



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
UNIDAD DE POSGRADO

MAESTRÍA EN DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE

Tesis previa la Obtención del Grado
Académico de Magister en Desarrollo
y Medio Ambiente.

TEMA

**“AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES EN EL ÁREA DE DESCARGA Y
ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE DE LA COMPAÑÍA INDUSTRIAS
GUAPÁN S.A. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO”**

AUTOR

ING. ROLANDO TORRES MOLINA.

DIRECTOR

ING. ALVARO CAÑADAS LOPEZ. Ph.D.

Azogues - Ecuador

2010



CERTIFICADO

Yo, Ing. Álvaro Cañadas López Ph.D. en calidad de Director de Tesis cuyo título es "AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES EN EL ÁREA DE DESCARGA Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE DE LA COMPAÑÍA INDUSTRIAS GUAPÁN S.A. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO", realizado por el posgradista Ingeniero Rolando Torres Molina, CERTIFICO que las respectivas recomendaciones y observaciones han sido incorporadas al Documento final, por lo que autorizo su presentación ante el tribunal de sustentación de tesis.

Azogues, 11 de septiembre del 2010.

**Álvaro Cañadas, Ph.D.
TUTOR**

AUTORÍA

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de ROLANDO TORRES MOLINA.

10 de Octubre del 2010.

.....
(0301587622)

DEDICATORIA

A Dios por permitirnos la vida y en ella la elaboración de esta investigación.

A mi entrañable esposa por su entrega y apoyo para la culminación del presente trabajo.

A mis padres y padres políticos por ser ejemplo de superación, estabilidad familiar, perfecta entrega e infinito apoyo en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Álvaro Cañadas López. Ph.D.
Director de Tesis, por la ayuda y
colaboración para la consecución de
esta investigación.

A las autoridades de la Empresa
Industrias Guapán S.A, por permitirme
realizar esta investigación, al Ing.
Cesar Sacoto, y los demás técnicos
que me expresaron la colaboración
requerida.

A los maestros y autoridades de la
universidad por brindarnos siempre su
apoyo para la culminación de esta
maestría y a todos aquellos que de
una u otra forma influyeron en nuestra
tesis.

PRÓLOGO

Los recursos del planeta son finitos y es preciso reducir su consumo y contaminación, por lo que siendo un problema ambiental de real trascendencia la contaminación del agua, pone en riesgo la salud humana y el consecuente agotamiento de este recurso. Ciertamente, existen varios métodos convencionales para extraer los contaminantes del agua, empero, muchos de ellos son onerosos y no brindan la factibilidad de la reutilización.

Ante esto, la bioadsorción, como mecanismo planteado en la presente investigación, constituye una alternativa potencial al utilizar bacterias aerobias que permiten la eliminación de compuestos tóxicos, y a través de biomásas muertas o inactivas, se posibilita captar y concentrar metales pesados.

Varios biomateriales ya han sido investigados, observándose una gran efectividad en la adsorción de contaminantes. El uso de flora acuática muerta o seca, para la remoción de metales, ha tenido en los últimos tiempos una gran aceptación.

En esta investigación el Autor ejecuta una caracterización de aguas y medición de caudal, dos aspectos primordiales y fundamentales dentro del planteamiento de un sistema de tratamiento de estas aguas contaminadas, lo que coadyuvará a reducir ostensiblemente los contaminantes contenidos en el agua residual del proceso; tratamiento seleccionado sobre la base de la capacidad de adsorción de los lechuguines que constituyen una tecnología viable para la depuración de aguas contaminadas, y que por tanto posibilitarán un futuro alentador al permitir contar con un ambiente que garantice una mejor vida.

M.Sc. Cesar Sacoto Rivera Ing.

RESUMEN EJECUTIVO

La industria en general requiere del agua para diversos usos: como materia prima, como parte integrante de los procesos de manufactura, de ensamblaje, etc., o como medio para eliminar sus desechos.

