



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL**

**Carrera:**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Tesis de grado previa a la obtención del título de  
Ingeniero Industrial**

**Tema de Tesis:**

**“Optimización de una planta de tratamiento de  
aguas residuales industriales en una Rectificadora  
de Tanques”**

**Autor: Ismael Moisés Montes Rey**

**Director de tesis: Ing. Virgilio Ordóñez R.**

**Febrero, 2015**

**Guayaquil – Ecuador**

## **AGRADECIMIENTO**

### **A mi padre.**

**Al Eco. Jorge Montes Vergara**, este logro lo comparto contigo, gracias por creer en mí, por tu apoyo incondicional, te agradezco de corazón todos tus esfuerzos, la ayuda que siempre me diste, la disponibilidad que siempre has mostrado para ayudarme, porque me has enseñado la honradez, la honestidad y la perseverancia, ahora que culmino mi estudio profesional es también tu culminación de ver tus esfuerzos en mí. Gracias Padre. Te quiero mucho.

### **A mi madre.**

**A María Rey Lapo**, la mejor del mundo! Por ser mi pilar más importante y apoyarme en todo momento de manera incondicional por demostrarme siempre su gran amor, amistad y compañía, por la motivación constante que me permite ser una persona de bien. Ahora que termino mis estudios te lo agradezco ya que es la culminación de tus esfuerzos combinados con los míos. Te quiero mucho ¡lo logramos!

### **Agradezco a mi mejor amiga y esposa.**

**A Mariuxi Vera**, por su incondicional soporte que me ayudado a seguir adelante para mi formación profesional, gracias a su motivación constante que han logrado que culmine esta hermosa etapa de mi vida.

### **A mis maestros.**

**Al Ing. Virgilio Ordoñez** un agradecimiento de manera especial por su gran apoyo y motivación para la elaboración y culminación de esta tesis; al Ing. Raúl Álvarez por sus consejos como director de la carrera y a todos los profesores de la carrera de Ingeniería Industrial que supieron colaborar día a día con sus conocimientos en las aulas.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y a todas aquellas personas que colaboraron conmigo de manera directa e indirectamente en la elaboración de este trabajo.

A mis padres por todo ese inmenso amor, cariño y respeto; por ese gran esfuerzo de toda una vida de arduo trabajo, sacrificios, preocupaciones, para ayudarme a forjar mi camino, cumplir con mis metas, objetivos y ser una mejor persona cada día. Muchas gracias!!

Sin su ayuda no hubiese sido esto posible, **este logro hoy va para ustedes.**

**Ismael M. Montes Rey.**

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Ismael Moisés Montes Rey** declaro que, el presente trabajo aquí descrito es de mi concesión; no ha sido presentado para ningún grado o calificación personal; ha sido consultado con referencias bibliográficas que se incluyen dentro de este documento escrito.

Los conceptos desarrollados, análisis realizados, las conclusiones y recomendaciones de la elaboración de esta tesis, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Guayaquil, Febrero del 2015.

---

**Ismael Moisés Montes Rey.**

**C.I. 092272225-1**

## **RESUMEN**

Uno de los principales problemas de contaminación es la descarga directa de aguas residuales de origen doméstico, industrial y agrícola en cuerpos de agua, que a su vez son utilizados por la población para cubrir sus necesidades de abastecimiento.

Las aguas residuales han sido clasificadas en función de la magnitud de sus descargas teniendo entre las más significativas las de origen urbano e industrial. Existen un sinnúmero de industrias que descargan sus efluentes industriales directamente a cuerpos receptores sin ningún tratamiento, causando un grave daño al medio ambiente, entre estas tenemos las industrias azucarera, química, de papel y celulosa, petroquímica, bebidas, textil, siderúrgica, eléctrica y alimentos, entre otras. Las instituciones gubernamentales, municipales e industriales conscientes de estos problemas de contaminación contribuyen a mejorar la calidad y cantidad del agua con acciones a corto y largo plazo, con tratamientos de sus efluentes.

Este proyecto se llevará a cabo bajo la responsabilidad de él suscrito, convirtiéndose en un aporte técnico científico para las futuras plantas de tratamiento para la operación de limpieza de tanques plásticos y rectificación de tanques metálicos provenientes de la actividad de reenvase de productos agroquímicos que se instalen en el país.

El proyecto realizado ha permitido optimizar la unidad de tratamiento de aguas residuales industriales mediante la identificación de las dosis óptimas de los insumos así como también la modificación de la operación de limpieza inicial mediante la aplicación de técnicas de producción más limpia.

**PALABRAS CLAVE:** Descarga, Abastecimiento, Tratamiento, Optimizar.

## **ABSTRACT**

One of the main problems of pollution is the direct discharge of wastewater from domestic, industrial and agricultural sources in water bodies, which at the same time are being used by the population to cover their supply needs.

Wastewater has been classified according to the magnitude of their discharges, having the primary origin from urban and industrial sources. There are a number of industries that dispose industrial effluents directly into receptors without treatment, causing serious damage to the environment, sample of these industries are chemicals, cellulose and paper, petrochemical, beverages, textiles, steel, electric sugar industries and foods, among others. Conscious of these pollution problems, governmental agencies, municipal and industrial institutions have contributed to improving the quality and quantity of water with short - and long - term treatments of their effluent.

This project will be carried out under the responsibility of the subscriber, becoming a scientific and technical add-on for future companies offering treatments to clean plastic tanks and rectification of metallic tanks previously used in repackaging of agrochemicals.

The project has optimized the treatment of industrial wastewater by identifying the optimal doses of supplies as well as the modification of the initial cleaning operation by applying cleaner production techniques.

**Keywords:** Discharge, Supply, Treatment, Optimization.

## **Contenido**

AGRADECIMIENTO .....	II
DEDICATORIA .....	III
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD .....	IV
RESUMEN .....	V
ABSTRACT.....	VI
INTRODUCCIÓN .....	XIII
CAPÍTULO I .....	14
1. PRESENTACIÓN.....	14
1.1. ANTECEDENTES .....	14
1.2. JUSTIFICACION .....	15
1.3. OBJETIVOS .....	16
1.3.1. Objetivo General.....	16
1.3.2. Objetivos Específicos.....	17
1.4 ALCANCE.....	17
CAPÍTULO II .....	18
2. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 DEFINICIONES .....	18
2.1.1 Aguas Residuales .....	18
2.1.2 Aguas Pluviales.....	19
2.1.3. Agua Dulce .....	19
2.1.4. Agua Subterránea.....	19
2.1.5. Aguas Superficiales.....	19
2.1.6. Agua para uso Público Urbano .....	19
2.1.7. Bioacumulación .....	19
2.1.8. Bioensayo Acuático .....	20
2.1.9. Capacidad de Asimilación .....	20
2.1.10. Caracterización de Aguas Residuales .....	20
2.1.11. Carga Promedio.....	20
2.1.12. Carga Máxima Permisible.....	21
2.1.13. Carga Contaminante.....	21
2.1.14. Contaminación de Aguas Subterráneas.....	21
2.1.15. Cuerpo Receptor o Cuerpo de Agua .....	21

2.1.16.	Depuración.....	21
2.1.17.	Descargar .....	22
2.1.18.	Descarga no Puntual.....	22
2.1.19.	Efluente .....	22
2.1.20.	Línea Base.....	22
2.1.21.	Línea de Fondo.....	22
2.1.22.	Metales Pesados .....	22
2.1.23.	Módulo .....	23
2.1.24.	Oxígeno Disuelto .....	23
2.1.25.	Pesticida o Plaguicida .....	23
2.1.26.	Polución o Contaminación del Agua.....	23
2.1.27.	Río.....	23
2.1.28.	Toxicidad .....	23
2.1.29.	Toxicidad en Agua .....	24
2.1.30.	Toxicidad Crónica.....	24
2.1.31.	Tratamiento Convencional para Potabilizar el Agua .....	24
2.1.32.	Tratamiento Convencional para Efluentes, previa a la Descarga a un Cuerpo Receptor o al Sistema de Alcantarillado .....	24
2.1.33.	Tratamiento Avanzado para Efluentes, previo Descarga a un Cuerpo Receptor o al Sistema de Alcantarillado .....	25
2.1.34.	Usuario .....	25
2.1.35.	Valores de Línea de Base.....	25
2.1.36.	Valores de Fondo .....	25
2.1.37.	Zona de Mezcla.....	25
2.2.	METODOLOGÍA.....	26
2.2.1.	Tratamiento de Aguas Residuales.....	27
2.2.2.	Pre Tratamientos .....	28
2.2.3.	Tratamientos Primarios .....	31
2.2.4.	Tipos de Procesos.....	31
2.2.5.	Etapas del Tratamiento Físico - Químico.....	32
CAPÍTULO III:.....		38
3.	MARCO LEGAL.....	38
3.1.	MARCO LEGAL AMBIENTAL .....	38



3.2. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, PUBLICADA EN EL R.O. N°449 DEL 20 DE OCTUBRE DE 2008. ....	38
3.2.1. En su Título II sobre los Derechos, Capítulo II Derecho del Buen Vivir, Sección II Ambiente sano, indica: .....	38
3.2.2. En su Título VII del Régimen del Buen Vivir, Capítulo II Biodiversidad y recursos naturales, Sección II Ambiente sano, dice: .....	39
3.2.3. Ley Orgánica de la Salud, publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 423 del 22 de diciembre del 2006: .....	41
3.3. Codificación de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 418 del 10 de septiembre del 2004: .....	42
3.4. Codificación de la Ley de Aguas, publicada en el Registro Oficial No. 339, del 20 de mayo del 2004.....	43
3.5. Codificación de la Ley de Gestión Ambiental, publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 418 del 10 de septiembre del 2004.....	43
3.6. Reglamento a la Actividad Marítima, contenido en el Decreto Ejecutivo No. 168 y publicado en el Registro Oficial del 27 de marzo de 1997. ....	44
3.7. Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social establecidos en la Ley de Gestión Ambiental, aprobado mediante Decreto Ejecutivo No. 1040, publicado en el Registro Oficial No. 332 del 08 de mayo del 2008.....	44
3.8. Decreto Ejecutivo No. 3516, publicado en el Suplemento del Registro Oficial del 31 de marzo del 2003, constante en el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULAS, libro 5).....	45
3.9. LEGISLACIÓN AMBIENTAL ECUATORIANA LIBRO VI, ANEXO 1 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTE: RECURSO AGUA....	46
3.10. NORMATIVA AMBIENTAL ESPECÍFICA .....	47
CAPÍTULO IV.....	48
4. DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA RECTIFICADORA DE TANQUES Y SUS OPERACIONES .....	48
4.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE LA PLANTA .....	48
4.1.1. Área de Vestidores .....	48
4.1.2. Área de Baño.....	48
4.1.3. Área de Lavado y Reparación de Tanques.....	48
4.1.4. Área de Pintado de Tanques.....	49
4.1.5. Área de Prensado y Rectificación .....	49
4.2. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LAS INSTALACIONES DE UNA EMPRESA RECTIFICADORA DE TANQUES.....	49

4.3.	DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS FUENTES DE GENERACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	50
4.4.	DESCRIPCIÓN DE PROCESOS .....	51
4.4.1.	Recepción.....	51
4.4.2.	Selección, Lavado y Concheado .....	51
4.4.3.	Reparación .....	52
4.4.4.	Pintado .....	52
4.4.5.	Secado .....	53
4.4.6.	Almacenamiento Temporal.....	53
4.4.7.	Embalaje .....	54
	CAPÍTULO V .....	55
5.	CARACTERÍSTICAS Y EVALUACIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	55
5.1.	FUENTES DE GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES .....	55
5.2.	DETERMINACIÓN DE FLUJOS DIARIOS.....	55
5.3.	CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.....	56
5.4.	DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA EMPRESA RECTIFICADORA DE TANQUES.....	57
5.5.	DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PRE-TRATAMIENTO....	58
5.6.	DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PRIMARIO .....	58
	CAPÍTULO VI.....	61
6.	REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	61
6.1.	RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL INFLUENTE Y EFLUENTE .....	61
6.1.1.	Trabajo Previo a la Tratabilidad.....	62
6.1.2.	Procedimiento de Tratabilidad .....	63
6.1.3.	Datos Técnicos de la Unidad de Tratamiento .....	64
6.1.4.	Datos de las Sustancias Empleadas y la Dosis Seleccionada en la Tratabilidad..	64
6.1.5.	Diagrama de Flujo de la Planta de Tratamiento del Agua Residual Industrial ....	65
6.1.6.	Disposición de Lodos.....	66

6.2.	SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	
	67	
6.2.1.	Determinación como Punto Crítico.....	67
6.2.2.	Charlas de Concienciación de la Importancia del Vaciado de los Residuos.....	67
6.2.3.	Implantación de Hoja de Registros .....	67
6.2.4.	Implantación de Hoja de Reingreso de Producto .....	68
6.3.	NUEVO SISTEMA DE PRE-TRATAMIENTO.....	68
6.4.	NUEVO SISTEMA DE TRATAMIENTO PRIMARIO .....	68
6.4.1.	Entrenamiento y Capacitación en la Operación de la Unidad de Tratamiento ....	68
6.4.2.	Compra de Materiales y Equipos .....	69
6.4.3.	Mejora en el Sistema de Homogenización.....	69
6.4.4.	Incorporación de Arcilla .....	70
6.4.5.	Instalación de Filtro de Sedimentos .....	70
6.4.6.	Instalación de Filtro de Carbón Activado .....	70
	CAPÍTULO VII .....	72
7.	RESULTADOS.....	72
7.1.	RESULTADOS INICIALES PREVIO A LA OPTIMIZACIÓN.....	72
7.2.	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL VACIADO COMPLETO.....	73
7.3.	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TRATABILIDAD .....	74
7.3.1.	Resultados de Sustancias Empleadas con la Respectiva Dosis.....	74
7.3.2.	Resultados de los Análisis del agua de Entrada y Salida de la Unidad de Tratamiento con el Nuevo Sistema Propuesto. ....	75
7.3.3.	Resultados Comparativos del Agua de Entrada y las Aguas Tratadas con el Anterior Sistema y el Sistema Propuesto. ....	75
	CAPÍTULO VIII.....	77
8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	77
8.1.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS INICIALES PREVIO A LA OPTIMIZACIÓN	
	77	
8.2.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS LUEGO DE LA APLICACIÓN DEL VACIADO COMPLETO.....	77
	CAPÍTULO IX.....	78
9.	ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIÓN .....	78
9.1.	MEDICIÓN DE CAUDAL.....	78
9.2.	ENSAYO DE TEST DE JARRA.....	80

9.2.1.	Turbidímetro .....	81
9.2.2.	Comparador de Color.....	82
9.2.3.	Medidor de ph .....	82
9.2.4.	Cristalería.....	82
9.2.5.	Reactivos.....	83
9.2.6.	Termómetro.....	84
9.3.	PROCEDIMIENTO DEL TEST DE JARRA PARA EL TRATAMIENTO DE COAGULACIÓN .....	85
9.4.	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO .....	90
9.5.	PARÁMETROS DE DESCARGA DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	92
9.6.	CRONOGRAMA DE ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIÓN .....	93
CAPÍTULO X.....		94
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
10.1.	CONCLUSIONES .....	94
10.2.	RECOMENDACIONES .....	97
GLOSARIO .....		98
NOMENCLATURA .....		101
BIBLIOGRAFÍA .....		104
ANEXOS .....		105
FOTO QUE SE ESTABLECE LA DIFERENCIA EN LA CARGA CONTAMINANTE.....		119

## **INTRODUCCIÓN**

Las empresas rectificadoras de tanques metálicos y plásticos, hacen el trabajo de limpieza y rectificación de los envases provenientes de la actividad de re envase de productos agroquímicos de un alto consumo en el mercado nacional.

El proyecto a continuación tiene como meta principal realizar una corrección a la estación depuradora de aguas residuales industriales de una rectificadora de tanques metálicos y plásticos, a través, de la determinación de parámetros de operación y la caracterización de las cantidades de sustancias que se deben de combinar, junto con los tiempos de residencia, así como también la identificación de los procesos y operaciones que se pueden renovar con la finalidad de optimizar los recursos disponibles de la planta.

El sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales de la empresa es un proceso físico químico que cuenta con unidades de homogeneización, coagulación, floculación, sedimentación y filtración que permite eliminar sólidos en suspensión, sólidos disueltos y materia orgánica.

Se espera que una vez concluida la aplicación de la optimización se alcance la remoción de la carga contaminante hasta alcanzar el valor establecido en la legislación ambiental ecuatoriana, para poder descargar el agua residual industrial tratada al cuerpo receptor de agua dulce, con lo cual la unidad de tratamiento estará operando con la eficiencia requerida tal como indica la literatura para el tipo de sistemas instalados en la planta. Así como también minimizar los costos de inversión de una estación depuradora nueva para alcanzar los mismos resultados.

# **CAPÍTULO I**

## **1. PRESENTACIÓN**

### **1.1. ANTECEDENTES**

Uno de los principales problemas de contaminación es la descarga directa de aguas residuales de origen doméstico, industrial y agrícola en cuerpos de agua, que a su vez son utilizados por la población para cubrir sus necesidades de abastecimiento. Las aguas residuales han sido clasificadas en función de la magnitud de sus descargas teniendo entre las más significativas las de origen urbano e industrial. Es posible afirmar que en un sinnúmero de industria que descargan sus efluentes industriales directamente a cuerpos receptores sin ningún tratamiento, causando un grave daño al medio ambiente, entre estas se ha considerado las industrias azucarera, química, de papel y celulosa, petroquímica, bebidas, textil, siderúrgica, eléctrica y alimentos, entre otras. Las instituciones gubernamentales, municipales e industriales conscientes de estos problemas de contaminación contribuyen a mejorar la calidad y cantidad del agua con acciones a corto y largo plazo, con tratamientos de sus efluentes.

