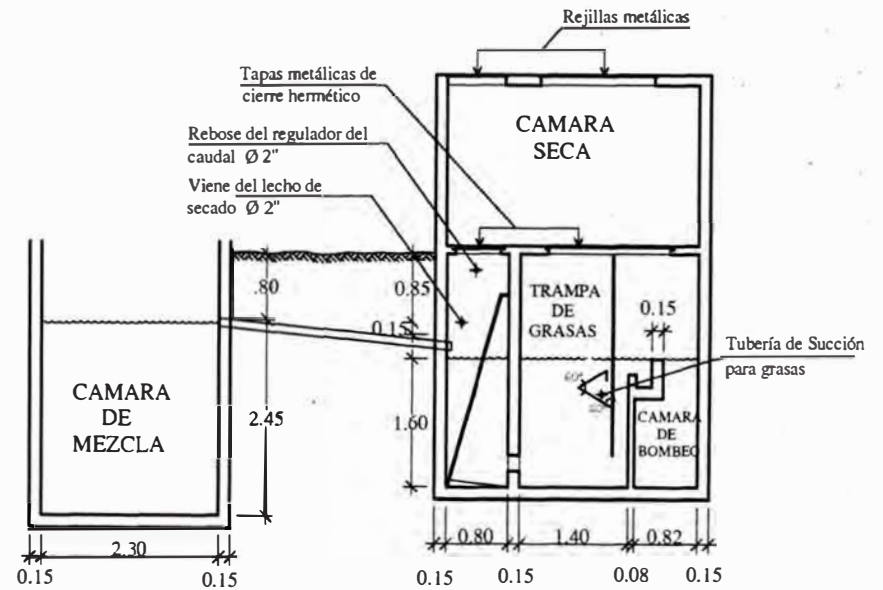




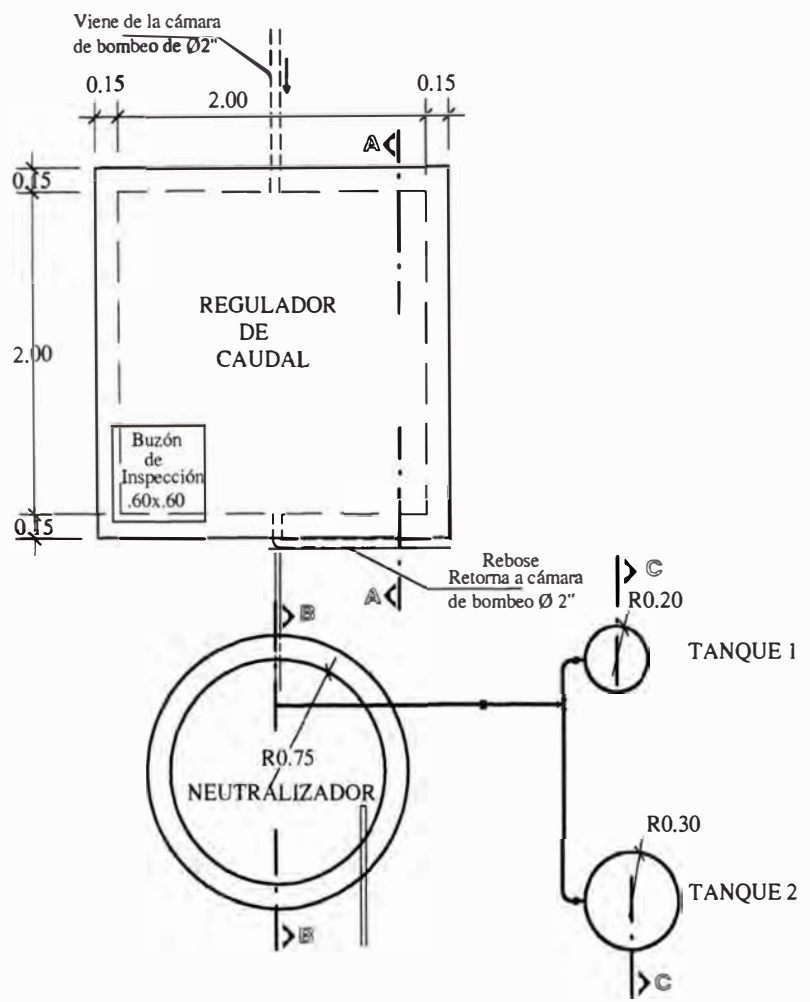
PLANTA
Esc.: 1:100



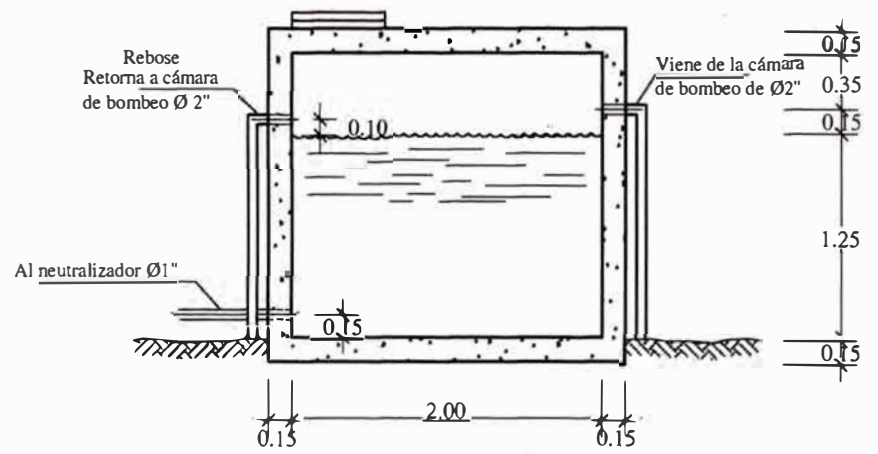
CORTE B-B
Esc.: 1:100



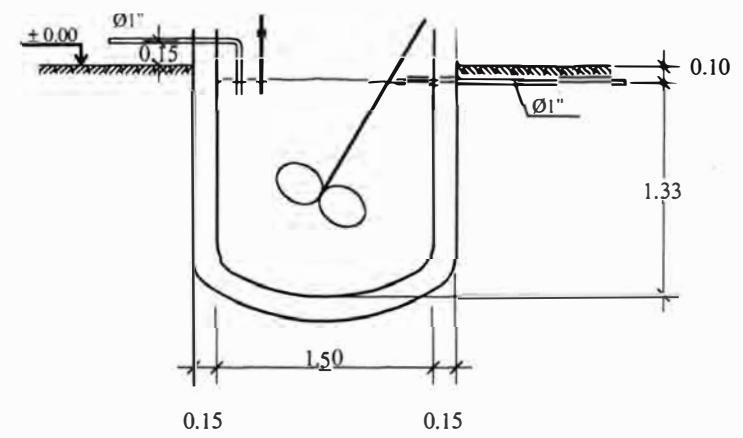
CORTE A-A
Esc.: 1:100



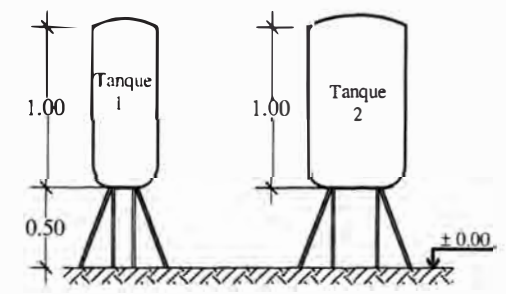
PLANTA



CORTE A-A

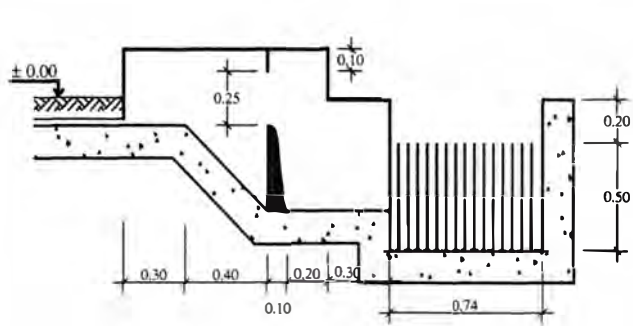


CORTE B-B

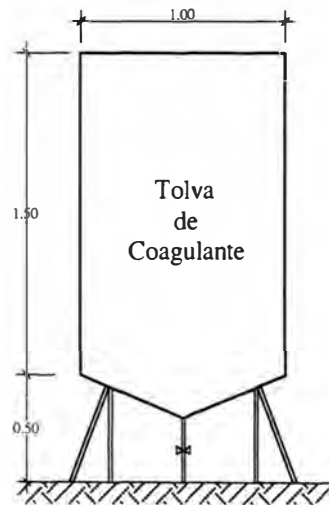


CORTE C-C

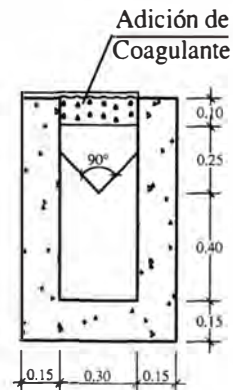
LAMINA 2



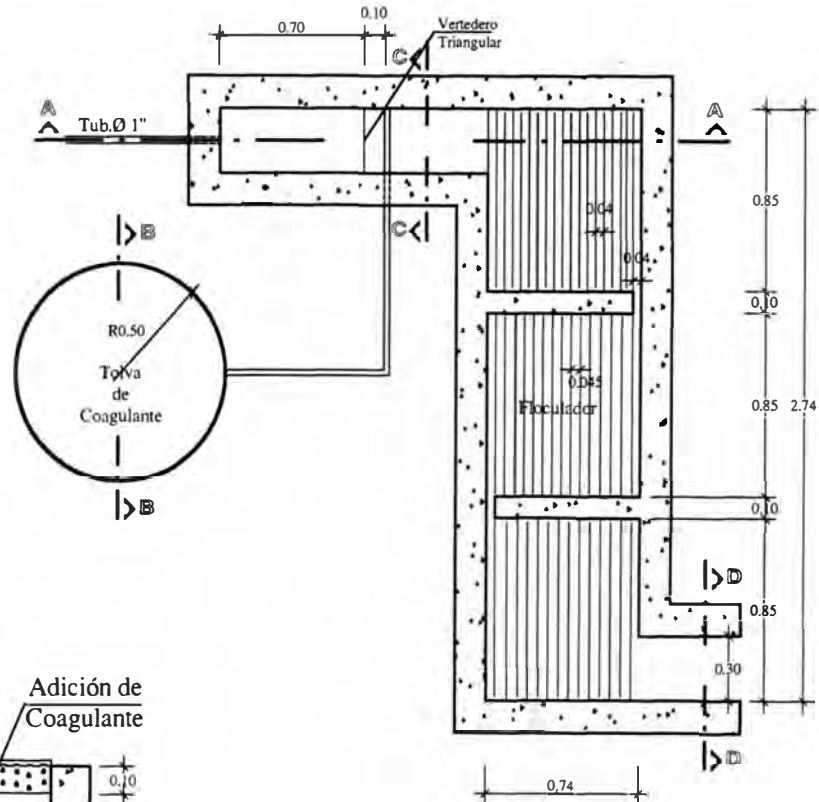
CORTE A - A
ESC.: 1:25



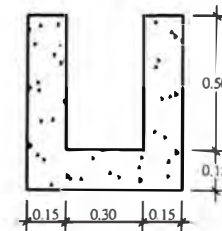
CORTE B - B
ESC.: 1:25



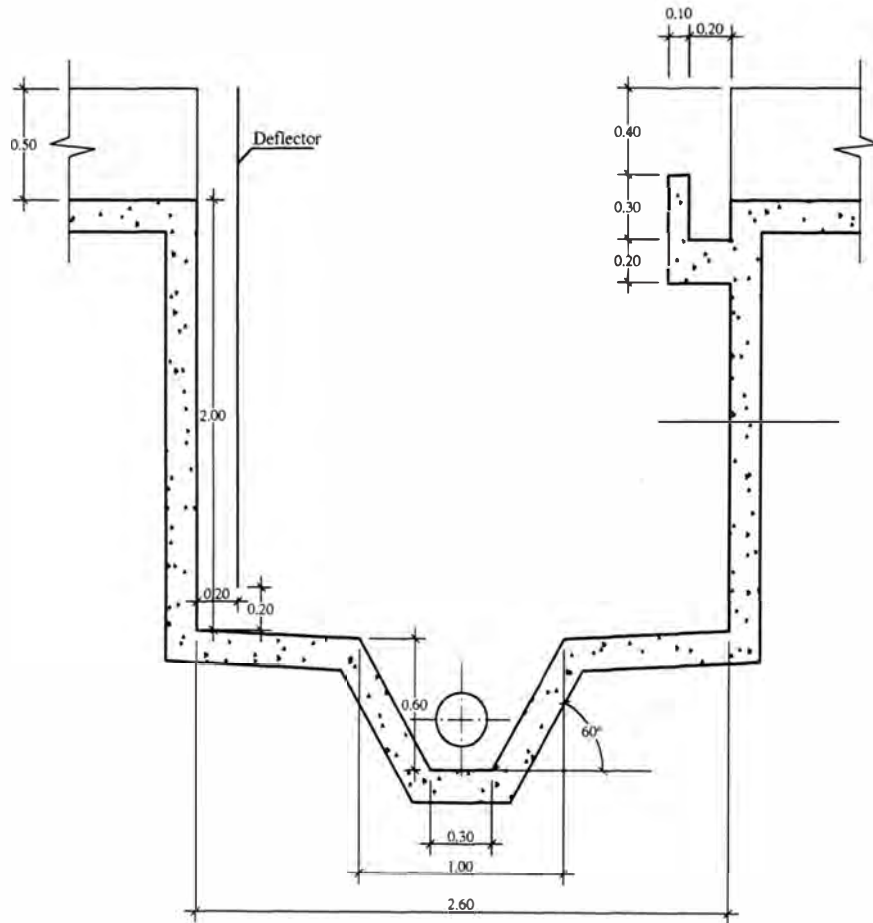
CORTE C - C
ESC.: 1:20



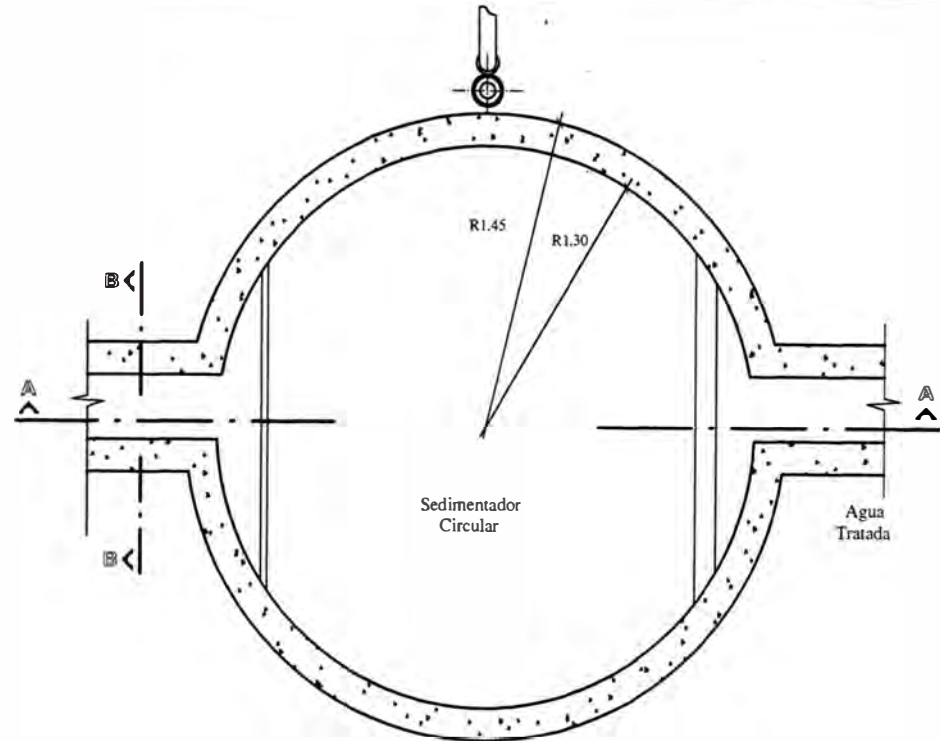
PLANTA
ESC.: 1:25



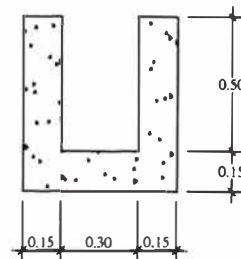
CORTE D - D
ESC.: 1:20



CORTE A - A
ESC.: 1:25

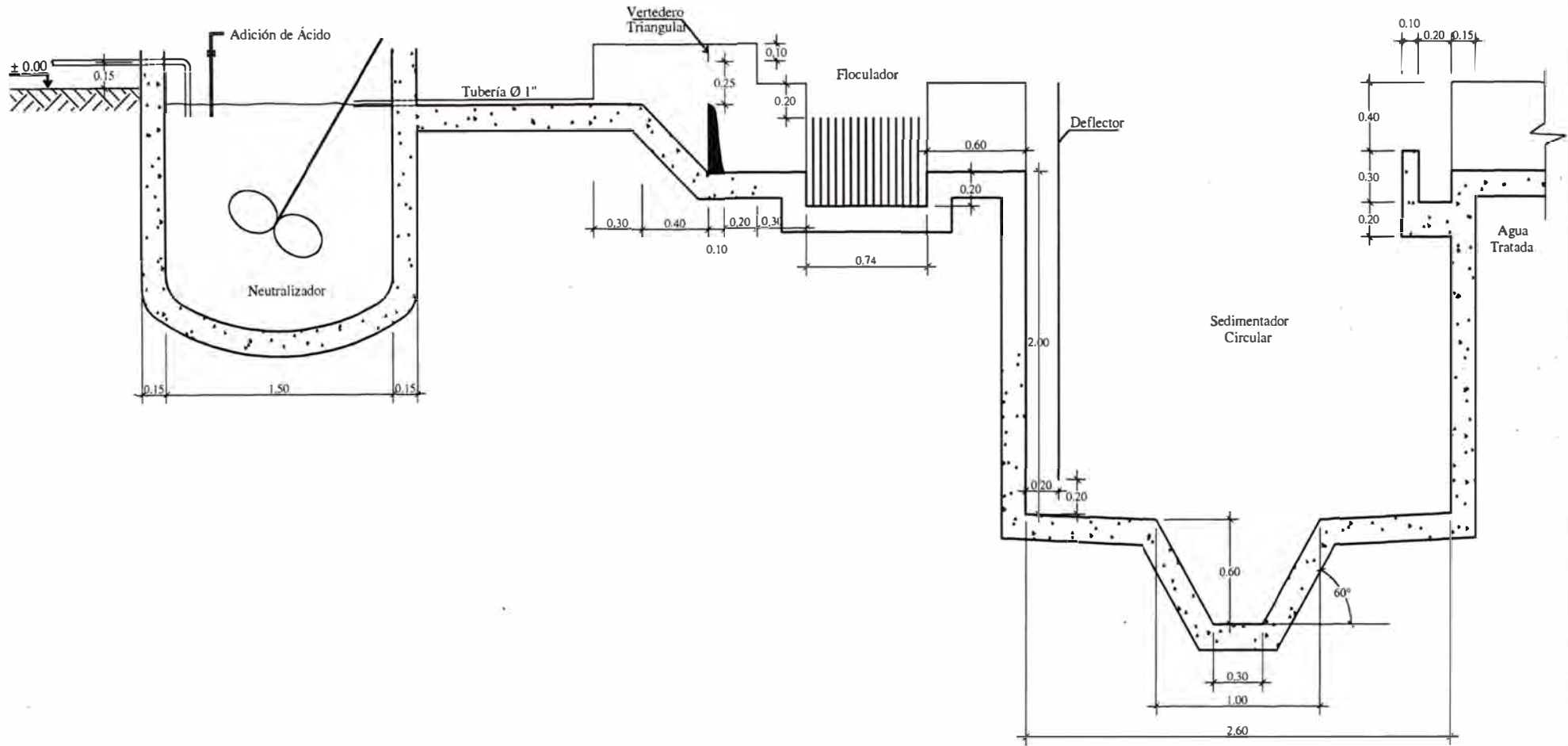


PLANTA
ESC.: 1:25



CORTE B - B
ESC.: 1:20

PERFIL HIDRAULICO



XI GLOSARIO