Sin embargo, el agua de fuentes superficiales es objeto cotidianamente de una severa contaminación producto de las actividades del hombre. Estas fuentes contaminantes incluyen las descargas de residuos industriales, en virtud de lo cual se torna imprescindible investigar respecto del problema de contaminación de los cuerpos de agua que superan los límites permisibles establecidos en la legislación ambiental vigente de nuestro país, con el propósito de brindar alternativas de solución.

Lo referido es producto de aguas contaminadas, las que son vertidas con frecuencia a cauces naturales, haciéndose cada vez más urgente la necesidad de contar con planes que posibiliten mitigar los efectos adversos ocasionados, manejando, controlando, e implementando programas de saneamiento que deriven en la depuración de efluentes, cimentándose para ello en la normativa incluida, para el caso del agua, en la legislación ecuatoriana vigente.

La concreción de la tesis sobre **“AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES EN EL AREA DE DESCARGA Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE DE LA COMPAÑÍA INDUSTRIAS GUAPAN S.A. - PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO”**, ejecutada previo la obtención del Título de Magister en Desarrollo y Medio Ambiente, ha sido considerada con el propósito de solucionar ambientalmente la evacuación de aguas residuales generadas en los procesos de purga en el área de descarga y almacenamiento del combustible (bunker), las que se constituyen en contaminantes del cuerpo receptor (Rio Tabacay), contraviniendo las exigencias de la normativa ambiental respecto de que estos

efluentes, con el carácter de obligatorio, deben necesariamente ser descargados luego de purificarse mediante un sistema de tratamiento.

Este sistema dependerá de los contaminantes contenidos en el agua, cuya determinación deberá ser ejecutada mediante análisis físico - químicos de muestras tomadas en forma aleatoria de los tanques de almacenamiento, y de conformidad con la caracterización de esta agua, se plantea un sistema de tratamiento que permitirá, sin lugar a dudas, optimizar la calidad de agua descargada por Industrias Guapán S.A., precautelando la salud humana y fortaleciendo su imagen corporativa y responsabilidad social frente a la comunidad en su conjunto, pues será evidente la reducción de los impactos ambientales generados por la contaminación, otorgando a la población un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

INDICE GENERAL

CAPITULO I

1 MARCO CONTEXTUAL DE LA PROBLEMÁTICA.....	1
1.1 UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	2
1.2 SITUACION ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA	4
1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	4
1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.5 JUSTIFICACIÓN	5
1.6 CAMBIOS ESPERADOS	6
1.7 OBJETIVOS	7

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
2.1 FUNDAMENTACION CONCEPTUAL.....	9
2.2 FUNDAMENTACION TEÓRICA	13
2.3 MARCO LEGAL	29

CAPITULO III

3. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	40
3.1 METODOS Y TECNICAS UTILIZADAS EN LA INVESTIGACION.....	41
3.2 CONSTRUCCION METODOLOGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACION	45
3.3 ELABORACION DEL MARCO TEORICO.....	46
3.4 RECOLECCION DE LA INFORMACION EMPIRICA.....	47
3.5 DESCRIPCION DE LA INFORMACION.....	50

3.6 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	51
3.7 CONSTRUCCION DEL INFORME DE LA INVESTIGACION.....	55

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS EN RELACION CON LAS HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION.....	56
4.1 ENUNCIADO DE LA HIPOTESIS.....	57
4.2 UBICACIÓN Y DESCRIPCION DE LA INFORMACION EMPIRICA PERTINENTE A CADA HIPOTESIS.....	57
4.3 DISCUSION DE LA INFORMACION OBTENIDA EN RELACION A LA NATURALEZA DE LA INFORMACION.....	65

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
5.1 CONCLUSIONES.....	70
5.2 RECOMENDACIONES	71