Las rectificadoras de tanques han realizado sus operaciones en la ciudad de Guayaquil durante años, dedicándose a la limpieza de tanques plásticos y rectificación de tanques metálicos provenientes de la actividad de reenvase de agroquímicos y sensible con el cuidado del ambiente, se instalaron plantas para tratar sus efluentes industriales para minimizar el impacto negativo que generarían sus aguas residuales industriales, la misma que al momento no está removiendo la carga contaminante en el nivel esperado, por lo que no se está dando cumplimiento a lo establecido en la tabla No 12 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, por lo que la eficiencia y eficacia de la unidad es mínima.

Se ha considerado llevar a cabo una optimización de una planta de agua en una empresa rectificadora de tanques, considerando en primera instancia perfeccionar los recursos disponibles en la unidad de producción.

Este proyecto se llevará a cabo bajo la responsabilidad de él suscrito, convirtiéndose en un aporte técnico científico para las futuras plantas de tratamiento de aguas residuales generadas por la industria de rectificado y lavado de tanques provenientes del almacenamiento de agroquímicos.

## **1.2. JUSTIFICACION**

La ingeniería industrial es una actividad que soluciona entre otras cosas, los problemas que causen las acciones industriales al ambiente, tanto mediante la prevención como la corrección. El presente trabajo es un proyecto de corrección a un sistema instalado que en los actuales momentos no está funcionando de la manera más óptima. Razón por la cual las empresas Rectificadoras de tanques están requiriendo dar solución a su problema de tratamiento de las aguas residuales que se generan en la unidad de producción. Para solucionar éste, se han recibido innumerables propuestas las mismas que presentan valores que demandan alta inversión, ninguna garantía de eficiencia de los resultados y ningún aprovechamiento del agua tratada.

A diferencia de todas las propuestas la presente va a aprovechar las unidades ya instaladas, garantía de eficacia de los resultados y la diferencia más notable los bajos costos de inversión.

Por lo tanto es un proyecto de ingeniería que persigue dar solución a un problema, optimizando los recursos con una mínima inversión. Las condiciones actuales en las que el mundo se desarrolla obligan a realizar las cosas de manera más efectiva.

En todas las actividades industriales es importante que las unidades de producción sean competitivas para poder sobrevivir ya que de no operar cuidando los niveles de productividad, la continuidad de las operaciones se verán afectadas, debido a la apertura de los mercados que es la tendencia que se vive en los momentos actuales a través de la globalización.

Para que una empresa Rectificadora de tanques, continúe procesando en nuestro medio es imprescindible que sus costos de operación presenten una ventaja comparativa, el problema de tratamiento de aguas residuales de toda índole al momento es un tema de mucho interés para todas las empresas por el control que está realizando las Autoridades Ambientales Municipal, puesto que ya se ha detectado que existe contaminación en las fuentes receptoras de las aguas industriales.

Considero que este proyecto permitirá solucionar los inconvenientes que presenta el tratamiento del agua residual de las empresas Rectificadoras de tanques en la ciudad de Guayaquil a muy bajo costo.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Optimizar la Unidad de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de una rectificadora de tanques, mediante la aplicación tecnología de producción más limpia, para lograr que las descargas de las aguas residuales industriales, se encuentren dentro del rango establecido por la Legislación Ambiental Ecuatoriana para un cuerpo de agua dulce, a fin de preservar el ecosistema circundante a la unidad de producción.



### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Identificar oportunidades de optimizar la operación de la unidad de tratamiento de aguas residuales industriales de una rectificadora de tanques, mediante la ejecución de inspecciones técnicas.
- Formular recomendaciones que permitan perfeccionar la productividad y la eficiencia en cada operación unitaria.
- Implementar las recomendaciones seleccionadas.
- Medir el éxito obtenido con la aplicación de las recomendaciones.
- Lograr que la descarga del agua residual industrial, cumpla con los parámetros de calidad exigidos para verter a cuerpos de agua dulce, según lo establecido por la legislación ambiental ecuatoriana.

### **1.4 ALCANCE**

El presente estudio alcance del estudio pretendió lo siguiente:

- Identificar si los procesos industriales, generan impactos ambientales. Los impactos serán clasificados dentro de las correspondientes categorías (bajo, medio y alto) a fin de priorizarlos.
- Aplicación de medidas correctivas ambientales de corto, mediano y largo plazo que permita prevenir, mitigar y controlar los impactos ambientales que se produzcan durante la operación de la planta Rectificadora.
- Gestión y manejo de desechos sólidos y líquido.
- Manejo de Productos químicos peligroso.
- Plantear criterios técnicos-ambientales que sirva para fijar las políticas de manejo ambiental y seguridad industrial de la planta.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 DEFINICIONES**

La generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana. El tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales supone el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas; de su significado y de sus efectos principales sobre la fuente receptora.

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportados mediante el sistema de alcantarillado.

Se denominan aguas residuales industriales a las aguas residuales provenientes de descargas de industrias de manufactura.

La expresión de las características de un agua residual puede hacerse de muchas maneras, dependiendo de su propósito específico; sin embargo, vale la pena anotar que toda caracterización de aguas residuales implica un programa de muestreo apropiado para asegurar representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio de conformidad con normas estándar que aseguren precisión y exactitud en los resultados.

En general, un programa de muestreo para caracterización y control de calidad de aguas supone un análisis cuidadoso del tipo de muestras, número de ellas y parámetros que se deben analizar.

##### **2.1.1 Aguas Residuales**

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.

(MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Edición especial. Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, 2002. 620 p.)

### **2.1.2 Aguas Pluviales**

Aquellas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo.

### **2.1.3. Agua Dulce**

Agua con una salinidad igual o inferior a 0.5 UPS.

### **2.1.4. Agua Subterránea**

Es toda agua del subsuelo, que se encuentra en la zona de saturación (se sitúa debajo del nivel freático donde todos los espacios abiertos están llenos con agua, con una presión igual o mayor que la atmosférica). (MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Edición especial. Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, 2002. 620 p.)

### **2.1.5. Aguas Superficiales**

Toda aquella que fluye o almacena en la superficie del terreno.

### **2.1.6. Agua para uso Público Urbano**

Es el agua nacional para centros de población o asentamiento humanos, destinada para el uso y consumo humano, previa potabilización. (MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Edición especial. Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, 2002. 620 p.)

### **2.1.7. Bioacumulación**

Proceso mediante el cual circulan y se van acumulando a lo largo de la cadena trófica una serie de sustancias tóxicas, las cuales pueden alcanzar concentraciones muy elevadas en un determinado nivel.

(MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Edición especial. Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, 2002. 620 p.)

#### **2.1.8. Bioensayo Acuático**

Es el ensayo por el cual se usan las respuestas de organismos acuáticos, para detectar o medir la presencia o efecto de una o más sustancias, elementos, compuestos, desechos o factores ambientales solos o en combinación. (MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Edición especial. Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, 2002. 620 p.)

#### **2.1.9. Capacidad de Asimilación**

Propiedad que tiene un cuerpo de agua para recibir y depurar contaminantes sin alterar sus patrones de calidad, referido a los usos para los que se destine. (MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Edición especial. Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, 2002. 620 p.)

#### **2.1.10. Caracterización de Aguas Residuales**

Proceso destinado al conocimiento integral de las características estadísticamente confiable del agua residual, integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físico, químico, biológico y microbiológico. (MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Edición especial. Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, 2002. 620 p.)

#### **2.1.11. Carga Promedio**

Es el producto de la concentración promedio por el caudal promedio, determinados en el mismo sitio.

### **2.1.12. Carga Máxima Permisible**

Es el límite de carga que puede ser aceptado en la descarga a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado. (MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Edición especial. Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, 2002. 620 p.)

### **2.1.13. Carga Contaminante**

Cantidad de un contaminante aportada en una descarga de aguas residuales, expresada en unidades de masa por unidades de tiempo.

### **2.1.14. Contaminación de Aguas Subterráneas**

Cualquier alteración de las propiedades físico, química, biológicas de las aguas subterráneas, que pueda ocasionar el deterioro de la salud, la seguridad y el bienestar de la población, comprometer su uso para fines de consumo humano, agropecuario, industriales, comerciales o recreativos, y/o causar daños a la flora, a la fauna o al ambiente en general. (MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Edición especial. Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, 2002. 620 p.)

### **2.1.15. Cuerpo Receptor o Cuerpo de Agua**

Es todo río, lago, laguna, aguas subterráneas, cauce, depósito de agua, corriente, zona marina, estuarios, que sea susceptible de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas residuales. (MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Edición especial. Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, 2002. 620 p.)

### **2.1.16. Depuración**

Es la remoción de sustancias contaminantes de las aguas residuales para disminuir su impacto ambiental.

### **2.1.17. Descargar**

Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado en forma continua, intermitente o fortuita.

### **2.1.18. Descarga no Puntual**

Es aquella en la cual no se puede precisar el punto exacto de vertimiento al cuerpo receptor, tal es el caso de descargas provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares.

### **2.1.19. Efluente**

Líquido proveniente de un proceso de tratamiento, proceso productivo o de una actividad.

### **2.1.20. Línea Base**

Denota el estado de un sistema en un momento en particular, antes de un cambio posterior. Se define también como las condiciones en el momento de la investigación dentro de un área que puede estar influenciada por actividades industriales o humanas.

### **2.1.21. Línea de Fondo**

Denota las condiciones ambientales imperantes, antes de cualquier perturbación. Es decir, significa las condiciones que hubieran predominado en ausencia de actividades antropogénicas, sólo con los procesos naturales en actividad.

### **2.1.22. Metales Pesados**

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

### **2.1.23. Módulo**

Conjunto unitario que se repite en el sistema de tratamiento, cumple con el propósito de mantener el sistema de tratamiento trabajando, cuando se proporciona mantenimiento al mismo.

### **2.1.24. Oxígeno Disuelto**

Es el oxígeno libre que se encuentra en el agua, vital para las formas de vida acuática y para la prevención de olores.

### **2.1.25. Pesticida o Plaguicida**

Los pesticidas son sustancias usadas para evitar, destruir, repeler o ejercer cualquier otro tipo de control de insectos, roedores, plantas, malezas indeseables u otras formas de vida inconvenientes. Los pesticidas se clasifican en: Organoclorados, Organofosforados, Organomercuriales, Carbamatos, Piretroides, Bipiridilos, y Warfarineos, sin ser esta clasificación limitativa.

### **2.1.26. Polución o Contaminación del Agua**

Es la presencia en el agua de contaminantes en concentraciones y permanencias superiores o inferiores a las establecidas en la Legislación vigente capaz de deteriorar la calidad del agua.

### **2.1.27. Río**

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

### **2.1.28. Toxicidad**

Se considera tóxica a una sustancia o materia cuando debido a su cantidad, concentración o características físico, químicas o infecciosa presenta el potencial de: (MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Edición especial. Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, 2002. 620 p.)

- a) Causar o contribuir de modo significativo al aumento de la mortalidad, al aumento de enfermedades graves de carácter irreversible o a las incapacitaciones reversibles.
- b) Que presente un riesgo para la salud humana o para el ambiente al ser tratados, almacenados, transportados o eliminados de forma inadecuada; y,
- c) Que presente un riesgo cuando un organismo vivo se expone o está en contacto con la sustancia tóxica.

#### **2.1.29. Toxicidad en Agua**

Es la propiedad de una sustancia, elemento o compuesto, de causar efecto letal u otro efecto nocivo en 4 días a los organismos utilizados para el bioensayo acuático.

#### **2.1.30. Toxicidad Crónica**

Es la habilidad de una sustancia o mezcla de sustancias de causar efectos dañinos en un período extenso, usualmente después de exposiciones continuas o repetidas.

#### **2.1.31. Tratamiento Convencional para Potabilizar el Agua**

Son las siguientes operaciones y procesos: Coagulación, floculación, sedimentación, Filtración y desinfección.

#### **2.1.32. Tratamiento Convencional para Efluentes, previa a la Descarga a un Cuerpo Receptor o al Sistema de Alcantarillado**

Es aquel que está conformado por tratamiento primario y secundario, incluye desinfección. (MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Edición especial. Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, 2002. 620 p.)

**Tratamiento Primario.-** Contempla el uso de operaciones físicas tales como: Desarenado, sedimentación, filtración y el desbaste (principalmente rejillas, mallas o cribas) para la eliminación de sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual.



### **2.1.33. Tratamiento Avanzado para Efluentes, previo Descarga a un Cuerpo Receptor o al Sistema de Alcantarillado**

Es el tratamiento adicional necesario para remover sustancias suspendidas y disueltas que permanecen después del tratamiento convencional para efluentes. (MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Edición especial. Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, 2002. 620 p.)

### **2.1.34. Usuario**

Es toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que utilice agua tomada directamente de una fuente natural o red pública.

### **2.1.35. Valores de Línea de Base**

Parámetros o indicadores que representan cuantitativa o cualitativamente las condiciones de línea base.

### **2.1.36. Valores de Fondo**

Parámetros o indicadores que representan cuantitativa o cualitativamente las condiciones de línea de fondo.

### **2.1.37. Zona de Mezcla**

Es el área técnicamente determinada a partir del sitio de descarga, indispensable para que se produzca una mezcla homogénea en el cuerpo receptor. (MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Edición especial. Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, 2002. 620 p.)

## 2.2. METODOLOGÍA

En los estudios de diseño, rediseño y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, municipales e industriales, es necesario aplicar una metodología que permita identificar cada problema específico, caracterizarlo, definir los criterios de tratamiento y establecer las operaciones y procesos de tratamiento óptimo para lograr los requerimientos definidos y concretar el diseño correspondiente.

Se entiende por Investigación de Campo, el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia haciendo uso de métodos característicos; la metodología aplicada fue:

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

La investigación se realiza en los mismos lugares donde acontecen los hechos, fenómenos o situaciones que se pretenden investigar. La investigación de campo obliga al investigador a movilizarse al sitio o escenario donde se ubica el objeto o sujeto motivo de la investigación que aspira emprender.

En relación con esta definición, se puede afirmar que este trabajo de investigación se corresponde con dicho diseño, ya que la recopilación de la información se realizara enmarcada dentro del ambiente específico en el que se presenta el hecho a estudiar, a fin de dar una propuesta de solución que se corresponda con el contexto y adecúe con las posibilidades de implantación que se proporcionen de la comunidad.

### **2.2.1. Tratamiento de Aguas Residuales**

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

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

En la concepción clásica del problema de la contaminación del agua, los ríos se consideran los receptores naturales de las aguas residuales, con su correspondiente carga de contaminantes y nutrientes. Las cargas, o concentración de contaminantes y nutrientes, constituyen el objeto de la regulación, por parte de las leyes, decretos y normas, para establecer la calidad apropiada del agua, de acuerdo con los diferentes usos aplicables a ella (MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Edición especial. Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito, 2002. 620 p.)

La selección de un proceso de tratamiento de aguas residuales, o de la combinación adecuada de ellos, depende principalmente de:

- Las características del agua cruda
- La calidad requerida del efluente
- La disponibilidad de terreno
- Los costos de construcción y operación del sistema de tratamiento
- La confiabilidad del sistema del tratamiento debe de cumplir con la eficiencia de remoción que exige la normativa ambiental
- La facilidad de optimización del proceso para satisfacer requerimientos futuros más exigentes.

### **2.2.2. Pre Tratamientos**

La función del pre-tratamiento es extraer de las aguas brutas la mayor cantidad posible de la materias que arrastran, y que posteriormente ocasionarían problemas en los tratamientos posteriores (tales como obstrucción de tuberías, formación de costras, enarenado de digestores anaerobios.)

Las operaciones de pre-tratamiento que se incorporan en la cabecera de la línea de agua de la Estación depuradora de aguas residuales industriales serán en función de:

- La calidad del agua bruta (presencia de mayor o menor cantidad de sólidos, arenas, grasas.)
- El tipo de tratamiento posterior en la línea de agua.
- El sistema de tratamiento de fangos empleado.
- La importancia de la instalación.

Las operaciones que se pueden incorporar en un pre-tratamiento son las siguientes:

- Desbaste
- Desarenado
- Desengrasado

#### ***2.2.2.1. Desbaste***

El objetivo general de un desbaste es eliminar los residuos sólidos que arrastra el agua residual, haciendo pasar está, a través, de barrotos verticales o ligeramente inclinados, con una cierta separación entre ellos en función del tamaño del material a retener.

La rejilla desbaste grueso, cuya separación entre barras está entre 50 - 100 mm y grosor de barrotos 12 – 25 mm y la rejilla desbaste fino que son las que tienen espacios entre

barras entre 10 - 25 mm y grosor de barrotes 6 - 12 mm.(Tejero, I; Suárez, J; Jácome, A; J, Temprano. Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Madrid, 2001. 1256p.)

Actualmente se tiende al uso de tamices tanto en cabecera de la línea de agua como en la de fango. La luz de malla de un tamiz oscila entre 0,5 mm – 1 mm. El rendimiento del proceso con esta solución es muy elevado.

#### **2.2.2.2. Tamices**

El tamizado consiste en una filtración sobre soporte delgado perforado. En función de las dimensiones de los orificios se ha considerado los siguientes tipos:(Tejero, I; Suárez, J; Jácome, A; J, Temprano. Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Madrid, 2001. 1256p.)

- **Macrotamizado:** Con paso superior a 0,3 mm. Se usa para retener la materia en suspensión, flotante, semiflotante, residuos vegetales o animales, ramas.
- **Microtamizado:** Con malla inferior a 100 micras. Se usan para eliminar materia en suspensión de aguas naturales o aguas residuales pre-tratadas.