- **Ácido graso:** Ácido carboxílico derivado en grasas o aceites animales o vegetales.
- **Ácido graso monobásico:** Contiene un grupo carboxilo terminal – COOH y una cadena de grupos alquilo.
- **Ácido graso polibásico:** Contiene 2 o mas grupos carboxilo terminal y una cadena de grupos alquilo.
- **Ácido monobásico no grasos:** Estos no son derivados de aceites ni de grasas y contienen un grupo carboxilo terminal.
- **Aguas abajo :** Posición posterior al punto de medida.
- **Aguas arriba :** Posición antes al punto de medida.
- **Caudal medio :** Es el caudal medio obtenido a partir de los datos.
- **Caudal punta :** Máximo caudal proyectado en un año obtenido a partir de los datos.
- **Carga superficial :** Es un parámetro de diseño para los sedimentadores, la cual representa la velocidad critica de sedimentación de una partícula.
- **Diagrama de flujo físico de proceso:** Este diagrama es especialmente útil para poner de manifiesto: distancias recorridas, retrasos y almacenamiento temporales. Una vez expuestos estos periodos no productivos, el analista puede proceder a su mejoramiento. Además

de registrar las operaciones y las inspecciones, el diagrama de flujo físico de producción muestra todos los traslados y retrasos de almacenamiento con los que tropieza un artículo en su recorrido por la planta.

- Diagrama de operaciones de proceso: Este diagrama muestra la secuencia de todas las operaciones en taller o en máquinas, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque o arreglo final del producto terminado.

- DIA (Declaración de Impacto ambiental) : Es el documento que se presentará para aquellos proyectos o actividades nuevas de las industrias manufactureras, modificaciones o ampliaciones.

- Emulsión: Mezcla estable de 2 o más líquidos inmiscibles que se mantienen en suspensión gracias a pequeñas cantidades de sustancias llamadas emulsionantes o tensoactivos.