CAPITULO VI

6. PROPUESTA ALTERNATIVA.....	72
6.1 TITULO DE LA PROPUESTA.....	73
6.2 JUSTIFICACION.....	73
6.3 FUNDAMENTACION.....	74
6.3.1 FUNDAMENTACION TEORICA.....	74
6.3.2 FUNDAMENTACION LEGAL.....	82
6.4. OBJETIVOS.....	83

6.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	83
6.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	83
6.5 IMPORTANCIA.....	83
6.6 PLAN DE FACTIBILIDAD.....	84
6.6.1 UBICACIÓN Y FUNCIONAMINETO.....	85
6.6.2 ASPECTOS TECNICOS.....	87
6.6.3 PLAN DE TRABAJO.....	91
6.6.4 ACTIVIDADES.....	92
6.7 RECURSOS.....	93
6.8 IMPACTO.....	95
6.9 EVALUACION.....	97
6.10 INSTRUCTIVO DE FUNCIONAMIENTO.....	98
BIBLIOGRAFIA.....	100
ANEXOS.	

INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1	TABLA DE PODERES CALORÍFICOS DE SUSTANCIAS COMBUSTIBLES.....	19
TABLA 3.1	PROMEDIO DE CANTIDAD DE COMBUSTIBLE ADQUIRIDO POR MES.....	48
TABLA 3.2	PROMEDIO DE CANTIDAD DE AGUA POR COMBUSTIBLE.....	48
TABLA 3.3	TABLA DE TOMA DE MUESTRAS EN EL AREA DE ALMACENAMIENTO Y DESCARGA DE COMBUSTIBLE DE INDUSTRIAS GUAPAN S.A.....	49
TABLA 3.4	EFLUENTE (PUNTO DE DESCARGA).....	50
TABLA 3.5	LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.....	51
TABLA 4.1	TEST DE HOMOGENEIDAD DE LAS VARIANZAS.....	58
TABLA 4.2	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA pH, TPH, DQO, ST Y FENOLES.....	59
TABLA 4.3	RESULTADOS DE MUESTRAS PARA pH.....	60
TABLA 4.4	RESULTADOS DE MUESTRAS PARA CE.....	60
TABLA 4.5	RESULTADOS DE MUESTRAS PARA TPH.....	61
TABLA 4.6	RESULTADOS DE MUESTRAS PARA DQO.....	61
TABLA 4.7	RESULTADOS DE MUESTRAS PARA ST.....	62
TABLA 4.8	RESULTADOS DE MUESTRAS PARA Ba.....	62
TABLA 4.9	RESULTADOS DE MUESTRAS PARA Cr.....	63
TABLA 4.10	RESULTADOS DE MUESTRAS PARA Pb.....	63
TABLA 4.11	RESULTADOS DE MUESTRAS PARA V.....	64
TABLA 4.12	RESULTADOS DE MUESTRAS PARA NH ₄ -N.....	64
TABLA 4.13	RESULTADOS DE MUESTRAS PARA FENOL.....	65

TABLA: 6.1	REMOCIÓN DE CONTAMINANTES POR LAS PLANTAS.....	81
TABLA 6.2	PLAN DE TRABAJO.....	91
TABLA 6.3	RECURSOS MATERIALES Y FUNCIONES.....	93
TABLA 6.4	PRESUPUESTO TRAMPA DE GRASAS.....	94
TABLA 6.5	PRESUPUESTO PISCINA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO...	94
TABLA 6.6	LÍMITES PERMISIBLES PARA DESCARGAS A CUERPOS DE AGUA DULCE.....	98