#### **2.2.2.3. Desarenado**

Tiene por objetivo eliminar materias pesadas que sean superiores a 200 micras, para evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, proteger las bombas y otros equipos contra la abrasión, y para evitar sobrecargas en procesos posteriores. (Tejero, I; Suárez, J; Jácome, A; J, Temprano. Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Madrid, 2001. 1256p.)

La operación está diseñada para eliminar (arenas), partículas, minerales, también se eliminan otros elementos de origen orgánico, como granos de café, semillas, cascara de huevos, fragmentos de metal. La llegada de material de tipo inorgánico, arenas y gravas, a la Estación Depuradora de Aguas Residuales (E.D.A.R.) es mayor cuando la red es unitaria, ya que las aguas de lluvia arrastran gran cantidad de sedimentos y deposiciones de las calles. También hay gran aportación de áridos cuando acceden a la red unitaria

drenajes de escombreras o parques de almacenamiento de minerales. (Tejero, I; Suárez, J; Jácome, A; J, Temprano. Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Madrid, 2001. 1256p.)

El pozo de gruesos y el desbaste previo a los desarenadores evita la llegada de materiales de gran tamaño, de trapo, plástico que empeorarían el rendimiento del proceso.

#### ***2.2.2.4. Desengrasado***

No siempre aparece el desengrasado en los pre-tratamientos de una estación de aguas residuales industriales. Su objetivo es eliminar grasas, aceites, espumas y demás materias flotantes que podrían perturbar procesos posteriores.

El desengrasado suele ser estático o mediante insuflación de aire para desemulsionar las grasas y conseguir una mejor flotación de estas.

En los desengrasadores estáticos son necesarios tiempos de retención altos. Los flotantes se cogen en la parte superior. Se usa en talleres.

La separación con aire podría realizarse en los decantadores primarios, que poseen rasquetas para flotantes, pero cuando el volumen de grasas es importante este sistema de recogida es deficiente y hay que emplear otros.(Tejero, I; Suárez, J; Jácome, A; J, Temprano. Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Madrid, 2001. 1256p.)

El desengrasado se puede efectuar de forma combinada en el mismo depósito del desarenador aireado. Se crea una zona tranquilizada en la superficie en donde se concentran las grasas y flotantes de donde se evacuan mediante rasquetas. Las partículas tienden a acercarse a las burbujas de aire y a flotar. (Tejero, I; Suárez, J; Jácome, A; J, Temprano. Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Madrid, 2001. 1256p.)

### **2.2.3. Tratamientos Primarios**

El objetivo del tratamiento primario es reducir los sólidos en suspensión del agua residual.

Los sólidos en suspensión de un agua residual se determinan filtrando ésta y pesando el material sólido retenido por el filtro. Se mide en mg/lt. El filtro utilizado retiene partículas superiores a una micra.

Los sólidos en suspensión incluyen:

- Los sólidos sedimentables (que sedimentan al permanecer el agua residual en reposo durante una hora).
- Los flotables (definibles por la contraposición a los sedimentables) y parte de los sólidos coloidales (tamaño entre 10-3 y 10 micras). Los tamaños superiores a 200 micras ya fueron eliminados en el desarenador.

### **2.2.4. Tipos de Procesos**

Se los puede clasificar así:

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

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

#### ***Procesos complementarios de mejora***

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

## **2.2.5. Etapas del Tratamiento Físico - Químico**

“Para romper la estabilidad de las partículas coloidales y poderlas separar, es necesario realizar tres operaciones: Coagulación, floculación y decantación.”<sup>1</sup>

### **2.2.5.1. Coagulación**

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

Se pueden considerar dos mecanismos básicos en este proceso:

#### **2.2.5.1.1. Neutralización de la Carga del Coloide**

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

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

Para los coloides con cargas positivas, la misma relación aproximada existe entre el ión cloruro, Cl<sup>-</sup> monovalente, el sulfato, (SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup>, divalente, y el fosfato, (PO<sub>4</sub>)<sup>-3</sup>, trivalente.

---

<sup>1</sup> Definiciones de las Etapas de Tratamiento físico y químico encontradas en:  
([http://es.wikibooks.org/wiki/Ingeniería\\_de\\_aguas\\_residuales/Tratamiento\\_físico-químico](http://es.wikibooks.org/wiki/Ingeniería_de_aguas_residuales/Tratamiento_físico-químico))



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

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

Los factores que influyen en el proceso de coagulación:

#### **2.2.5.1.2.1. pH**

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

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

- Cal viva
- Cal apagada
- Carbonato sódico
- Sosa Cáustica
- Ácidos minerales

#### **2.2.5.1.2.2. Agitación Rápida de la Mezcla**

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

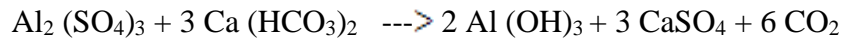
Por lo tanto, al ser la neutralización de los coloides el principal objetivo que se pretende en el momento de la introducción del coagulante, es necesario que el reactivo empleado se difunda con la mayor rapidez posible, ya que el tiempo de coagulación es muy corto (1 minuto).

### **2.2.5.1.2.3. Tipo y Cantidad de Coagulante**

Los coagulantes principalmente utilizados son las sales de aluminio y de hierro. Las reacciones de precipitación que tienen lugar con cada coagulante son las siguientes:

- ✓ Sulfato de aluminio (también conocido como sulfato de alúmina) ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ )

Cuando se añade sulfato de alúmina al agua residual que contiene alcalinidad de carbonato ácido de calcio y magnesio, la reacción que tiene lugar es la siguiente:

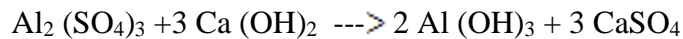


La reacción es análoga cuando se sustituye el bicarbonato cálcico por la sal de magnesio.

Rango de pH para la coagulación óptima: 5 - 7,5.

**Dosis:** En tratamiento de aguas residuales, de 100 a 300 gr/m<sup>3</sup>, según el tipo de agua residual y la exigencia de calidad.

- ✓ Con cal



**Dosis:** Se necesita de cal un tercio de la dosis de sulfato de alúmina comercial.

### **2.2.5.2. Floculación**

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

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

- ✓ Por el propio movimiento de las partículas (difusión browniana). En este caso se habla de Floculación pericinética o por convección natural es muy lenta.
- ✓ Por el movimiento del fluido que contiene a las partículas, que induce a un movimiento de éstas, esto se consigue mediante agitación de la mezcla. A este mecanismo se le denomina Floculación ortocinética o por convección forzada.

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

Hay diversos factores que influyen en la floculación:

#### **2.2.5.2.1. Coagulación Previa lo más Perfecta Posible**

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

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

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

#### **2.2.5.2.2. Agitación Lenta y Homogénea**

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

#### **2.2.5.2.3. Temperatura del Agua**

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

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

#### **2.2.5.2.4. Características del Agua**

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

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

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

#### **2.2.5.3. Coadyuvantes**

Tienen la función de mejorar la actuación de los coagulantes y floculantes. Los objetivos de los coadyuvantes pueden ser varios:

#### **2.2.5.3.1. Corrección de pH**

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

#### **2.2.5.3.2. Oxidación de Compuestos**

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

#### **2.2.5.3.3. Dar peso a las Partículas**

Se utilizan los llamados agentes gravimétricos. Se utilizan en aguas con baja turbidez inicial. Se busca mejorar las velocidades de sedimentación. Se puede usar carbón activado en polvo, cal, arcillas, polímeros. La adición de productos tales como la bentonita aumenta la densidad de las partículas y el peso global de la suspensión, al tiempo que proporciona una superficie importante para la adsorción de compuestos orgánicos. La sílice activada y los polímeros se podrían también considerar como coadyuvantes de la coagulación y la floculación.

#### **2.2.5.4. Sedimentación**

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

Esta operación se emplea para la eliminación de los flóculos químicos cuando se emplea la coagulación química. En la mayoría de los casos el objetivo principal es la obtención de un efluente clarificado. (Tejero, I; Suárez, J; Jácome, A; J, Temprano. Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Madrid, 2001. 1256p.)

## **CAPÍTULO III:**

### **3. MARCO LEGAL**

#### **3.1. MARCO LEGAL AMBIENTAL**

El marco legal Ambiental aplicable para la operación de las empresas rectificadoras de tanques provenientes de la actividad de re envase de productos agroquímicos, considera las siguientes fuentes Normativas:

#### **3.2. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, PUBLICADA EN EL R.O. N°449 DEL 20 DE OCTUBRE DE 2008.**

##### **3.2.1. En su Título II sobre los Derechos, Capítulo II Derecho del Buen Vivir, Sección II Ambiente sano, indica:**

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

**Art. 15.-** El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales

nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

**3.2.2. En su Título VII del Régimen del Buen Vivir, Capítulo II Biodiversidad y recursos naturales, Sección II Ambiente sano, dice:**

**Art. 396.-** El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.

**Art. 397.-** En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

- Permitir a cualquier persona natural o jurídica, colectividad o grupo humano, ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, sin perjuicio de su interés directo, para obtener de ellos la tutela efectiva en materia ambiental, incluyendo la posibilidad de solicitar medidas cautelares que permitan cesar la amenaza o el daño ambiental materia de litigio. La carga de la prueba sobre la inexistencia de daño potencial o real recaerá sobre el gestor de la actividad o el demandado.
- Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.
- Regular la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente.
- Asegurar la intangibilidad de las áreas naturales protegidas, de tal forma que se garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas. El manejo y administración de las áreas naturales protegidas estará a cargo del Estado.
- Establecer un sistema nacional de prevención, gestión de riesgos y desastres naturales, basado en los principios de inmediatez, eficiencia, precaución, responsabilidad y solidaridad

**Art. 398.-** Toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente. El sujeto consultante será el Estado. La ley regulará la consulta previa, la participación ciudadana, los plazos, el sujeto consultado y los criterios de valoración y de objeción sobre la actividad sometida a consulta.

El Estado valorará la opinión de la comunidad según los criterios establecidos en la ley y los instrumentos internacionales de derechos humanos.



Si del referido proceso de consulta resulta una oposición mayoritaria de la comunidad respectiva, la decisión de ejecutar o no el proyecto será adoptada por resolución debidamente motivada de la instancia administrativa superior correspondiente de acuerdo con la ley.

**Art. 399.-** El ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza.

**3.2.3. Ley Orgánica de la Salud, publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 423 del 22 de diciembre del 2006:**

**Art. 95.-** La autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio de Ambiente, establecerá las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, las mismas que serán de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas y comunitarias.

El Estado a través de los organismos competentes y el sector privado está obligado a proporcionar a la población, información adecuada y veraz respecto del impacto ambiental y sus consecuencias para la salud individual y colectiva.

**Art. 103.-** Se prohíbe a toda persona, natural o jurídica, descargar o depositar aguas servidas y residuales, sin el tratamiento apropiado, conforme lo disponga en el reglamento correspondiente, en ríos, mares, canales, quebradas, lagunas, lagos y otros sitios similares. Se prohíbe también su uso en la cría de animales o actividades agropecuarias.

Los desechos infecciosos, especiales, tóxicos y peligrosos para la salud, deben ser tratados técnicamente previo a su eliminación y el depósito final se realizará en los sitios especiales establecidos para el efecto por los municipios del país.

Para la eliminación de desechos domésticos se cumplirán las disposiciones establecidas para el efecto.

Las autoridades de salud, en coordinación con los municipios, serán responsables de hacer cumplir estas disposiciones.

**3.3. Codificación de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 418 del 10 de septiembre del 2004:**

**Art. 6.-** Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.

**Art. 7.-** El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en coordinación con los Ministerios de Salud y del Ambiente, según el caso, elaborarán los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la calidad de agua que deba tener el cuerpo receptor.

**Art. 8.-** Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, fijarán el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen.

**Art. 9.-** Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, también, están facultados para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley.

**3.4. Codificación de la Ley de Aguas, publicada en el Registro Oficial No. 339, del 20 de mayo del 2004.**

**Art. 22.-** Prohíbese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna.

El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en colaboración con el Ministerio de Salud Pública y las demás entidades estatales, aplicará la política que permita el cumplimiento de esta disposición.

Se concede acción popular para denunciar los hechos que se relacionan con contaminación de agua. La denuncia se presentará en la Defensoría del Pueblo.

**3.5. Codificación de la Ley de Gestión Ambiental, publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 418 del 10 de septiembre del 2004.**

**Art. 33.-** Establécense como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento.

**Art. 39.-** Las instituciones encargadas de la administración de los recursos naturales, control de la contaminación ambiental y protección del medio ambiente, establecerán con participación social, programas de monitoreo del estado ambiental en las áreas de su competencia; esos datos serán remitidos al Ministerio del ramo para su sistematización; tal información será pública.

**Art. 40.-** Toda persona natural o jurídica que, en el curso de sus actividades empresariales o industriales estableciere que las mismas pueden producir o están produciendo daños ambientales a los ecosistemas, está obligada a informar sobre ello al

Ministerio del ramo o a las instituciones del régimen seccional autónomo. La información se presentará a la brevedad posible y las autoridades competentes deberán adoptar las medidas necesarias para solucionar los problemas detectados. En caso de incumplimiento de la presente disposición, el infractor será sancionado con una multa de veinte a doscientos salarios mínimos vitales generales.

**3.6. Reglamento a la Actividad Marítima, contenido en el Decreto Ejecutivo No. 168 y publicado en el Registro Oficial del 27 de marzo de 1997.**

**Art. 150.-** Las plantas industriales, refinerías, laboratorios, terminales marítimos o fluviales, instalaciones costeras fijas o flotantes, no pueden verter hidrocarburos, sus residuos u otras sustancias nocivas al mar, sus costas o zonas de playa, así como a los ríos y esteros, sin un tratamiento previo para convertir tales contaminantes en inocuos. Estas instalaciones estarán sujetas a inspecciones periódicas por parte de las Autoridades que conforman la Comisión Interinstitucional indicada en el Reglamento a la Ley de Aguas.

**3.7. Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social establecidos en la Ley de Gestión Ambiental, aprobado mediante Decreto Ejecutivo No. 1040, publicado en el Registro Oficial No. 332 del 08 de mayo del 2008.**

**Art. 3.- OBJETO:** El objeto principal de este Reglamento es contribuir a garantizar el respeto al derecho colectivo de todo habitante a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación.

**Art. 4.- FINES:** Este reglamento tiene como principales fines los siguientes:

a) Precisar los mecanismos determinados en la Ley de Gestión Ambiental a ser utilizados en los procedimientos de participación social;

- b) Permitir a la autoridad pública conocer los criterios de la comunidad en relación a una actividad o proyecto que genere impacto ambiental;
- c) Contar con los criterios de la comunidad, como base de la gobernabilidad y desarrollo de la gestión ambiental; y,
- d) Transparentar las actuaciones y actividades que puedan afectar al ambiente, asegurando a la comunidad el acceso a la información disponible.

**3.8. Decreto Ejecutivo No. 3516, publicado en el Suplemento del Registro Oficial del 31 de marzo del 2003, constante en el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULAS, libro 5).**

El Estudio de Impacto Ambiental estará regido por las leyes ecuatorianas que tienen que ver específicamente con las actividades de preservación de los recursos naturales.

La principal norma jurídica ambiental que forma parte del marco de referencia legal del Proyecto se encuentra establecida en la Codificación de la Ley de Gestión Ambiental.- Publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 418 del 10 de septiembre de 2004 y el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). Expedido mediante Decreto Ejecutivo No. 3399 publicado en el Registro Oficial No. 725 del 28 de noviembre de 2002 y ratificado mediante Decreto Ejecutivo No. 3516, publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 2 del 31 de marzo de 2003.

**La Ley de Gestión Ambiental** en su artículo 20 menciona (t) “Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la Licencia Ambiental respectiva otorgada por el Ministerio del ramo. Esta ley señala además la obligación del ejecutor del Proyecto de implementar un Sistema de Manejo Ambiental que contenga como mínimo la elaboración de Estudio de Línea de Base, Evaluación del Impacto Ambiental, Planes de Manejo, sistemas de Monitoreo, Planes de Contingencia y Mitigación, Auditorías Ambientales.

**Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social Establecidos en la Ley de Gestión Ambiental**, Mediante Decreto Ejecutivo 1040, publicado en el Registro Oficial No. 332 del 8 de mayo de 2008, se dictó el Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social establecidos en la Ley de Gestión Ambiental, Tal como se prescribe en el Artículo 4 letra b del Reglamento, la finalidad de la participación es conocer criterios de la comunidad respecto de una actividad o proyecto que genere impacto ambiental, considerando e incorporando los criterios y observaciones de la ciudadanía, “siempre y cuando sean técnica y económicamente viable”, “minimizando y/o compensando estos impactos a fin de mejorar las condiciones ambientales para la realización de la actividad o proyecto propuesto”.

### **3.9. LEGISLACIÓN AMBIENTAL ECUATORIANA LIBRO VI, ANEXO 1 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTE: RECURSO AGUA**

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado;
- Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- Método y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

#### **Objetivo de la Norma**

La norma tiene como objeto la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua.

El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

En esta norma se establecen todos los parámetros de control, de estos la Dirección de Medio Ambiente de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil en su calidad de Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable mediante ordenanza estableció las variables que se deben controlar para una actividad de Rectificación y lavado de tanques provenientes del almacenamiento de productos agroquímicos.