Todas las emulsiones constan de una fase continua y una fase dispersa; en una emulsión de aceite en agua, el agua es la fase continua y la grasa o aceite es la fase dispersa.

- EIA (Estudios de Impacto Ambiental) : Estudio que contiene la evaluación y descripción de los aspectos físico-químicos, naturales, biológicos, socioeconómicos y culturales en el área de influencia del proyecto, con la finalidad de determinar las condiciones existentes y capacidades del medio, analizar la naturaleza, midiendo y previniendo los efectos de su realización; indicando prioritariamente las medidas de prevención de la contaminación, y por otro lado, las de control de la contaminación para lograr un desarrollo armónico entre las actividades de la industria manufacturera y el ambiente.

- **NTU (Nephelometric Turbidity Units)** :Unidad de medida de turbidez que se utiliza como criterio de una solución de Cloruro de Cobalto al cual se le va asignar el 100% de NTU.
- **PAMA (Programa de adecuación y Manejo Ambiental)** : Programa que contiene las acciones, políticas e inversiones necesarias para reducir prioritariamente la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes que ingresan al sistema o infraestructura de disposición de residuos que se vierten o emiten al ambiente; realizar acciones de reciclaje y reutilización de bienes como medio para reducir los niveles de acumulación de desechos y prevenir la contaminación ambiental; reducir o eliminar las emisiones y vertimientos para poder cumplir con los patrones ambientales establecidos por la Autoridad Competente.
- **Parámetros de diseño** : Es una condición especial de una propiedad que se establece como cuenta en determinada rangos para un diseño particular.
- **Polímero: Macromolécula** formada por la unión química de muchas unidades idénticas o combinadas denominadas monómeros. En la mayoría de casos, el número de monómeros es bastante grande y frecuentemente no se conoce de forma precisa.
- **Polimerización:** Reacción química generalmente llevada a cabo con catalizador, calor o luz y frecuentemente bajo presión, en la cual un gran número de moléculas relativamente sencillas se combinan formando una macromolécula en forma de cadena. Las cadenas pueden ser combinadas(entrecruzadas) mediante la adición de adecuadas productos químicos.

- Polimerización en emulsión: Reacción de polimerización que se realiza con reactivos en forma de emulsión. Se lleva a cabo a presión normal entre 20°C – 80°C.
- Polioli: Un alcohol polihídrico que contiene tres o más grupos hidroxilos. Los que tienen 3 grupos de OH (Trihídricos) se llaman glicéridos.
- Resina acrílica: Un polímero o copolímero termoplástico de ácidos acrílicos, ácido metacrílico, ésteres de estos ácidos o acrilonitrilos.
- Resinas Vinílicas: Polímero o copolímero termoplástico a base del radical vinil $\text{CH}_2=\text{CR}_1\text{R}_2$.