INDICE DE IMAGENES

IMAGEN 3.1	PURGA DE AGUA RESIDUAL.....	42
IMAGEN 3.2	EVACUACION DE AGUA RESIDUAL.....	42
IMAGEN 3.3	PURGA DE AGUA CONTAMINADA MEZCLADA CON BUNKER.....	42
IMAGEN 3.4	TOMA DE MUESTRAS.....	49
IMAGEN 3.5	MUESTRAS.....	49
IMAGEN 4.1.	FABRICA GUAPÁN: TANQUES DE COMBUSTIBLE 3 Y 4: BUNKER.....	57
IMAGEN 6.1	<i>EMPRESA INDUSTRIAS GUAPAN</i>	73
IMAGEN 6.2	UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA PROPUESTA.....	85
IMAGEN 6.3	FOTOGRAFIA SECCIÓN DE PRETRATAMIENTO.....	85
IMAGEN 6.4	LUGAR PARA TRATAMIENTO BIOLOGICO.....	86

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 6.1	LECHUGUIN CON ALGUNAS CARACTERISTICAS.....	76
------------	--	----

FIGURA 6.2	INSTALACION DEL PRETRATAMIENTO (TRAMPA DE GRASAS).....	86
FIGURA 6.3	SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS CON JACINTO DE AGUA.....	87
FIGURA 6.4	ESQUEMA PROPUESTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO CON LECHUGUIN.....	90

INTRODUCCIÓN.

Este proyecto se enmarca en la investigación y caracterización de las aguas contaminadas provenientes de la operación de purga en el área de almacenamiento y descarga de la empresa Industrias Guapán S.A, las mismas a las que se les propondrá y diseñara un sistema de tratamiento.

La Tesis está constituida por VI capítulos, los que de manera completamente resumida, me permito describirlos:

Capítulo I.- Trata respecto del marco contextual de esta investigación, y engloba la problemática, su ubicación, delimitación, los objetivos que se plantean en este proyecto, así como los cambios que se esperan a futuro.

Capítulo II.- Incluye la base teórica que cimentó la realización y concepción del proyecto.

Capítulo III.- Aborda la metodología utilizada para concretar la investigación, sus métodos, procedimientos, y herramientas, que posibilitaron la concreción de los Objetivos planteados.

Capítulo IV.- Presenta el análisis de datos, resultados, discusión de los mismos, clarificando la problemática en su real dimensión.

Capítulo V.- Incluye las conclusiones resultantes de la investigación, y derivado de aquéllas, las recomendaciones cuya implementación posibilitará una reducir la contaminación a niveles tolerables permitidos por la normativa legal vigente.

Por último, el Capítulo VI, refleja la propuesta alternativa de solución a la problemática en estudio, una propuesta factible desde el punto técnico, ambiental y económico.

Como autor de este trabajo de investigación espero haber contribuido a la solución de este problema y cubrir una necesidad social y educativa, que a su vez contribuya como fundamento y fuente bibliográfica de la Institución.

CAPÍTULO I: MARCO CONTEXTUAL DE LA PROBLEMÁTICA

El hombre y su seguridad deben constituir la preocupación fundamental de toda aventura tecnológica. No olvidéis nunca esto cuando estéis metidos en vuestros planos y en vuestras ecuaciones.

Albert Einstein

1.1 UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

El Ecuador es uno de los países con mayores reservas de agua en la región. Sin embargo, su mal manejo e inequitativa distribución generan serios conflictos ambientales, sociales y económicos (Moreno V, 2005).

Varios temas están en discusión en torno al agua. En primer lugar, la drástica disminución de los caudales. Según informes del Sistema de Capacitación para el Manejo de los Recursos Naturales Renovables (CAMAREN), en los años 60, un arroyo que en el mes de agosto disponía en promedio de 100 litros de agua por segundo, hoy apenas tiene 40.

En el 2004, Robert Hofstede, Coordinador del Proyecto Páramo Andino, afirma que esto se debe a la falta de conocimiento del ciclo hidrológico y la función que cumplen los ecosistemas. Dice que en el Ecuador no existen medidas para evitar la degradación del bosque protector y el páramo, y su geografía no cuenta con sistemas naturales de almacenamiento de agua. Enfatiza adicionalmente que "tampoco hay un entendimiento de que el agua viene de un lugar y se va a otro; que es el eje que ayuda a mantener la relación entre pisos ecológicos y pisos económico-culturales".