### 3.10. **NORMATIVA AMBIENTAL ESPECÍFICA**

**Tabla N° 3.1.- Parámetros a evaluar en el monitoreo de Aguas Residuales Industriales**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
Mercurio	Hg	mg/l	No detectable
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cromo	Cr	mg/l	0.5
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	250
Compuestos Organoclorados totales	Concentración de Organoclorados totales	mg/l	0.05
Compuestos Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0.1
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	5-9
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	1600
Temperatura	°C	mg/l	< 35

**Fuente: Clasificación Internacional Industrial Uniforme CIU. 2012**

## CAPÍTULO IV

### 4. DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA RECTIFICADORA DE TANQUES Y SUS OPERACIONES

#### 4.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE LA PLANTA

Las instalaciones tienen las siguientes características constructivas:

**Tabla N° 4.1 - Características de las Áreas de una Rectificadora de Tanques**

Áreas	Características
Cerramiento	Bloques y hormigón armado de 4.0 metros de altura
Paredes	Cimentado con hormigón armado
Pisos	Cemento sin baldosas
Cubiertas laterales	Zinc

**Realizado por: Autor**

##### 4.1.1. Área de Vestidores

Toda empresa debe poseer un área de vestidores, con estructura de metal y paredes de bloques. Por lo general cuentan con juegos de casilleros metálicos, con su respectivo botiquín y bebedero para el área.

##### 4.1.2. Área de Baño

Los baños deben tener lavamanos, superficies con baldosas, batería sanitaria y conectada a la red interna del alcantarillado.

##### 4.1.3. Área de Lavado y Reparación de Tanques

Los tanques que provienen de empresas de productos agroquímicos, se reciben con triple lavado, en la planta sólo se le da una limpieza enjuague, antes de pasarlos al área de reparación.



#### 4.1.4. Área de Pintado de Tanques

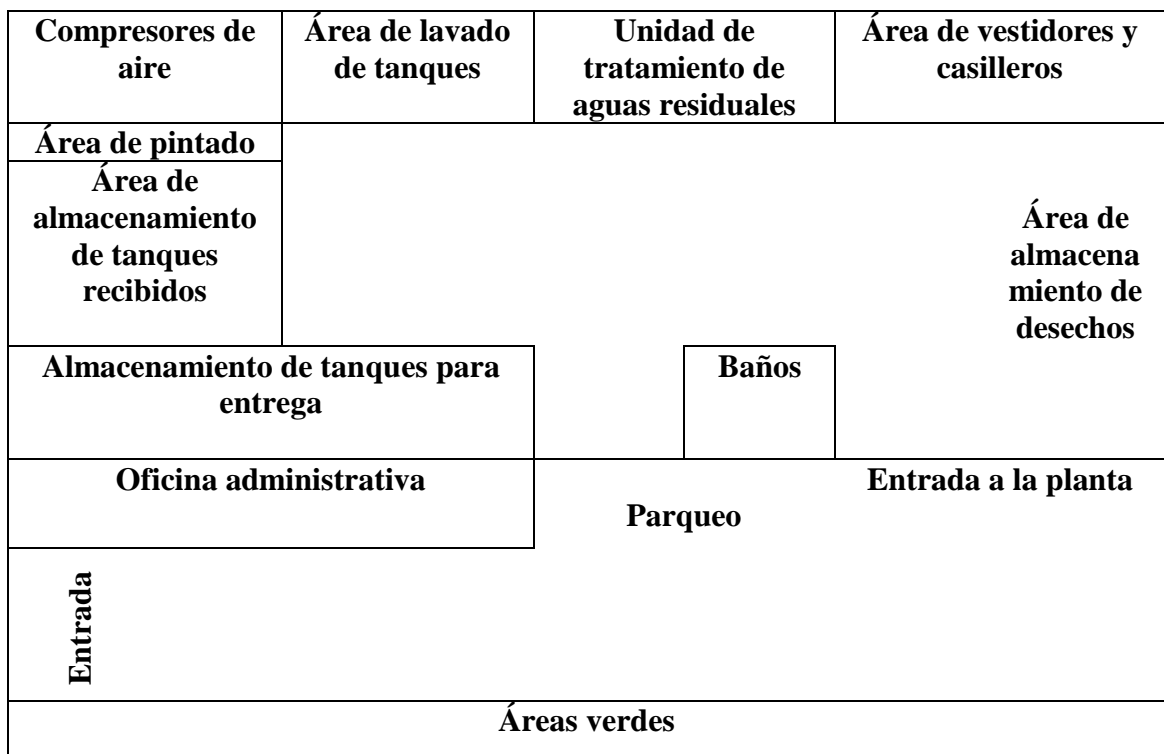
Se aplican las primeras capas de pinturas mediante pistolas a presión son sopleteados los tanques cubriéndolos de diferentes capas de pintura anticorrosivo.

#### 4.1.5. Área de Prensado y Rectificación

Debe contar con un piso de hormigón armado, donde los envases son sometidos a una presión forzada donde la estructura del tanque regresa a su estado original.

### 4.2. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LAS INSTALACIONES DE UNA EMPRESA RECTIFICADORA DE TANQUES

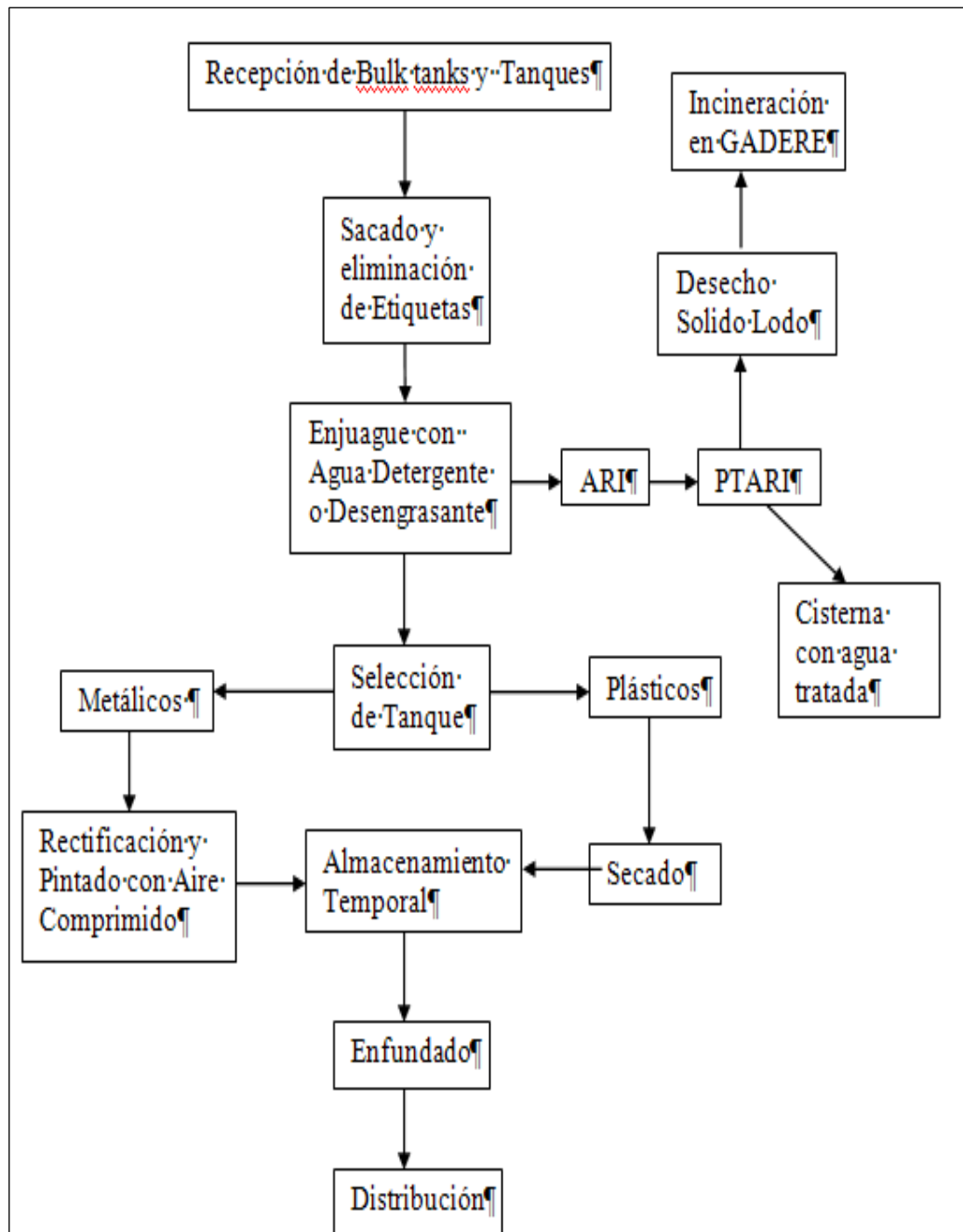
Dibujo 4.1 – Esquema de las instalaciones de una empresa rectificadora de Tanques



Realizado por: Autor

### 4.3. DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS FUENTES DE GENERACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Diagrama de Flujo 4.1 – Fuentes de Generación de Aguas Residuales de una empresa rectificadora de Tanques



Realizado por: Autor

#### **4.4. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS**

A continuación se detalla las actividades desarrolladas normalmente en las instalaciones para la rectificación y reparación de tanques plásticos o metálicos proveniente con restos de productos agroquímicos:

##### **4.4.1. Recepción**

Los tanques que son retirados en las diferentes empresas son recibidos por el personal de planta, los mismos que son manipulados cuidadosamente para evitar afectación a la salud por un manejo inadecuado. Los envases metálicos son almacenados temporalmente en áreas específicas techadas para evitar se oxiden con las precipitaciones en épocas invernales y al aire libre en épocas de verano. Afecte el material de los tanques.



**Recepción de Tanques**

##### **4.4.2. Selección, Lavado y Concheado**

Al ser recibidos los tanques son agrupados por su procedencia y su similitud. Los que contengan todavía residuos de la sustancia que almacenaban se los conchea para almacenar esos residuos en tanques y proceder luego a su disposición final a través del gestor acreditado.

Los tanques que provienen de empresas de productos agroquímicos, se reciben con triple lavado, en la planta sólo se le da una limpieza enjuague, antes de pasarlos al área de reparación.

#### **4.4.3. Reparación**

Los tanques son trasladados al área de reparación, que cuenta con piso de hormigón armado, donde los envases son sometidos a una presión forzada donde la estructura del tanque regresa a su estado original. Personal de planta realiza una primera evaluación del tanque reparado, en caso de necesitar mejorar su estructura exterior se procede a realizar acabados para mejorar su apariencia final.



**Reparación de Tanques**

#### **4.4.4. Pintado**

Los tanques enviados del área de reparación son evaluados visualmente para comprobar que no tiene fallas antes de aplicar las primeras capas de pinturas. Mediante pistolas a presión son sopleteados los tanques cubriéndolos de diferentes capas de pintura anticorrosivo, según el color, el cliente y la necesidad de resistencia al medio que serán expuestos.



**Pintado de Tanques**

#### **4.4.5. Secado**

Terminado de pintar los tanques, son enviados en la época de verano al patio para su secado con el sol, y en época de invierno son colocados en el área siguiente a la de pintado para prevenir que se mojen en caso de lluvia.

#### **4.4.6. Almacenamiento Temporal**

Los envases que se encuentran reparados, y con todas las capas de pintura necesarias según los requerimientos del cliente son almacenados en el área de producto terminado. Son colocados cuidadosamente para evitar que se rallen entre sí y se produzca el deterioro de la pintura que ha sido aplicada.



**Almacenamiento Temporal**

#### **4.4.7. Embalaje**

Los tanques con todos los acabados y listos para ser entregados a los clientes son cubiertos con sacos de yute para evitar que por fricción se deteriore las capas de pintura. Realizándose una entrega de envases acorde a los requerimientos estrictos de los clientes.

El área de almacenamiento del producto terminado está techada evitando que se deteriore por la exposición a las inclemencias del tiempo.

## **CAPÍTULO V**

### **5. CARACTERÍSTICAS Y EVALUACIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

#### **5.1. FUENTES DE GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales domésticas, se originan por el uso de los baños, sanitarios, lavaderos por parte del talento humano que labora en las instalaciones de las empresas rectificadoras de tanques, estas son almacenadas en una cisterna hasta cuando alcance el nivel máximo, luego de lo cual se realiza la gestión respectiva para que el camión cisterna de la empresa Interagua traslade estas aguas, hasta la Unidad de Tratamiento de Aguas Domésticas El Progreso que tiene la ciudad de Guayaquil.

Las aguas de escorrentía, caen sobre el techo y sobre el piso descubierto y son descargadas de manera directa hacia el canal de agua dulce que pasa por la parte de atrás de la empresa. Estas aguas durante su recorrido, nunca entran en contacto con ninguna sustancia usada en las actividades de la empresa.

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

#### **5.2. DETERMINACIÓN DE FLUJOS DIARIOS**

En las empresas Rectificadoras de Tanques, los flujos del agua residual son muy variables debido a que dependen del flujo de operación de limpieza. Para poder limpiar los reservorios plásticos es necesario que existan tanques en stock, para poder hacer la operación, lo cual es un poco indefinido, debido a que en el mercado existen varios proveedores de estos servicios de limpieza con diversidad de precios. En más de los días no se realiza el lavado de los tanques, se realizan trabajos de rectificación de los tanques metálicos.

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

Es así como se ha establecido un flujo de agua de tres metros cúbicos por mes. Este caudal tiene que ver también con la capacidad de almacenamiento que existe en la piscina de homogenización.

### 5.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Las características físicas - químicas de las aguas residuales industriales que se generan de la actividad de limpieza de los tanques plásticos y metálicos fueron evaluadas en la Unidad de Control de Calidad de los Laboratorios de Aguas Petróleo y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Estatal de Guayaquil, cuyos resultados se encuentran en la tabla a continuación:

**Tabla N° 5.1 - Resultados de Análisis de Agua Cruda**

<b>Resultados de Análisis de Agua Cruda</b>		
<b>Parámetros y sus Unidades</b>	<b>Concentraciones</b>	
	<b>M1</b>	<b>LMP</b>
Potencial de Hidrógeno U de pH	8.2	5 – 9
Sólidos suspendidos totales mg/L	124	100
Aceites y grasas mg/L	60	0.3
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L	1020	100
Demanda química de oxígeno mg/L	6257	250
Cromo hexavalente mg/L	2.53	0.5
Plomo mg/L	1.3	0.5
organoclorados totales mg/L	0.11	0.05
Compuestos fenólicos mg/L	1.73	0.2
organofosforados totales mg/L	<0.03	0.1

**Realizado por: Autor**



Los resultados de la Unidad de Control de Calidad de los Laboratorios de Aguas Petróleo y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Estatal de Guayaquil se encuentran en el anexo A.

#### **5.4. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA EMPRESA RECTIFICADORA DE TANQUES**

Después de ver el proceso de lavado de tanques que se realiza en una empresa rectificadora de tanques, se ha considerado establecer como diagnóstico que las aguas presentan una alta concentración de sustancias agroquímicas, lo que hace complicado el proceso de la depuración impidiendo que la unidad pueda remover la contaminación hasta los niveles requeridos por la Legislación Ambiental. Esta elevada concentración de sustancias químicas en el agua tiene su origen en la realización de un inadecuado proceso de vaciado completo, previo al proceso de lavado del recipiente plástico, es posible afirmar que las sustancias que se almacenan son concentradas y que durante el reenvaso son diluidas. De manera que si no se realiza el correcto procedimiento de escurrido del tanque plástico, toda la sustancia va a terminar en el agua de limpieza, ocasionando la alta concentración de sustancias contaminantes, los mismos que pueden ser apreciados en los resultados del agua cruda que se encuentran en el anexo A.

Una de las razones por las que se produce esta mala operación de concheo, es que se piensa por parte de los empleados que como ya todos los tanques plásticos cuentan con el triple lavado es un proceso que muchas veces se pasa por alto, y es ahí donde se origina la alta contaminación del agua de lavado.

Es por esto que se hace necesario considerar el hecho que se debe hacer respetar lo que establece la ley respecto al manejo adecuado de recipientes, que implanta que previo a la entrega de los recipientes plásticos se realice el triple lavado en el sitio donde es reenvasado el producto para evitar que se queden residuos del producto, lo cual es conveniente para el cliente en virtud que él puede aprovechar en su totalidad la sustancia.

La capacidad de almacenamiento de la unidad de recepción es aceptable, debido a que los flujos que se manejan no sobrepasan la capacidad instalada. Además las operaciones de limpieza de los tanques son planificadas en función del número de recipientes que se encuentren en stock.

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

### **5.5. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PRE-TRATAMIENTO**

No existe un sistema de Pre-tratamiento ya que es nula la presencia de sólidos gruesos que se obtienen de la actividad de la limpieza de los recipientes plásticos provenientes del almacenamiento de sustancias agroquímicas. Durante el tiempo de operación de la Unidad de Tratamiento de Aguas Industriales, no ha requerido un sistema de pre-tratamiento para remoción de sólidos gruesos, esto se debe a que los proveedores una vez realizada la labor de re envase transfieren los tanques a los gestores de los recipientes tanto plásticos como metálicos. De acuerdo a lo referido, y a lo observado en la rectificadora, y a los resultados obtenidos, no se considera necesario la presencia de un sistema de pre-tratamiento para remoción de sólidos gruesos.

### **5.6. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PRIMARIO**

En el sistema de tratamiento primario se han determinado las siguientes oportunidades de optimización:

No existe una homogenización adecuada de las aguas almacenadas en la cisterna donde se van recolectando las aguas residuales industriales previo a su tratamiento. Esta falta de homogenización impide obtener una muestra representativa que permita caracterizar con exactitud el agua residual.

No existen equipos, materiales, instrumentos, reactivos de laboratorio, procedimientos de ensayos, área de trabajo y personal técnico especializado para la realización de los análisis químicos mínimos, necesarios, que permitan identificar y cuantificar las sustancias agroquímicas contaminantes que se encuentran presentes. Así como también para determinar el nivel de remoción de la unidad de tratamiento.