La contaminación del agua es otro factor que influye tanto en la disponibilidad del recurso para el consumo humano así como en la subsistencia de especies de plantas y animales que dependen de éste. Una de las causas es el desarrollo industrial "poco amigable" con el medio ambiente. Así lo demuestra claramente la industria petrolera, cuyo desarrollo, por más de tres décadas, evidencia la falta de conciencia socio-ambiental (Gaibor, 2004).

Dentro de la Provincia del Cañar, en el cantón Azogues, la Compañía Industrias Guapán S.A. se instaló en el mercado de producción y comercialización de Cemento Portland Puzolánico Tipo IP a partir del año 1966, constituyéndose

desde entonces en una Empresa sólida que ha aportado significativamente al desarrollo de la Región y el País (Mogrovejo E, 2009).

Inicio su producción con una planta de 250 toneladas métricas de cemento por día, a través de un sistema de producción por vía húmeda, manteniéndose con este volumen hasta el año de 1991 (Manual de Procedimientos Industrias Guapán, 2008).

El crecimiento económico de la región y la necesidad cada vez mayor del sector de la construcción, permitieron a partir del año 1992 poner en funcionamiento su planta de producción por vía seca, y con una capacidad instalada de 1.100 toneladas métricas de cemento por día (Manual de Procedimientos Industrias Guapán, 2008).

Como elemento inyector de este proceso productivo esta el combustible (Bunker - Fuel Oil No 6, o Residuo), en cuya composición existe elementos como Azufre, Nitrógeno, metales pesados, agua entre otros (Miliarium.com). En el área de descarga y almacenamiento de combustibles empieza la raíz de nuestra investigación, con el problema de la purga del agua que contiene este combustible, que a su vez es descargada directamente al Río Tabacay (Sacoto C, entrevista personal, Mayo 20, 2010).

La necesidad de diseñar un sistema de tratamiento de aguas contaminadas en el área de descarga y almacenamiento de combustibles de Industrias Guapán S.A., se sustenta en el hecho de que la Licencia Ambiental, que fuera conferida a la Compañía, así como sus Auditorías de Control, exigen que estas descargas se ejecuten bajo los parámetros establecidos por la legislación ambiental y la normativa legal emitida por el Ministerio del Ambiente; de manera que se posibilite a la Empresa que con sus políticas internas ambientales cumpla su firme propósito relativo a contrarrestar el efecto adverso ocasionado por problemas de contaminación.

1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA

La contaminación del Río Tabacay es uno de los problemas ambientales que actualmente soporta la Empresa en calidad de generadora. Este río es afluente del Río Burgay, y la distancia que separa a la Compañía Industrias Guapán S.A. de la unión de los dos ríos es menor a 1 kilómetro. Hay que considerar el esfuerzo notable que está realizando la Ilustre Municipalidad de Azogues junto a la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado EMAPAL para la recuperación y protección del río Burgay y sus afluentes; así como las actividades que realiza la Administración de la Compañía Industrias Guapán S.A para minimizar estos impactos, pues está en un proceso de mejora continua concibiendo soluciones a un conjunto de problemas que afloran en el tiempo (Implementación de las Normas ISO 9001, 14001, Y OSHAS).

Dentro de este contexto se ha identificado un problema de efluentes contaminados en el área de descarga y almacenamiento de combustibles de la Empresa, donde las aguas residuales industriales producto de la purga de agua del combustible son desechadas directamente al río Tabacay. De esta forma sin lugar a dudas es necesario implementar medidas para minimizar a rangos tolerables la contaminación. De ahí la necesidad de proponer un Sistema de Tratamiento de Aguas Contaminadas.

1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Con los antecedentes referidos, cabe interrogarse: ¿Cuál sería el Sistema de Tratamiento de Aguas Contaminadas en el área de descarga, almacenamiento y purga de combustible de la Compañía Industrias Guapán S.A. que minimizaría los impactos ambientales y los validaría a futuro?

Ahora, el estudio del Sistema de Tratamiento de Aguas Contaminadas incidirá positivamente para la Compañía Industrias Guapán S.A., sobre la base de que posibilitará seguir cumpliendo con las normas y legislación ambiental vigentes en

el País; así como materializar sus objetivos estratégicos tendientes a la minimización del impacto ambiental a través de la puesta en práctica de medidas y decisiones atenuantes. Ello sin lugar a dudas evidenciará responsabilidad social, comprometimiento ambiental y/o posicionamiento ante la ciudadanía como una Organización que respeta sobremanera la naturaleza y sus derechos consagrados en la Constitución Política de la República del Ecuador en el artículo 14.

1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La delimitación del problema se considera como:

Campo: Gestión Ambiental,

Área: Mitigación Ambiental,

Sección: Aguas Residuales,

Donde: En el área de descarga y almacenamiento de combustible de la Compañía Industrias Guapán S.A.; y,

Cuando: La expectativa para la concreción del trabajo de investigación propuesto incluirá un período de seis meses a partir del mes de Abril del año 2010.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Históricamente Compañía Industrias Guapán S.A se ha consolidado como soporte para el desarrollo socio-económico de la Región Austral y el País, a través de brindar un producto que ha satisfecho las necesidades del consumidor (Certificación INEN). El desarrollo de la Región y el País se constituyen en los grandes desafíos que tendrá que afrontar la Compañía en los años venideros, y el aporte significativo que ésta pueda brindar para su consecución, estará fuertemente ligado a la eficiencia con la que se desarrollen las operaciones en su interior (Mogrovejo E, 2009).

El crecimiento de la demanda de cemento en los mercados regional y nacional, en un 61% (INECYC, 2008), así como la vigencia de las Normas Ambientales cada vez más exigentes en su obediencia (TULAS, LIBRO VI, ANEXO 1, TABLA 12), nos obliga a que el proceso de producción, que involucra el sistema de combustión y descargas de la planta industrial, se sustente en un conjunto de normativas de la legislación ambiental vigente que tienden al cumplimiento de los límites permisibles para la descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce, y que a su vez conllevan a la mejora continua en base de lograr eficiencia en la producción enfocada a la disminución del impacto ambiental, a través de medidas adecuadas de mitigación.

Si analizamos a la Ingeniería Industrial como una profesión ligada estrechamente con estas normas (incluye el análisis de los procesos y la búsqueda de la eficiencia operativa y de control); se torna importante aportar a la comunidad en general con este tipo de investigaciones, a más de que coadyuva a que la Compañía Industrias Guapán S.A. cumpla sus objetivos estratégicos ambientales.

1.6 CAMBIOS ESPERADOS CON LA INVESTIGACIÓN

Con esta investigación se pretende cuantificar y caracterizar las descargas realizadas al río Tabacay, para que la Compañía Industrias Guapán S.A. por medio de un tratamiento cumpla la normativa ambiental vigente y opere bajo los límites permisibles, descartando de esta manera la probable imagen de depredación que la comunidad podría haber endilgado a la Empresa sobre la base de la contaminación ambiental que ésta generaría.

Con seguridad Industrias Guapán S.A. acogerá este trabajo de investigación y pondrá de manifiesto a la ciudadanía en su conjunto, sobre los esfuerzos realizados, en el propósito de implementar nuevos diseños que garanticen el ordenamiento de los procesos, así como renovar tecnología, en ambos casos posibilitando disminuir de manera ostensible la contaminación.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la operación de descarga, almacenamiento y purga de combustible de la Compañía Industrias Guapán S.A., para proponer el Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Contaminadas.