El tratamiento primario es realizado sin ningún análisis previo, ya que se desconocen las características físicas-químicas del agua residual industrial a ser tratada. Se ha considerado que la concentración de los contaminantes en el agua es variable por lo que no se puede tratar el agua residual aplicando siempre la misma dosificación de reactivos, los mismos tiempos de reacción, iguales tiempo de sedimentación, lo cual no da la seguridad que la remoción de las sustancias contaminantes haya sido efectiva.

No existe un ensayo preliminar que permita establecer las condiciones de proceso junto con la determinación de la cantidad teóricamente requerida de los insumos.

No existen operadores debidamente entrenados en la maniobra de la Unidad de tratamiento de aguas residuales, todas las actividades que realizan los técnicos operarios, la ejecutan por la experiencia obtenida en la práctica y por su apreciación visual, lo cual como es obvio no permite alcanzar la eficiencia y eficacia esperada.

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

De acuerdo a la tabla podemos apreciar que el consumo durante el tiempo en el que se realizó la evaluación siempre estuvo muy por encima del estándar que fue establecido luego durante el proceso de optimización. Este cuadro confirma el uso enorme de reactivos con relación a lo que realmente se debería usar. En algunos de los reactivos el sobre uso se pudo establecer hasta en un 500 %, especialmente en el sulfato de aluminio y el hipoclorito de sodio.

**Tabla N° 5.2.- Datos de Dosis de las Sustancias Empleadas Previo a la Optimización**

Caudal m <sup>3</sup> /mes	Sustancias empleadas	Dosis Usadas				Dosis Optima gr / lt Agua Residual
		Agosto gr / lt Agua Residual	Septiembre gr / lt Agua Residual	Octubre gr / lt Agua Residual	Noviembre gr / lt Agua Residual	
3	Sulfato de aluminio	15	20	25	16	5
3	Arcilla Activada	14	18	23	15	5
3	Cal+Ca (OH) <sub>2</sub>	9	12	15	10	3
3	Hipoclorito de Sodio – (8.25%)	6ml	8ml	11ml	6 ml	2ml
3	Carbón activado granulado	6	9	10	6	2

**Realizado por: Autor**

## CAPÍTULO VI

### 6. REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La propuesta de tratabilidad de las aguas se llevó a cabo totalmente en las locaciones de una empresa rectificadora de tanques. Para lo cual primero se ha considerado revisar los resultados de caracterización de las aguas residuales de entrada y la tratada cuyos análisis fueron realizados en el laboratorio acreditado de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil y el reporte de resultados se encuentran en el anexo A, y son los siguientes:

#### 6.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL INFLUENTE Y EFLUENTE

Tabla N° 6.1 - Resultados del Análisis Físico-Químico del Influyente y Efluente

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	
		INFLUENTE	EFLUENTE
Potencial de hidrogeno	U de PH	8.2	7.2
Sólidos suspendidos totales	mg/L	124	100
Aceites y grasas	mg/L	60	45
Demanda bioquímica de oxigeno	mg O2/L	1020	958
Demanda química de oxigeno	mg O2/L	6257	5326
Cromo hexavalente	mg/L	253	2.01
Compuestos Organoclorados	mg/L	0.11	0.09
Compuestos organofosforados	mg/L	<0.03	<0.02

Realizada por: Autor

Del análisis de los resultados se concluye que el tratamiento actual no ha sido completo, ciertamente se logra la clarificación del agua residual tratada así mismo se asegura una buena retención de metales pesados, la disminución de la concentración de la DBO<sub>5</sub> de la DQO es diferente. Para obtener una buena calidad del agua residual tratada se ha considerado realizar el siguiente procedimiento para su tratamiento:

## **6.1.1. Trabajo Previo a la Tratabilidad**

### ***6.1.1.1. Verificación de Concheo de Tanques***

Cuando se encuentran residuos en el interior de algún recipiente, este será conchados y sus contenidos serán recolectados en un contenedor pertinente, para luego ser enviados al correspondiente proveedor, con las respectivas guías de remisión, para evitar concentraciones mayores en el enjuague de los recipientes.

### ***6.1.1.2. Lavado Interior de Tanques***

Se enjuagará el interior de cada uno de los tanques, por dos ocasiones, con el agua potable necesaria.

### ***6.1.1.3. Descarga del agua en la piscina N° 1***

Esta agua residual, que provenga del enjuague de cada uno de los tanques, se la dispone manualmente en la piscina N°1 que es donde se almacena toda el agua residual cruda.

A esta piscina se la ha considerado como Piscina de Homogenización/ Sedimentación/ Clarificación.



**Piscina N° 1 de Homogenización, Sedimentación y Clarificación**

### ***6.1.1.4. Lavado Exterior de Tanques***

En el lavadero se realiza este proceso con suficiente agua potable y el agua producto de esta actividad por gravedad es enviada a la piscina N°1.

### 6.1.2. Procedimiento de Tratabilidad

En la piscina N°1 de sedimentación existente, se incorporará un tercer ingrediente que es la ARCILLA ACTIVADA, que tiene las siguientes propiedades:

- Propiedad de adsorción de coloides
- Propiedad de retención de metales pesados

Se ha considerado dosificar los productos que son el Sulfato de aluminio y Cal.

En la piscina N°2 existente, que es de oxidación química, se ha considerado dosificar el Hipoclorito de Sodio concentrado; no se ha observado ningún cambio, pues el hipoclorito de sodio participa en la disminución de la concentración de la DQO y DBO<sub>5</sub>. Se incorpora la instalación de un filtro para retención de sedimentos de 30 micras y una columna de carbón activado granulado de alta eficiencia. El carbón activado granulado a base de carbón, presenta una superficie específica grande, alta fuerza mecánica, regeneración fácil, capacidad de la adsorción, pequeña resistencia de la cama, buena estabilidad química.

El carbón granulado tiene las siguientes propiedades purificadoras de agua: Adsorbe moléculas orgánicas, dando como resultado la disminución de la DQO y DBO<sub>5</sub>, adsorbe coloides, dando como resultado la disminución del color y del mal olor del agua residual tratada.



**Ingredientes Usados en la Tratabilidad**

### 6.1.3. Datos Técnicos de la Unidad de Tratamiento

1. Caudal promedio de trabajo: 3m<sup>3</sup>por mes.
2. Tamaño (volumen) de tanques a lavar: 55 gl.
3. Tamaño (volumen) de piscinas:
  - Piscina N°1: 3.5 m<sup>3</sup>
  - Piscina N°2: 2.7 m<sup>3</sup>
  - Piscina N°3: 2.7 m<sup>3</sup>

### 6.1.4. Datos de las Sustancias Empleadas y la Dosis Seleccionada en la Tratabilidad

Tabla N° 6.2 - Datos de las sustancias y Dosis empleadas

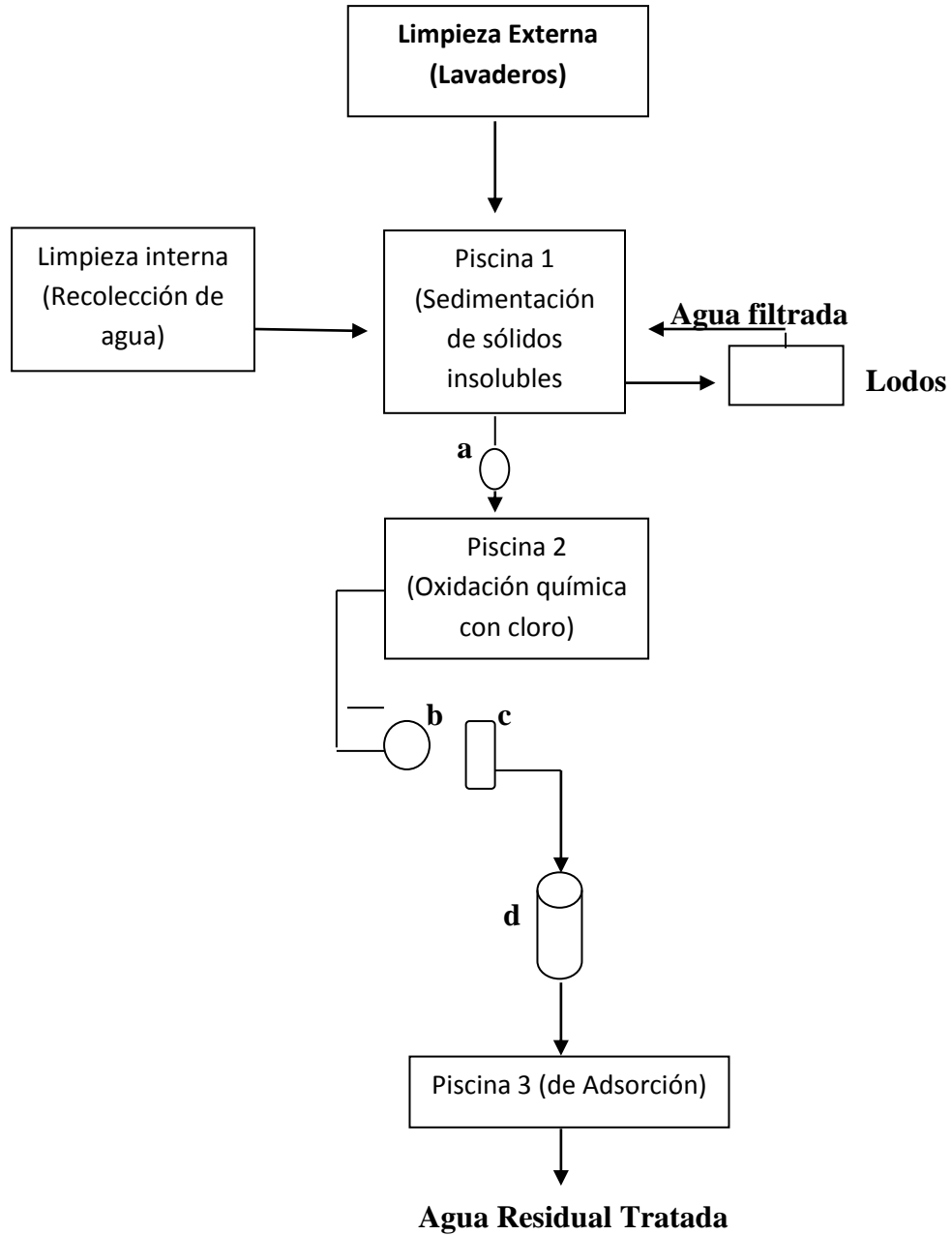
Contaminantes a tratar	Sustancias empleadas	Dosis seleccionadas
pH	Sulfato de aluminio	5 gramos / L agua residual
Metales pesados	Arcilla Activada	5 gramos / L agua residual
Sólidos suspendidos, turbidez	Cal + Ca (OH) <sub>2</sub>	3 gramos / L agua residual
DQO y DBO <sub>5</sub>	Hipoclorito de Sodio – Na Cl (8.25%)	2 ml cloro / L agua residual
DQO – DBO <sub>5</sub> - Color – Olor	Carbón activado granulado	2.0 gramos / L agua residual

**Realizado por: Autor**



### 6.1.5. Diagrama de Flujo de la Planta de Tratamiento del Agua Residual Industrial

Diagrama de flujo de la Tabla 6.1 – Planta de Tratamiento de Agua Residual Industrial



- a) Bomba – Agua Residual Cruda
- b) Bomba – Agua Clarificada
- c) Filtro de Sedimentos
- d) Filtro de Carbón Activado Granulado

Realizado por: Autor

### **6.1.6. Disposición de Lodos**

Para el agua de los lodos generados en el tratamiento se utilizó la ERA que está instalada en la planta de tratamiento de agua residual, junto a la piscina N1, que es una caja de las siguientes dimensiones: 0.81 m x 0.51 m x 0.25 m = 0.01 m<sup>3</sup>, con una pared filtrante vertical de grava y arena de 0.15.7 x 0.51 x 0.22 m = 0.02 m<sup>3</sup>, con la finalidad de dejar escurrir el exceso de agua contenida en el lodo recogido, el espesor del medio filtrante es de alrededor de 19 cm.

El lecho de secado de lodos está a la intemperie para que por la acción del aire los lodos se esparzan de una forma rápida.

En estas condiciones se obtiene un porcentaje de humedad de alrededor del 30%.

Estos Lodos son entregados a la Compañía gestora autorizada, para su correspondiente coprocesamiento térmico.



**Secado de lodos**

## **6.2. SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

Para la optimización del sistema de recolección de las aguas residuales industriales de una rectificadora de tanques, se consideraron las siguientes medidas que permitirán asegurar una adecuada recolección de las aguas residuales.

### **6.2.1. Determinación como Punto Crítico**

Después de conversar con todo el personal de la empresa rectificadora de tanques se llegó a la conclusión que uno de los puntos críticos es el proceso de vaciado de los tanques plásticos, al ser identificado, se establecerán los controles respectivos que permitan asegurar el no paso de residuos de las sustancias agroquímicas al agua durante el proceso de lavado.

### **6.2.2. Charlas de Concienciación de la Importancia del Vaciado de los Residuos**

Se realizaron charlas con el personal para explicar la razón por la que es importante realizar siempre el proceso de vaciado completo de los residuos líquidos que vienen en los tanques plásticos, mostrando la diferencia de la contaminación del agua durante el proceso de lavado. Estas charlas permitieron a todo el personal operativo de la planta rectificadora de tanques observar la diferencia de las aguas con y sin la presencia de residuos agroquímicos.

### **6.2.3. Implantación de Hoja de Registros**

Para afirmar que se realice de manera correcta el procedimiento de vaciado completo de los residuos líquidos de cada uno de los tanques plásticos previo al proceso de limpieza, se implementó una hoja de registro en la cual se detalla el número de tanques conchados, su proveedor, el volumen de líquido recuperado, fecha de realización, nombre del operador que hace la actividad. La ficha de control deberá ser llenada por el operario responsable, revisada por el jefe de la planta y aprobada por el gerente general. El formato respectivo se encuentra en el anexo No B.

#### **6.2.4. Implantación de Hoja de Reingreso de Producto**

Se creó un formato para dejar constancia que se ha retornado el producto agroquímico al respectivo proveedor en el evento que los recipientes plásticos hayan traído residuos en su interior. Este registro deberá ser llenado únicamente en el evento que de positiva la presencia de residuos líquidos en la operación de escurrido total de los tanques. La hoja de control deberá ser llenada por el operario responsable de la operación, revisada por el jefe de la planta y aprobada por el gerente general. Una vez aprobada la hoja de reingreso será enviada al respectivo dueño de la sustancia junto a los residuos líquidos recuperados para que den la respectiva disposición final. Este formato se encuentra en el anexo C.

### **6.3. NUEVO SISTEMA DE PRE-TRATAMIENTO**

En el sistema de pre-tratamiento de la unidad de tratamiento de aguas residuales industriales de una rectificadora de tanques, no se precisó realizar ninguna modificación, tal como se estableció en el diagnóstico y evaluación previa debido a que el agua residual a tratar no contiene residuos sólidos gruesos.

### **6.4. NUEVO SISTEMA DE TRATAMIENTO PRIMARIO**

Para la realización de la optimización de la unidad de tratamiento primario fue preciso realizar modificaciones de acuerdo a lo establecido en la tratabilidad de las aguas residuales, que fueron detalladas en los siguientes ítems:

#### **6.4.1. Entrenamiento y Capacitación en la Operación de la Unidad de Tratamiento**

Para ejecutar la operación de la planta de aguas residuales de manera apropiada es indispensable el entrenamiento y capacitación al personal que opera la estación depuradora, para que una vez que tenga el conocimiento de la importancia pueda hacer el trabajo con mucha responsabilidad para el cuidado del medio ambiente.

Sin el conocimiento no se hace posible una buena operación y los resultados no serían satisfactorios. Este entrenamiento debe ser de manera permanente para que se pueda identificar los errores más comunes durante la operación, determinar el origen de sus causas, establecer medidas que permitan corregir e instituir medidas de control que permitan minimizar los riesgos de repetir las mismas faltas.

Durante el proceso de tratabilidad de las aguas se tuvo la oportunidad de ir entrenando en el campo sobre cada uno de los procesos que se deben de realizar para alcanzar una remoción efectiva de la contaminación. En este entrenamiento práctico se aclararon muchas de las dudas y se estableció la importancia de realizar cada paso con responsabilidad para beneficio del medio ambiente.

#### **6.4.2. Compra de Materiales y Equipos**

Con la finalidad de poder evaluar la calidad del agua que se va a encauzar y determinar las condiciones con que debe ser procesada el agua residual de una rectificadora de tanques, la gerencia general consciente de la importancia aprobó la compra de materiales, equipos, reactivos, instrumentos, equipos de protección personal para poder realizar la caracterización y establecer las dosis más apropiadas para alcanzar la remoción más efectiva usando la cantidad de reactivos teóricamente requeridos y evitar el sobreuso. Además se estableció un área de operaciones para la realización de pruebas, el cual más adelante se lo acondicionara como establece las normas para un mejor desenvolvimiento de las actividades de laboratorio.

#### **6.4.3. Mejora en el Sistema de Homogenización**

Para propiciar una homogenización de las aguas residuales almacenadas en la cisterna No 1, se implementó un sistema de recirculación del agua a través de una bomba centrífuga lo que permitió mantener homogénea la concentración de la solución y de esta forma propiciar una mejor reacción con los insumos químicos adicionados para propiciar una adecuada separación de la contaminación.

#### **6.4.4. Incorporación de Arcilla**

Para la optimización de la sedimentación se incorpora la ARCILLA ACTIVADA, que tiene las siguientes propiedades:

- Propiedad de adsorción de coloides
- Propiedad de retención de metales pesados

#### **6.4.5. Instalación de Filtro de Sedimentos**

En la unidad de tratamiento se incorpora la instalación de un filtro para retención de sedimentos de 30 micras y una columna de carbón activado granulado de alta eficiencia.

El carbón activado granulado a base de carbón, presenta una superficie específica grande, alta fuerza mecánica, regeneración fácil, capacidad de la adsorción, pequeña resistencia de la cama, buena estabilidad química.

El carbón granulado tiene las siguientes propiedades purificadoras de agua:

- Adsorbe moléculas orgánicas, dando como resultado la disminución de la DQO y DBO<sub>5</sub>
- Adsorbe coloides, dando como resultado la disminución del color y del mal olor del agua residual tratada.

Por ahora se instaló un solo filtro, en el futuro se tiene contemplado la incorporación de una nueva unidad de filtración para cuando el filtro No 1 se sature y se deba realizar el mantenimiento respectivo, seguir operando con el filtro No 2.

#### **6.4.6. Instalación de Filtro de Carbón Activado**

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

El carbón granulado tiene las siguientes propiedades purificadoras de agua:

- Adsorbe moléculas orgánicas, dando como resultado la disminución de la DQO y DBO<sub>5</sub>
- Adsorbe coloides, dando como resultado la disminución del color y del mal olor del agua residual tratada.

# CAPÍTULO VII

## 7. RESULTADOS

### 7.1. RESULTADOS INICIALES PREVIO A LA OPTIMIZACIÓN

Los resultados obtenidos previos a la aplicación de las medidas para la optimización de la unidad de tratamiento de las aguas residuales industriales se encuentran en la tabla No 7.1<sup>2</sup>

- ✓ M1: Muestra de agua residual a la entrada de la unidad de tratamiento
- ✓ M2: Muestra de agua residual a la salida de la unidad de tratamiento

**Tabla N° 7.1 - Resultados Iniciales previos a la optimización**

<b>Resultados de análisis de entrada y salida de la Unidad de Tratamiento de Agua Residual de una planta Rectificadora de tanques previo a la optimización</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Concentraciones</b>	
	<b>M1</b>	<b>M2</b>
Potencial de Hidrógeno U de pH	8.2	7.2
Sólidos suspendidos totales mg/L	124	100
Aceites y grasas mg/L	60	45
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L	1020	958
Demanda química de oxígeno mg/L	6257	5326
Cromo hexavalente mg/L	2.53	2.01
Plomo mg/L	1.30	1
Compuestos fenólicos mg/L	1.73	1.11
Compuestos organoclorados totales mg/L	0.11	0.09
Compuestos organofosforados totales mg/L	<0.03	<0.02

**Realizado por: Autor**

<sup>2</sup> Los soportes técnicos de los resultados obtenidos de la tabla N° 7.1 se encuentran en el Anexo A.



## 7.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL VACIADO COMPLETO

La implementación de la operación del vaciado completo en una planta rectificadora de tanques presenta los siguientes resultados en el agua cruda.<sup>3</sup>

- ✓ M1: Muestra sin cumplir el procedimiento de vaciado
- ✓ M2: Muestra cumpliendo el procedimiento de vaciado.

**Tabla No 7.2 - Muestra la Diferencia de los Resultados de Agua cruda con la Implementación del Conchado**

<b>Resultados de análisis de entrada y salida de la Unidad de Tratamiento de Agua Residual de una planta Rectificadora de tanques previo a la optimización</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Concentraciones</b>	
	<b>M1</b>	<b>M2</b>
Potencial de Hidrógeno U de pH	8.2	7.2
Sólidos suspendidos totales mg/L	124	85
Aceites y grasas mg/L	60	25
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L	1020	905
Demanda química de oxígeno mg/L	6257	4534
Cromo hexavalente mg/L	2.53	1.01
Plomo mg/L	1.30	0.8
Compuestos fenólicos mg/L	1.73	1.05
Compuestos organoclorados totales mg/L	0.11	0.08
Compuestos organofosforados totales mg/L	<0.03	<0.02

**Elaborado por Autor**

<sup>3</sup> Los análisis realizados de los resultados de la tabla N° 7.2 se encuentran en el Anexo A.

### 7.3. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TRATABILIDAD

Los resultados de la prueba de tratabilidad obtenidas de las aguas residuales industriales de una planta rectificadora de tanques son:

- Resultados de sustancias empleadas con la dosis usada para la prueba piloto.
- Resultados del agua residual de entrada y la salida del agua tratada.
- Resultados comparativos entre el agua residual de entrada, el agua con el tratamiento anterior y el agua con el tratamiento propuesto.

#### 7.3.1. Resultados de Sustancias Empleadas con la Respectiva Dosis

Los resultados de las sustancias empleadas con la respectiva dosis seleccionada para tratar el agua residual industrial en una planta rectificadora de tanques, con la finalidad de disminuir el nivel de contaminación son los que a continuación se presentan:

**Tabla No 7.3 - Tabla de las sustancias empleadas con la dosis empleada.**

Contaminantes a tratar	Sustancias empleadas	Dosis seleccionadas
pH	Sulfato de aluminio	5 gramos / L agua residual
Metales pesados	Arcilla Activada	5 gramos / L agua residual
Sólidos suspendidos, turbidez	Cal + Ca (OH) <sub>2</sub>	3 gramos / L agua residual
DQO y DBO <sub>5</sub>	Hipoclorito de Sodio – Na Cl (8.25%)	2 ml cloro / L agua residual
DQO – DBO <sub>5</sub> - Color – Olor	Carbón activado granulado	2.0 gramos / L agua residual

**Realizado por: Autor**

### 7.3.2. Resultados de los Análisis del agua de Entrada y Salida de la Unidad de Tratamiento con el Nuevo Sistema Propuesto.

Los resultados obtenidos de la calidad de agua con el nuevo sistema fueron evaluados en los laboratorios de Aguas, Petróleo y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil y sus reportes se encuentran en el anexo A, cuyos resultados se los presenta en la siguiente tabla:

**Tabla N° 7.4 - Resultado de Análisis de Agua de Entrada y Salida**

<b>Resultados de análisis de entrada y salida de la Unidad de Tratamiento de Agua Residual de una planta Rectificadora de tanques luego de la optimización</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Concentraciones</b>	
	<b>M1</b>	<b>Efluente tratado final</b>
Potencial de Hidrógeno U de pH	8.2	7
Sólidos suspendidos totales mg/L	124	2
Aceites y grasas mg/L	60	0.20
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L	1020	93
Demanda química de Oxígeno mg/L	6257	241
Cromo hexavalente mg/L	2.53	0.017
Plomo mg/L	1.30	0.30
Compuestos fenólicos mg/L	1.73	0.12
Compuestos organoclorados totales mg/L	0.11	0.02
Compuestos organofosforados totales mg/L	<0.03	<0.02

**Realizado por: Autor**

### 7.3.3. Resultados Comparativos del Agua de Entrada y las Aguas Tratadas con el Anterior Sistema y el Sistema Propuesto.

Los resultados de la caracterización del agua tratada a nivel del programa piloto se los confrontó con las características del agua residual cruda y la tratada con Cal – Sulfato de Aluminio y Cloro, en la siguiente tabla de acuerdo a lo establecido en el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, del Libro VI, Anexo 1 De la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua,

de la Tabla N° 12 que corresponde a los límites máximos permisibles de un cuerpo de agua dulce:

M – 1: Efluente crudo

M – 2: Muestra Tratada con Cal-Sulfato de Aluminio y Cloro (Procedimiento anterior)

M – 3: Muestra Tratada (Procedimiento nuevo) con Cal-Sulfato de Aluminio-Arcilla activada-Cloro-Filtro de sedimentos-Filtro de Carbón Activado.

**Tabla No 7.5 - Resultados de la Prueba de Tratabilidad**

<b>RESULTADOS COMPARATIVOS DEL AGUA DE ENTRADA Y LAS AGUAS TRATADAS</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Concentraciones</b>			
	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>Límite máximo permitido (DMA)</b>
Potencial de Hidrógeno U de pH	8.2	7.2	7	5 – 9
Sólidos suspendidos totales mg/L	124	100	2	100
Aceites y grasas	60	45	0.20	0.3
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L	1020	958	93	100
Demanda química de oxígeno mg/L	6257	5326	241	250
Cromo hexavalente mg/L	2.53	2.01	0.017	<0.5
Plomo	1.3	1	0.30	0.5
Compuestos fenólicos	1.73	1.11	0.12	0.2
Compuesto organoclorados mg/L	0.11	0.09	0.02	0.05
Compuestos organofosforados mg/L	<0.03	<0.02	<0.02	0.1

**Realizado por: Autor**

## **CAPÍTULO VIII**

### **8. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **8.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS INICIALES PREVIO A LA OPTIMIZACIÓN**

Los análisis de laboratorio fueron realizados en la Unidad de Control de Calidad de los Laboratorios de Aguas Petróleo y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil, que tiene la acreditación otorgada por el Organismo de Acreditación del Ecuador, lo cual asegura que las pruebas fueron realizadas respetando las normas de ensayo establecidas para análisis de aguas residuales.

Los resultados evidencian que el porcentaje de remoción es mínimo, lo cual demuestra que existe la posibilidad de mejora de la unidad de tratamiento. Es por esto que tan solo los sólidos suspendidos y el pH se encuentran dentro del rango máximo permisible, es decir, la descarga de aguas residuales de una planta rectificadora de tanques, cumplía con tan solo dos parámetros con lo establecido en el Texto de Legislación Ambiental, Libro VI De la Calidad Ambiental, DE -3516, RO-E2; 31 de marzo de 2003, tabla No 12.

#### **8.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS LUEGO DE LA APLICACIÓN DEL VACIADO COMPLETO**

De acuerdo con los resultados obtenidos luego de la aplicación de la medida del escurrido total de los recipientes plásticos se hizo evidente la disminución de la carga contaminante en el agua cruda en todos sus parámetros, sin realizar ningún tratamiento en la estación depuradora. Además la foto del anexo E demuestra la diferencia de carga.

Estos resultados de análisis permiten establecer que la medida del escurrido es necesaria para minimizar de manera notable la contaminación que se estaba produciendo en el agua de lavado de los tanques por los residuos de productos agroquímicos al no escurrirlos.

# CAPÍTULO IX

## 9. ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIÓN

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

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

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

### 9.1. MEDICIÓN DE CAUDAL.

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

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

Este paso se facilita debido a que toda el agua residual producida es recogida en la piscina No 1, de manera que el agua es tratada una vez se tenga la carga requerida para iniciar el proceso del agua. Normalmente en la planta hasta el momento solo se han tratado tres metros cúbicos de agua residual por mes. De manera que el caudal ha permanecido constante. Esto hace que las operaciones se las haga por paradas lo que facilita la caracterización y la homogenización del agua a ser tratada y por consiguiente se facilita el control de la medición de caudal, en virtud que se tiene identificado el punto en la cisterna en el cual marcan los tres metros cúbicos.

De acuerdo a la cantidad de agua se sabrán los consumos de las sustancias y el tiempo que se llevará realizar el proceso. De manera que al ser el caudal casi permanente, esta medición está controlada, se comunicó a los trabajadores importancia de siempre operar con el caudal pre-establecido, en caso de no alcanzar el nivel de caudal mínimo, se almacena el agua producto de las actividades de la limpieza de los tanques hasta completar el nivel referido, generalmente al final de cada mes se obtiene el nivel deseado y se procede con la operación de tratamiento. Por lo que la medición del flujo no demanda de mayor esfuerzo para el personal.



**Medición de caudal**

## **9.2. ENSAYO DE TEST DE JARRA**

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

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

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

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

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

El aparato de Test de Jarra fue desarrollado entre 1918 y 1921 por Langelier y Baylis, separadamente. Consta básicamente de un agitador múltiple de velocidad variable que puede crear turbulencia simultáneamente en 6 vasos de precipitación de 2000 ml. y una lámpara de iluminación.



### 9.2.1. Turbidímetro

La medición de turbiedad del agua después de floculada y sedimentada durante un cierto tiempo (turbiedad residual) suele considerarse como el parámetro más importante para caracterizar el proceso. Puede hacerse con un turbidímetro de transmisión como el Hellige o con uno de sedimentación como el Hach o el Fisher. Cuando se trata de evaluar pequeños valores de turbiedad es preferible el uso de turbidímetros de diseminación, por ser más precisos y no depender del criterio del observador. (Jorge Arboleda Valencia, Teoría y Práctica de la Purificación del Agua, Tercera Edición Tomo 1, Mc. Graw Hill, Bogotá. 2000, 362 p.)

Los métodos normales de los Estados Unidos recomiendan registrar la turbiedad, redondeando las cifras, como se indica a continuación:

**Tabla N° 9.1 - Valores e intervalos de Turbidímetro**

<b>Turbiedad (UNT)</b>	<b>Utilizar intervalos de:</b>
0-10	0.05
1-10	0.1
10-40	1.0
40-100	5
100-400	10
400-1000	50
1000	100

**Realizado por: Autor**

En la actualidad, para medir la turbiedad del agua se han establecido las unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT) que se correlacionan con las Unidades Jackson (UJ) utilizadas anteriormente.

### 9.2.2. Comparador de Color

Con frecuencia existe más interés en tratar de remover el color que la turbiedad. En estos casos la medición del color residual del agua después de floculada y sedimentada puede servir para caracterizar el ensayo. El color puede medirse mediante comparación con el método del platino – cobalto o con equipos especiales, como el Aquatester, y se expresa en unidades de color.

Las cifras se redondean de acuerdo con los Métodos Normales así:

**Tabla N° 9.2- Unidades de color**

<b>Color</b>	<b>Utilizar intervalos de:</b>
1-50	1
51-100	5
101-250	10
251-500	20

**Realizado por: Autor**

### 9.2.3. Medidor de pH

La medición de pH antes y después de la floculación tiene una importancia básica. Por tanto, debe disponerse siempre de un sistema de medida del pH, ya sea por colorimetría o con electrodos. Este último es preferible porque es el único método que puede medir pequeñas variaciones.

### 9.2.4. Cristalería

Se necesitan 6 vasos de precipitado (jarras), preferentemente de 2000 ml c/u, aunque también pueden usarse de 1000 ml. De uso más cómodo son los vasos cuadrados de acrílicos de 1000 ml. Hacer el ensayo con un mayor volumen de agua facilita la toma de muestras para la turbiedad residual y producen mejores resultados. Debe disponerse, además, de pipetas Mohr de 2 y 10 ml. para la adición de coagulantes a los vasos, 6

frascos de vidrio de 120 ml. con sus tapas y dos buretas con su respectivo soporte para poder efectuar determinaciones de alcalinidad. (Jorge Arboleda Valencia, Teoría y Práctica de la Purificación del Agua, Tercera Edición Tomo 1, Mc. Graw Hill, Bogotá. 2000, 362 p.)

Especial cuidado debe ponerse en la limpieza de la cristalería. Hay que evitar el uso de detergentes ya que muchos contienen compuestos aniónicos que si no son completamente eliminados de las paredes de vidrio pueden alterar en forma significativa los resultados, principalmente cuando se usan polímeros catiónicos.

### 9.2.5. Reactivos

El reactivo principal es la solución de sulfato de aluminio, o cloruro o sulfato férrico. Se prepara agregando agua destilada a 100 gr de coagulante hasta completar un volumen de 100 ml, con lo que se obtiene una solución del 10% que se puede conservar como solución patrón por uno o dos o tres meses. El ensayo de Test de Jarras se hace diluyendo 10 ml de la solución patrón hasta completar 100 ml con agua destilada. Queda una solución al 1% que no se puede conservar por más de 24 horas pues corre el riesgo de hidrolizarse y perder buena parte de su capacidad de coagulación.



**Reactivos Usados**

### 9.2.6. Termómetro

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

Se deben preparar soluciones madres de los coagulantes, coadyuvantes coagulantes y otros reactivos químicos a concentraciones tales que las cantidades adecuadas para utilizarse en las pruebas de coagulación se puedan medir exacta y convenientemente.

**Tabla N° 9.3- Soluciones Químicas**

<b>Reactivo químico</b>	<b>Concentración de la solución madre</b>	<b>Vida</b>	<b>1mg/lit de agua equivalente a</b>
Sulfato de aluminio	1%	1 mes	10 mg/lit
Cloruro férrico	1%	2 meses	10 mg/lit
Cal	1%	1 mes	10 mg/lit
Polielectrolito	0.05%	1 semana	0.5 mg/lit
Ácido sulfúrico	0.1N	3 meses	4.9 mg/lit

**Realizado por: Autor**

- a) Las suspensiones de cal se deben mezclar agitándose cada vez que se utilicen.
- b) Las soluciones de Polielectrolito se deben utilizar de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes.