1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

La presente investigación se ha planteado los siguientes objetivos específicos:

- Analizar las actividades de descarga y almacenamiento de combustible en el área,
- Realizar el análisis físico – químico del efluente de la área de descarga y almacenamiento de combustible,
- Interpretar los resultados y compararlos con la Legislación Ambiental vigente, de manera que se evalúe el grado de cumplimiento de la normativa legal; y,
- Proponer un sistema de manejo en el área de descarga, almacenamiento y purga (análisis de costos).

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

*La praxis no es la acción ciega,
desprovista de intención o de
finalidad. Es acción y reflexión.*
Paulo Freire

2.1 FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

Agua contaminada La presencia en el agua de suficiente material perjudicial o desagradable para causar un daño en la calidad del agua.

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.

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

Agua dulce: Agua con una salinidad igual o inferior a 0.5 UPS.

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).

Aguas superficiales: Toda aquella agua que fluye o se almacena en la superficie del terreno.

Agua para uso público urbano: Es el agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, destinada para el uso y consumo humano, previa potabilización.

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.

Caracterización de un agua residual: Proceso destinado al conocimiento integral de las características estadísticamente confiables del agua residual, integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los

componentes físico, químico, biológico y microbiológico.

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

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.

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

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.

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

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.

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.

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

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.

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.

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

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.

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

Polución o contaminación del agua: Es la presencia en el agua de contaminante en concentraciones y permanencias superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente capaz de deteriorar la calidad del agua.

Polución térmica: Descargas de agua a mayor o menor temperatura que aquella que se registra en el cuerpo receptor al momento del vertido, provenientes de sistemas industriales o actividades humanas.

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

Toxicidad: Se considera tóxica a una sustancia o materia cuando debido a su cantidad, concentración o características físico, químicas o infecciosas presenta el potencial de:

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

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.

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.

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.

- ✓ Tratamiento primario.- Contempla el uso de operaciones físicas tales como: Desarenado, mezclado, floculación, flotación, sedimentación, filtración y el desbaste (principalmente rejas, mallas, o cribas) para la eliminación de sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual,
- ✓ Tratamiento secundario.- Contempla el empleo de procesos biológicos y químicos para remoción principalmente de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos; y,

- ✓ El tratamiento secundario generalmente está precedido por procesos de depuración unitarios de tratamiento primario.

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.

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

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

Valores de fondo: Parámetros o indicadores que representan cuantitativa o cualitativamente las condiciones de línea de fondo.¹

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1 INTRODUCCIÓN

Ferrer M. (1998) sostiene que a inicios del siglo XX, algunas ciudades e industrias empezaron a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios, lo que conllevó a la construcción de instalaciones de depuración.

Desde la década de los años 70, se ha generalizado en el mundo industrializado la cloración, un paso más dentro del tratamiento químico, con el objetivo de desinfectar el agua y hacerla apta para el consumo humano.

¹ Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). Libro VI: Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.

El uso del agua para nuestro consumo diario y como elemento para el desarrollo de muchas actividades industriales, agrícolas, y también urbanas, hace que las aguas limpias se conviertan en aguas residuales, es decir, aguas contaminadas. Como hemos visto, el agua no es un bien ilimitado, por lo tanto al contaminarla nos estamos perjudicando a nosotros mismos.²

Debido a esto controlar la contaminación de las aguas es uno de los factores más importantes para la continuidad del equilibrio entre el hombre y el medio en el cual vive; y la prevención, reducción y eliminación de los contaminantes de este tipo de aguas, es una necesidad prioritaria en la actualidad. Para mantener este control se construyen las estaciones depuradoras que se encargan de reducir la contaminación hasta niveles asumibles por la naturaleza.

Por contaminación de las aguas se entiende el aporte de materias o formas de energía de una manera directa o indirecta que impliquen una alteración o modificación de su calidad en relación a sus usos posteriores o a su función ecológica (Wikipedia, 2010).