### **9.3. PROCEDIMIENTO DEL TEST DE JARRA PARA EL TRATAMIENTO DE COAGULACIÓN**

El procedimiento para llevar a cabo la prueba es:

1. Determinar la temperatura del agua cruda, el color, la turbiedad, el pH y la alcalinidad. También el hierro o el manganeso si son significativos.
2. Añadir los coagulantes al agua en dosis progresivas en cada vaso de precipitado en cualquiera de las tres formas siguientes:
  - Se coloca el agua de la muestra en las 6 jarras, las cuales se introducen debajo de los agitadores, los cuales se ponen a funcionar a 100 rpm. Luego, se inyecta el coagulante con una pipeta de 2 a 10 ml, profundamente dentro del líquido junto a la paleta. No debe dejarse caer la solución del coagulante en la superficie del agua, pues esto desmejora la eficiencia de la mezcla rápida. El tiempo de mezclado suele ser entre 30 y 60 segundos. El uso de pipetas puede producir errores en la dosificación, en más o menos, cuando no se hace con mucho cuidado.
  - Por medio de una pipeta o bureta se colocan las cantidades de coagulantes que se van a agregar, en seis vasos pequeños de precipitado. El contenido de cada vaso se succiona con una jeringa médica provista de su aguja hipodérmica. Se retira dicha aguja de la jeringa y esta última, con su dosis completa, se pone junto a la jarra correspondiente. Se hacen girar las paletas del aparato a 100 rpm y se inyecta el contenido de cada jeringa en la jarra que le corresponde, cuidando que la solución penetre profundamente para que la dispersión sea más rápida.
  - Se pone previamente en las jarras la dosis de coagulantes requeridas y se vierte rápidamente el agua de la muestra en los mismos, mientras se hacen girar las paletas a 100 rpm. Esto produce una mezcla completísima, muy semejante a la que se obtiene en un salto hidráulico. Una vez hecha la mezcla rápida se disminuye la velocidad de rotación de las paletas a 30 – 60 rpm (promedio de 40 rpm) y se deja flocular el agua durante 15 – 30 min, o durante el tiempo teórico de detención que exista en la planta de

tratamiento. Luego se suspende la agitación, se extraen las paletas y se deja sedimentar el agua.

Los sistemas anteriores tienen la desventaja de que la inyección de coagulante no es simultánea y si se quieren tomar muestras en determinado momento, después de iniciada la coagulación, se comete un error en tiempo pues las paletas solo se pueden detener simultáneamente en la mayoría de los equipos.

Una vez mezclados los coagulantes con el agua se pueden hacer las determinaciones de tipo cualitativo tales como evaluación del tamaño del floc producido o tiempo inicial de formación del floc; y determinaciones cuantitativas como:

- a. Determinaciones físicas
- b. Determinaciones químicas

## **DETERMINACIONES CUALITATIVAS**

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

**Tabla N° 9.4- Índice de Floculación de Willcomb**

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

**Realizado por: Autor**

- b. Tiempo inicial de formación del floc.-** Determinar, en segundos, el tiempo que tarda en aparecer el primer inicio de formación de floc, es uno de los sistemas para calificar la velocidad de la reacción. La iluminación de la base del agitador ayuda en esta determinación. Ni aun así suele ser fácil, pues el floc recién formado suele ser incoloro. Por otra parte, el floc que se forma más rápidamente no necesariamente es el mejor.

En esta evaluación debe tenerse en cuenta la diferencia de tiempo con que se agregaron los coagulantes a los vasos de precipitado. Si no se dispone de un sistema de aplicación simultánea que vierta la solución en las 6 jarras casi al mismo tiempo, el coagulante tiene que agregarse con intervalos de 10 a 30 segundos con cada vaso y debe marcarse en los mismos, con lápiz de cera el tiempo de aplicación en la forma siguiente:  $t=0$ (para el vaso N°1);  $t=10$  seg. (para el vaso N° 2);  $t=20$  (para el vaso N°3). El tiempo de aparición de la

primera jarra, hasta que se note el primer indicio de floc, menos el tiempo que tardó en hacerse la aplicación a la jarra considerada. Cuando se usa jeringas hipodérmicas y se utilizan de dos en dos, la inyección puede considerarse prácticamente como simultánea.

## **DETERMINACIONES CUANTITATIVAS**

- a. Determinaciones Físico – Químicas.-** Para poder realizar las determinaciones físico – químicas se deben extraer muestras del sobrenadante después de un período de decantación no inferior a 10 minutos para medirle la turbiedad residual con un turbidímetro nefelométrico tipo Hach o Fischer, a fin de hacer una exacta evaluación de la remoción de partículas que se obtuvo durante la sedimentación, la cual se puede considerar que está en función directa de la eficiencia de la aglutinación. La muestra extraída puede usarse también para hacer otras determinaciones tales como color, alcalinidad y pH.

Existen tres sistemas para tomar éstas muestras en las jarras:

1. El uso de pipetas volumétrico graduadas.
  2. El uso de sifones, ya sea sifón fijo o flotante.
  3. El uso de celdas plásticas cuadradas tipo Hudson.
- 
1. El sistema tradicional de tomar muestras residuales es el de utilizar una pipeta volumétrica de 50 ml la cual debe señalarse con un marcador a cinco centímetros de la punta, a fin de poder extraer la muestra siempre a la misma profundidad. Sin embargo, este sistema tiene el inconveniente de que el ángulo con el cual se introduce la pipeta dentro del líquido puede variar, con lo cual cambia también la profundidad a la cual se toma la muestra y que además durante el proceso de introducción de la pipeta dentro del agua se pueden generar turbulencias que alteran los resultados.



2. Los sifones se usan con vaso de precipitado ya sea una turbulencia adicional que puede aumentar los gradientes de velocidad y se necesitaría calibrar las jarras para obtener el módulo de Camp para cada velocidad de rotación de las paletas. Las calibraciones de los vasos de precipitado que aparecen en los libros y manuales están hechos para condiciones específicas que no pueden alterarse. Por eso, se han utilizado sifones flotantes de icopor que deben ponerse en las jarras tan pronto como se suspende la agitación en ellas. Estos sifones, si bien dan resultados bastante aceptables y con ellos se han realizado algunas de las pruebas de laboratorio, tienen la desventaja de que son difíciles de construir para que operen adecuadamente pues tienen la tendencia a girar dentro del vaso de precipitado y a producir durante el proceso de extracción de la muestra agitaciones por movimientos del sifón.
3. Por tal motivo, Hudson y Wagner desarrollaron una celda hecha en acrílico de sección rectangular, con dimensiones de 11.5 x 11.5 x 21.0 centímetros y 2 litros de capacidad, que tiene un tubo de cobre de 3/16" situado a 10 centímetros por debajo del nivel del agua.

En este orificio va colocado un tapón perforado por el cual pasa una manguera de látex de 3/16".

Para regularizar la velocidad de extracción de la muestra en todas las celdas, se les pone a la salida de las mangueras de látex, un pequeño tramo de tubo de vidrio con su extremo cerrado por soplete que deje un orificio del mismo diámetro en todos ellos. Se consigue así que la tasa de extracción de la muestra sea uniforme en todas, a razón de 100 cm/min, aún con la pinza abierta completamente.

Tan pronto como se suspende la agitación en las jarras, se coloca el disco flotante A en ellas, se imprima el sifón B con la jeringa D y se pone el tapón C en el extremo de la manguera B.

Preparado así el equipo, cada vez que se quieren tomar muestras, se abre la pinza C de la manguera B y se recolecta el agua en el recipiente E. Obtenida la cantidad necesaria, se cierra C. De esta manera, pueden tomarse muestras consecutivas.

Para que este tipo de ensayo sea válido es conveniente observar las siguientes precauciones:

- Se debe extraer el agua a una rata constante, siempre la misma para todos los ensayos, por cuanto la velocidad de salida, mayor cantidad de floc es succionado. Los dispositivos descritos tienen en cuenta esto, principalmente.
- La muestra debe tomarse a una profundidad constante de 10 centímetros.
- Debe buscarse el ensayo, para evitar una modificación sustancial del volumen analizado. Esto limita a un máximo de 400 ml las muestras que se pueden obtener de una jarra de 2000 ml, lo que produciría una reducción del 20% del volumen.
- La temperatura debe ser la misma en todas las jarras durante el tiempo que dure el experimento e igual a la del agua en la planta.

#### **9.4. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO**

El conocimiento de la operación de la unidad de tratamiento es muy importante, en virtud que permitirá actuar adecuadamente y se podrá minimizar los errores durante la operación. La operación de la unidad de tratamiento será realizada considerando los siguientes aspectos:

Medición del volumen de agua a tratar.

Caracterizar el agua para determinar su concentración en carga contaminante.

Realizar el ensayo de test de jarras para establecer el valor óptimo requerido de los reactivos para propiciar la separación.

En la piscina N°1, que es de sedimentación, se incorpora la ARCILLA ACTIVADA, que tiene las siguientes propiedades:

- Propiedad de adsorción de coloides
- Propiedad de retención de metales pesados

Seguimos dosificando los productos que son el Sulfato de Aluminio y Cal.

En la piscina N°2, que es de oxidación química, seguimos dosificando el Hipoclorito de Sodio concentrado; no se realizará ningún cambio, pues el hipoclorito de sodio participa en la disminución de la concentración de la DQO y DBO<sub>5</sub>

Pasa el agua por un filtro para retención de sedimentos de 30 micras y una columna de carbón activado granulado de alta eficiencia.

El carbón granulado tiene las siguientes propiedades purificadoras de agua:

- Adsorbe moléculas orgánicas, dando como resultado la disminución de la DQO y DBO<sub>5</sub>

Finalmente el agua para ser descargada, deberá esperar los resultados de laboratorio emitido por un laboratorio acreditado externo.

## 9.5. PARÁMETROS DE DESCARGA DE LAS AGUAS RESIDUALES

El análisis que se realiza a las aguas residuales están establecidos por los parámetros de la tabla No 12, Limite de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, que se citan en el Libro VI Anexo 1 de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua del texto unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente.

**Tabla N° 9.5- Parámetros de descarga de aguas residuales**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	100
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	250
Compuestos Organoclorados totales	Concentración de Organoclorados totales	mg/l	0.05
Compuestos Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0.1
Potencial de hidrógeno	ph	mg/l	5-9
Sólidos suspendidos totales	-----	mg/l	1600
Temperatura	°C	mg/l	< 35

**Realizado por: Autor**

Estos valores considerados como límites máximos permisibles por la Legislación Ambiental Ecuatoriana exigen a las industrias que generan aguas residuales dependiendo de su ubicación y actividad aplicando tecnologías más limpia, a diseñar procesos que minimicen los riesgos de contaminación, a reducir la cantidad de agroquímicos presentes en el agua residual, manejar con conciencia ambiental y social el agua residual. Gracias a esta normativa se está identificando el sector industrial que cumple de manera efectiva con la remoción de la contaminación que contienen las aguas residuales de la ciudad de Guayaquil.

### 9.6. CRONOGRAMA DE ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIÓN

El cronograma de entrenamiento y capacitación está establecido para que se desarrolle de manera anual en los temas indicados en el cronograma del cuadro No 9.1

**Cuadro No 9.1- Cronograma de Entrenamiento al Personal de la Planta**

TEMAS	JULIO 2014	AGOSTO 2014	SEPTIEMBRE 2014	OCTUBRE 2014	NOVIEMBRE 2014	DICIEMBRE 2014
Importancia de la Unidad de tratamiento						
Definiciones y conceptos						
Medición de flujos						
Ensayos de test de jarras						
Procedimientos de operación de la unidad.						
Evaluar los resultados de laboratorio.						

**Realizado por: Autor**

# CAPÍTULO X

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 10.1. CONCLUSIONES

- Se ha verificado la ausencia total de los equipos y materiales de laboratorio, al igual que un área específica para realizar los ensayos requeridos de laboratorio que permitan visualizar las características físico/químicas tanto del agua cruda como del agua tratada, lo que impide tener una claridad del proceso a realizar y menos aún determinar si los resultados obtenidos están enmarcados en lo que establece la normativa ambiental.
- Se ha comprobado la presencia mínima de registros que evidencien la operación de la unidad de tratamiento.
- No existe un manual de operaciones que precisen el objetivo, alcance, las responsabilidades, los procedimientos, variables de control críticas, ensayos a realizar y registros que se precisan llevar.
- El desarrollo del presente proyecto ha permitido identificar que la causa más significativa por la que las aguas residuales de las plantas rectificadoras de tanques presentaba una alta carga contaminante es la contaminación que sufrían las aguas de lavado al momento de entrar en contacto con los residuos de las sustancias químicas que no eran bien conchadas.
- Se ha podido comprobar mediante resultados de laboratorio que la medida establecida para la recepción de los tanques previo a la limpieza de los mismos ha demostrado ser eficaz en virtud que la carga contaminante ha disminuido de manera significativa.

- La prueba de tratabilidad ha permitido diferenciar los resultados obtenidos entre el método anterior y la nueva propuesta para el tratamiento de las aguas residuales industriales lo que ha permitido precisar que la nueva propuesta es más conveniente en función de los resultados obtenidos con las aguas residuales tratadas, durante las pruebas realizadas.
- Durante el tiempo de realización de las pruebas en la planta se pudo comprobar la deficiencia en el conocimiento de: conceptos, definiciones, análisis requeridos de laboratorio, ensayos de test de jarras, concentración, dosificación y función de los reactivos requeridos para el proceso de depuración, normativa de descarga, importancia del uso correcto de equipos de protección personal, tiempos de residencia, procedimientos de operación, importancia de la actuación con responsabilidad social; tanto del personal que opera y administra la unidad de tratamiento.
- Durante la implementación de los nuevos procedimientos, se aprovechó para dar un entrenamiento práctico al personal operativo y administrativo de la empresa, con la finalidad de que se evidencie la importancia de implementar el programa de entrenamiento y capacitación para el buen manejo de la unidad de tratamiento de aguas residuales.
- Para alcanzar a cumplir con lo que establece la normativa ambiental vigente, no fue necesario modificar la estructura física existente, solo fue necesario la incorporación de la unidad de filtración y de la bomba de recirculación para alcanzar los resultados esperados.
- Los análisis de laboratorio que evidencian los buenos resultados obtenidos mediante el nuevo procedimiento de depuración de las aguas residuales industriales fueron realizados por el laboratorio Productos y Servicios Industriales C. Ltda. (PSI), ente acreditado por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano, (OAE).

- Para la elaboración del Informe de Resultados de los análisis de aguas residuales, el laboratorio acreditado, a través, de su propio personal participo desde el proceso de la toma de muestra, realización de ensayos, elaboración de reporte y entrega de resultados. De esta forma se asegura que no exista ninguna interferencia para asegurar la confiabilidad de los resultados obtenidos.
- El aporte científico realizado en este proyecto es la identificación de las causas que originaban la baja eficiencia en la remoción de la contaminación de la unidad de tratamiento de una rectificadora de tanques, por lo que una vez determinados los causales se alcanza la optimización de la unidad de depuración, lo cual queda demostrado con los resultados emitidos por el Laboratorio acreditado.
- El entrenamiento y capacitación dado a los operadores y al responsable técnico de la unidad de tratamiento de aguas residuales durante el tiempo de investigación, representa un aporte científico del presente proyecto.
- El aporte tecnológico realizado en este proyecto es la selección, la instalación y puesta en marcha de los equipos apropiados para mejorar la eficiencia de remoción.
- La identificación de los puntos críticos del proceso para realizar los cambios respectivos, así como el establecimiento de normas y mecanismos que minimicen los riesgos potenciales de contaminación, constituye otro de los aportes tecnológicos.



## 10.2. RECOMENDACIONES

- Con la finalidad de mantener una óptima operación de la Unidad de la Unidad de Tratamiento de aguas residuales industriales, es necesario realizar el entrenamiento y capacitación programado, para que el personal tenga la oportunidad de refrescar los conocimientos mínimos requeridos para una buena operación de la unidad y que además tenga pleno conocimiento para minimizar los posibles errores que por desconocimiento se puedan producir y elevar el grado de conciencia del personal.
- Mantener un control especial sobre la operación de recepción de los tanques para comprobar que se ha realizado correctamente el vaciado de la sustancia, previo al proceso de lavado para evitar el paso de la misma al agua de limpieza, lo que trae como consecuencia el incremento de la carga contaminante.
- Asegurarse de operar cuando se haya cumplido con el caudal establecido, esto es de tres metros cúbicos para aprovechar al máximo la capacidad instalada.
- Se recomienda comprar un equipo HACH de laboratorio de campo, así como también dotar de los materiales y equipos mínimo de laboratorio, acondicionar un área específica, para poder realizar los ensayos preliminares que permitan tener una visualización del agua que va a ser tratada así como también para poder predeterminar la calidad del agua procesada y de esta manera poder tomar la debida acción correctiva, previo al envío al laboratorio externo para su comprobación final.
- Se recomienda la implementación de un manual de operaciones que esté al alcance de todo el personal que sirva de guía para que puedan desarrollar de manera adecuada la operación de la unidad de tratamiento y a la vez que permita tomar acciones correctivas de manera inmediata recurriendo a lo que está establecido en el manual.

## GLOSARIO

- **BARROTES:** barra gruesa y fuerte normalmente de hierro o de madera que sirve para afianzar o reforzar una cosa
- **TAMICES:** plural de tamiz, cedazo muy tupido
- **MICRA:** unidad de longitud equivalente a la millonésima parte del metro
- **DESBASTES:** plural de desbaste, Quitar las partes más duras o ásperas de un material que se va a trabajar
- **ELECTROLITO:** Cuerpo que en estado líquido o en disolución que puede ser descompuesto por una corriente eléctrica
- **IÓN:** Átomo o grupo de átomos que, por haber cedido o ganado electrones, presentan carga eléctrica
- **COLOIDE:** Estado de la materia en el que un sólido o un líquido está disperso en otro
- **DESHIDRATACIÓN:** Pérdida o extracción del agua que contiene un cuerpo o un organismo
- **ERA:** cubeta o espacio físico en la que se retienen los lodos para la eliminación de la humedad
- **COLOR:** Impresión que los rayos de luz reflejados por un cuerpo producen en la retina del ojo

- **OLOR:** Impresión que producen en el olfato las emanaciones que despiden los cuerpos.
- **FLOC:** Un pequeño agregado de material floculento
- **PIPETA:** Tubo de vidrio, aforado o graduado, que se utiliza para dar salida a determinada cantidad del líquido que se ha hecho entrar en él por aspiración
- **RECTIFICADORA:** Proceso o herramienta que se usa para hacer el rectificado de una pieza metálica tras las operaciones de afinado, pulido y acabado de superficies metálicas que exigen un grado elevado de precisión
- **DESARENADO:** proceso de retención de la arena que traen las aguas se o las aguas superficiales a fin de evitar que ingresen, al canal de aducción, a la central hidroeléctrica o al proceso de tratamiento y lo obstaculicen creando serios problemas
- **DESENGRASADO:** Participio masculino singular del verbo "desengrasar", sin grasa
- **OXIDANTE:** Que oxida o sirve para oxidar
- **BREAKPOINT:** es el punto de interrupción, punto de quiebre o parada Dinámica
- **TURBIDEZ:** Calidad de turbido o turbio
- **BURETA:** Tubo graduado de vidrio de diámetro grande y uniforme, uno de cuyos extremos se puede cerrar con una goma o llave.

- **ÍTEM:** Unidad de un conjunto; especialmente, artículo de un catálogo o de una lista.
- **LODOS:** Mezcla de tierra y agua, especialmente la que resulta de las lluvias en el suelo
- **PISCINAS:** Estanque destinado al baño, a la natación o a otros ejercicios y deportes acuáticos. Estanque para peces u otros acuáticos.

## NOMENCLATURA

- **OAE** : Organismo de Acreditación Ecuatoriana
- **PSI C. Ltda.:** Productos y Servicios Industriales Compañía Limitada.
- **Cía. Gadere:** Compañía Gadere, gestora de residuos peligrosos.
- **EDAR:** Estación depuradora de aguas residuales
- **MA:** Ministerio del Ambiente
- **AAAr:** Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable
- **DBO<sub>5</sub>:**Demanda Biológica de Oxígeno
- **DQO:** Demanda Química de Oxígeno
- **rpm:** Revoluciones por minuto
- **m<sup>3</sup> :** Metros cúbicos
- **mg/L:** Miligramos/Litro
- **UNT:** Unidades Nefelométricas de Turbiedad
- **UJ:** Unidades Jackson
- **°C:** Grados centígrados
- **cm:** Centímetro

- **pH** : Potencial de hidrógeno
- **mm**: Milímetros
- **ml**: Mililitros
- **gl**: Galón
- **g**: gramo
- **Kg**: Kilogramo
- **min.**: Minuto
- **seg.**: Segundo
- **%** : Porcentaje
- **N**: Normal. Concentración de la solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- **Ba**: Bario
- **Ca**: Calcio
- **Mg**: Magnesio
- **Na**: Sodio
- **Fe**: Hierro

- **Al**: Aluminio
- **Cl<sup>-</sup>** : Ión Cloruro
- **(SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup>**: Radical Sulfato
- **(PO<sub>4</sub>)<sup>-3</sup>**: Radical Fosfato
- **OH<sup>-</sup>** : Ión Oxidrilo
- **H<sup>+</sup>** : Ión Hidronio

## BIBLIOGRAFÍA

1. ARBOLEDA, J. “Teoría y práctica de la purificación del agua”. 3ª edición. Editorial Nomos S.A., Colombia, 2000. 361 pp.
2. BORGES, C. “Determinación de parámetros de diseño de un tratamiento físico químico de aguas residuales”. Yucatán, 1996. 456 pp.
3. CONESA, V. “Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental”. 4ta edición. Editorial Mundi Prensa. Madrid, Barcelona, 2010. 864 pp.
4. CORREAL, R. “Tratamientos y postratamientos de aguas residuales”. Editorial Uniboyacá. Tunja - Boyacá, 2010. 320 pp.
5. MARTÍNEZ, E. “Texto unificado de legislación ambiental secundaria”. Editorial Corporación de estudios y publicaciones. Guayaquil, 2002. 240 pp.
6. METCALF&EDDY. “Ingeniería sanitaria, evacuación y reutilización de aguas residuales”. Editorial Mc Graw Hill. New York, 1996. 449 pp.
7. PAZMIÑO, I. “Investigación científica, metodología y diseño de proyectos”. Editorial Diseñartu. Guayaquil, 2002. 123 pp.
8. RAMALHO, R. “Tratamiento de aguas residuales”. Edición revisada versión español. Editorial Reverté, SA. Barcelona, 2003. 697 pp.
9. ROMERO, J. “Purificación de aguas residuales”. Editorial Escuela colombiana de ingeniería. Colombia, 2000. 394 pp.
10. SEOÀNEZ, M. “Ingeniería ambiental aplicada”. Editorial Mundi Prensa. Madrid, 1997. 528 pp.



# ANEXOS

## ANEXO A – ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA

### Análisis de agua cruda

 UNIVERSIDAD GUAYAQUIL	UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD LABORATORIOS AGUAS PETRÓLEO Y MEDIO AMBIENTE Facultad de Ingeniería Química Universidad de Guayaquil Ciudadela Universitaria Salvador Allende Teléfono: 2292949 – Fax: -2294772 Guayaquil - Ecuador	
--	--	--

#### INFORMES DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS

		INFORME No: LA/226/14
SOLICITADO POR:	Ismael Montes	
EMPRESA:	Rectificadora	
DIRECCIÓN:		
FECHA DE ANÁLISIS:	2014/09/16	Fecha de recepción:
FECHA DE CULMINACIÓN DE ANÁLISIS:	2014/09/23	2014/09/16

#### IDENTIFICACIÓN DE LOS ANÁLISIS TABULADOS

CIIU : 3512	TIPO DE MUESTRA: PUNTUAL
A: MUESTRA DE ENTRADA DE AGUA RESIDUAL	FECHA DE MUESTREO: 2014/09/16

Parámetro	Expresado como	Unidad	Resultados	Incert. U(k=2)	Límite máximo permisible	Método
Potencial de hidrógeno	pH	-	8.2	± 0.07	5 - 9	4500-H B PEE/UCC/LA/02
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	6257	-	250	5220D PEE/UCC/LA/03
Sólidos suspendidos	-	mg/l	124	-	100	2540 D PEE/UCC/LA/05
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/l	1020	-	100	2510 B
Aceites y grasas	Solubles hexano	mg/l	60	-	0.3	5520 D
Cromo Hexavalente	Cr <sup>6+</sup>	mg/l	2.53	-	0.5	8023 HACH
Plomo	Pb	mg/l	1.3	-	0.5	8033 HACH
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	1.73	-	0.2	8047 HACH
Compuestos clorados totales	-	mg/l	0.11	-	0.05	8043 HACH
Compuestos fosforados totales	-	mg/l	<0.03	-	0.1	8045 HACH

OBSERVACIONES:

\*\* Parámetro Acreditado en el rango: 100 – 900 mg/l  
(1) Datos proporcionados por la empresa

ING. MIRELLA BERMEO G. MS. C  
DIRECTOR TÉCNICO

Fecha de emisión:  
2014/09/27

Los análisis fueron realizados de acuerdo a STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF  
WATER, SEWAGE AND INDUSTRIAL WASTE

- \* Los resultados obtenidos en este informe son exclusivos de la muestra sometida al ensayo
- \* Queda prohibido la reproducción total o parcial de este informe sin previa autorización de esta Unidad

**Análisis de las muestras de agua residual a la entrada (M1) y a la salida de la unidad de tratamiento (M2) previo a la optimización**

 UNIVERSIDAD GUAYAQUIL	UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD LABORATORIOS AGUAS PETRÓLEO Y MEDIO AMBIENTE Facultad de Ingeniería Química Universidad de Guayaquil Ciudadela Universitaria Salvador Allende Teléfono: 2292949 – Fax: -2294772 Guayaquil - Ecuador	
--	--	--

**INFORMES DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS**

		INFORME No: LA/354/14
SOLICITADO POR:	Ismael Montes	
EMPRESA:	Rectificadora	
DIRECCIÓN:		
FECHA DE ANÁLISIS:	2014/10/14	Fecha de recepción:
FECHA DE CULMINACIÓN DE ANÁLISIS:	2014/10/19	2014/10/14

IDENTIFICACIÓN DE LOS ANÁLISIS TABULADOS	
CIU : 3512	TIPO DE MUESTRA: PUNTUAL
M1: MUESTRA ENTRADA A UNIDAD TRATAMIENTO	FECHA DE MUESTREO: 2014/09/16
M2: MUESTRA SALIDA DE UNIDAD DE TRATAMIENTO	

Parámetro	Expresado como	Unidad	Resultados		Incert. U(k=2)	Limite máximo permisible	Método
			M1	M2			
Potencial de hidrógeno	pH	-	8.2	7.2	± 0.07	5 - 9	4500-H B PEE/UCC/LA/02
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	6257	5326	-	250	5220D PEE/UCC/LA/03
Sólidos suspendidos	-	mg/l	124	100	-	100	2540 D PEE/UCC/LA/05
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/l	1020	958	-	100	2510 B
Aceites y grasas	Solubles hexano	mg/l	60	45	-	0.3	5520 D
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	2.53	2.01	-	0.5	8023 HACH
Plomo	Pb	mg/l	1.3	1	-	0.5	8033 HACH
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	1.73	1.11	-	0.2	8047 HACH
Compuestos clorados totales	-	mg/l	0.11	0.09	-	0.05	8043 HACH
Compuestos fosforados totales	-	mg/l	<0.03	<0.02	-	0.1	8045 HACH

OBSERVACIONES:

\*\* Parámetro Acreditado en el rango: 100 – 900 mg/l  
(1) Datos proporcionados por la empresa



ING. MIRELLA BERMEO G. MS. C  
DIRECTOR TÉCNICO

Fecha de emisión:  
2014/10/19

Los análisis fueron realizados de acuerdo a STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF  
WATER, SEWAGE AND INDUSTRIAL WASTE

- \* Los resultados obtenidos en este informe son exclusivos de la muestra sometida al ensayo
- \* Queda prohibido la reproducción total o parcial de este informe sin previa autorización de esta  
Unidad

**Resultados de análisis de las muestras de entrada sin cumplir el procedimiento de vaciado (M1) y la muestra cumpliendo el procedimiento de vaciado (M2).**

 UNIVERSIDAD GUAYAQUIL	UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD LABORATORIOS AGUAS PETRÓLEO Y MEDIO AMBIENTE Facultad de Ingeniería Química Universidad de Guayaquil Ciudadela Universitaria Salvador Allende Teléfono: 2292949 – Fax: -2294772 Guayaquil - Ecuador	
--	--	--

**INFORMES DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS**

		INFORME No: LA/354/14
SOLICITADO POR:	Ismael Montes	
EMPRESA:	Rectificadora	
DIRECCIÓN:		
FECHA DE ANÁLISIS:	2014/10/14	Fecha de recepción:
FECHA DE CULMINACIÓN DE ANÁLISIS:	2014/10/19	2014/10/14

IDENTIFICACIÓN DE LOS ANÁLISIS TABULADOS	
CIU : 3512	TIPO DE MUESTRA: PUNTUAL
M1: SIN CUMPLIR PROCESO DE VACIADO. M2: CUMPLIENDO PROCESO DE VACIADO.	FECHA DE MUESTREO: 2014/09/16

Parámetro	Expresado como	Unidad	Resultados		Incert. U(k=2)	Límite máximo permisible	Método
			M1	M2			
Potencial de hidrógeno	pH	-	8.2	7.2	± 0.07	5 - 9	4500-H B PEE/UCC/LA/02
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	6257	4534	-	250	5220D PEE/UCC/LA/03
Sólidos suspendidos	-	mg/l	124	85	-	100	2540 D PEE/UCC/LA/05
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/l	1020	905	-	100	2510 B
Aceites y grasas	Solubles hexano	mg/l	60	25	-	0.3	5520 D
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	2.53	1.01	-	0.5	8023 HACH
Plomo	Pb	mg/l	1.3	0.8	-	0.5	8033 HACH
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	1.73	1.05	-	0.2	8047 HACH
Compuestos clorados totales	-	mg/l	0.11	0.08	-	0.05	8043 HACH
Compuestos fosforados totales	-	mg/l	<0.03	<0.02	-	0.1	8045 HACH

OBSERVACIONES:

\*\* Parámetro Acreditado en el rango: 100 – 900 mg/l  
(1) Datos proporcionados por la empresa



ING. MIRELLA BERMEO G. MS. C  
DIRECTOR TÉCNICO

Fecha de emisión:  
2014/10/19

Los análisis fueron realizados de acuerdo a STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF  
WATER, SEWAGE AND INDUSTRIAL WASTE

- \* Los resultados obtenidos en este informe son exclusivos de la muestra sometida al ensayo
- \* Queda prohibido la reproducción total o parcial de este informe sin previa autorización de esta  
Unidad

**Resultados de los análisis de entrada de agua residual (M1) y salida de agua residual tratada con el nuevo sistema propuesto (M2).**

 UNIVERSIDAD GUAYAQUIL	UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD LABORATORIOS AGUAS PETRÓLEO Y MEDIO AMBIENTE Facultad de Ingeniería Química Universidad de Guayaquil Ciudadela Universitaria Salvador Allende Teléfono: 2292949 – Fax: -2294772 Guayaquil - Ecuador	
--	--	--

**INFORMES DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS**

		INFORME No: LA/587/14
SOLICITADO POR:	Ismael Montes	
EMPRESA:	Rectificadora	
DIRECCIÓN:		
FECHA DE ANÁLISIS:	2014/11/17	Fecha de recepción:
FECHA DE CULMINACIÓN DE ANÁLISIS:	2014/11/22	2014/11/17

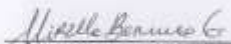
IDENTIFICACIÓN DE LOS ANÁLISIS TABULADOS	
CIU : 3512	TIPO DE MUESTRA: PUNTUAL
M1: MUESTRA DE ENTRADA A UNIDAD TRATAMIENTO	FECHA DE MUESTREO: 2014/09/16
M2: MUESTRA DE SALIDA DE UNIDAD TRATAMIENTO.	

Parámetro	Expresado como	Unidad	Resultados		Incert. U(k=2)	Límite máximo permisible	Método
			M1	M2			
Potencial de hidrógeno	pH	-	8.2	7	± 0.07	5 - 9	4500-H B PEE/UCC/LA/02
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	6257	241	-	250	5220D PEE/UCC/LA/03
Sólidos suspendidos	-	mg/l	124	2	-	100	2540 D PEE/UCC/LA/05
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/l	1020	93	-	100	2510 B
Aceltes y grasas	Solubles hexano	mg/l	60	0.2	-	0.3	5520 D
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	2.53	0.017	-	0.5	8023 HACH
Plomo	Pb	mg/l	1.3	0.3	-	0.5	8033 HACH
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	1.73	0.12	-	0.2	8047 HACH
Compuestos clorados totales	-	mg/l	0.11	0.02	-	0.05	8043 HACH
Compuestos fosforados totales	-	mg/l	<0.03	<0.02	-	0.1	8045 HACH



OBSERVACIONES:

\*\* Parámetro Acreditado en el rango: 100 – 900 mg/l  
(1) Datos proporcionados por la empresa



ING. MIRELLA BERMEO G. MS. C  
DIRECTOR TÉCNICO

Fecha de emisión:  
2014/11/22

Los análisis fueron realizados de acuerdo a STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF  
WATER, SEWAGE AND INDUSTRIAL WASTE

\* Los resultados obtenidos en este informe son exclusivos de la muestra sometida al ensayo  
\* Queda prohibido la reproducción total o parcial de este informe sin previa autorización de esta  
Unidad

## ANEXO B – HOJA DE OPERACIÓN DE CONCHEO DE TANQUES

HOJA DE REGISTRO DE OPERACIÓN DE CONCHEO DE TANQUES		
FECHA:		
NOMBRE DE SUSTANCIA QUÍMICA.		
CANTIDAD DE SUSTANCIA QUÍMICA OBTENIDA EN LA OPERACIÓN DE VACIADO.		
NÚMERO DE TANQUES EN LOS QUE SE REALIZÓ EL VACIADO.		
NÚMERO DE TANQUES RECIBIDOS.		
Operador responsable de operación	Jefe de planta	Gerente General

**Realizado por: Autor**

## ANEXO C – HOJA DE REINGRESO DE PRODUCTOS

HOJA DE REGISTRO DE REINGRESO DE PRODUCTO		
FECHA:		
NOMBRE DE SUSTANCIA QUÍMICA.		
CANTIDAD DE SUSTANCIA QUÍMICA OBTENIDA EN LA OPERACIÓN DE VACIADO.		
NÚMERO DE TANQUES EN LOS QUE SE REALIZÓ EL VACIADO.		
NÚMERO DE TANQUES RECIBIDOS.		
Operador responsable de operación	Jefe de planta	Gerente General

Por medio de la presente la Rectificadora de tanques Káiser, hace entrega formal de \_\_\_\_\_ kg de sustancia química obtenida por la actividad de vaciado.

\_\_\_\_\_  
Representante Legal

\_\_\_\_\_  
Firma de quien recibe

**Elaborado por: Autor**

## ANEXO D – REGISTRO DE FOTOS



**Ingreso de tanques**



**Almacenamiento temporal previo al proceso de rectificación**



**Almacenamiento de tanques terminados**



**Piscina N° 1 agua de clarificación**



**Piscina N° 2**



**Almacenamiento de lodos previo a su disposición final**

## **ANEXO E**

**FOTO QUE SE ESTABLECE LA DIFERENCIA EN LA CARGA CONTAMINANTE.**



**EL AGUA QUE ESTA EN EL BALDE DE LA DERECHA ES EL AGUA DE LAVADO SIN SUSTANCIA, ES DECIR, SE REALIZA EL LAVADO PREVIO AL VACIADO COMPLETO, EL BALDE DE LA IZQUIERDA MUESTRA EL AGUA DE LAVADO, SIN REALIZAR EL VACIADO COMPLETO AL TANQUE.**

**EN ESTA FOTO SE PUEDE APRECIAR CLARAMENTE LA DIFERENCIA DE LA CARGA CONTAMINANTE.**