Del mismo modo que todos solicitamos una red de abastecimiento, también es necesaria una de saneamiento para depurar las aguas (Ferrer M, 1998).

Hasta hace bien poco no se le daba importancia al tratamiento del agua, pero en vista de los grandes problemas que aporta la contaminación, en la Provincia del Cañar por intermedio del Gobierno Provincial se viene realizando la construcción de plantas depuradoras y potabilizadoras en comunidades rurales. Gracias a estos programas de saneamiento y de depuración de aguas residuales que permiten la vuelta del agua a su estado natural, eliminando los elementos

² FERRER M., COSTA M., BONAFEU M. D., ESTRADA M., ROGER E., *Ciències de la Terra i del medi ambient. Segunda edición. Barcelona: Ed. Castellnou, 1998.*

contaminantes y protegiéndola, se está consiguiendo una mejor calidad en el agua de los ríos de toda la Provincia.

Actualmente, la contaminación de los cauces naturales tiene su origen en tres fuentes:

- ✓ Vertidos urbanos,
- ✓ **Vertidos industriales; y,**
- ✓ Contaminación difusa (lluvias...)

La legislación ecuatoriana, con la creación del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS), otras leyes y reglamentos, exigió que las industrias nacionales, con el carácter de obligatorio, empiecen a mitigar sus impactos ambientales generados como producto de su actividad (Artículo 40, Ley de Gestión Ambiental).

En el caso de Industrias Guapán S.A., vienen desarrollando una serie de actividades y proyectos que mitigan impactos ambientales, contemplados dentro de su Plan de manejo ambiental, aprobado en la Auditoría Ambiental del año 2009. El tema de investigación, no ha sido determinado e identificado dentro de esta auditoría del año 2009, y no está en las actividades del plan de manejo ambiental actual, se considera incluir para la auditoría ambiental del próximo año. Para ello, se torna necesario que la Empresa cuente con un sistema de tratamiento de aguas contaminadas en el área de descarga y almacenamiento de combustibles, ello con la finalidad de que los efluentes de esa área se enmarquen en los límites permisibles, a fin de que el Ministerio del Ambiente, como ente de control, no les retire su licencia ambiental el momento que proceda con verificaciones mediante auditorías ambientales de cumplimiento.

AGUAS CONTAMINADAS

“Las impurezas suspendidas y disueltas en el agua natural impiden que ésta sea adecuada para numerosos fines, la incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos como aguas de hidrocarburos. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos”³.

Entre los principales contaminantes del agua están las aguas de hidrocarburos, petróleo y sus efectos pueden ser:

- ✓ “La falta o disminución de la entrada de luz en los cuerpos de agua a causa de manchas de petróleo imposibilita o reduce el área donde es posible la fotosíntesis.
- ✓ La falta o disminución de plantas fotosintéticas reduce el aporte de oxígeno y alimento al ecosistema.
- ✓ La pérdida de extensión en la distribución de algas y fanerógamas limita las zonas que proporcionan cobijo a miles de especies marinas. Estos lugares son utilizados por los alevines de los peces como zonas de alimento.
- ✓ El fitoplancton es a su vez el alimento del zooplancton (que además de microorganismos está formado por larvas de peces, moluscos, crustáceos, etc.). Por tanto al faltar fitoplancton, el zooplancton muere y con él se interrumpe el crecimiento de un importante número de especies, al tiempo que se deja sin alimento a un gran número de animales marinos.
- ✓ Las aves que quedan impregnadas de petróleo pierden o ven reducida su capacidad de aislarse del agua pudiendo morir por hipotermia. Al intentar

³ MONTTOYA O. (2006). *El agua. Química técnica*. Consultado en. (24 Ago. 2010). Disponible en: <http://html. /aguas-contaminadas.html>. <http://www.monografias.com/trabajos36/el-agua/el-agua.shtml>.

limpiarse el plumaje con el pico ingieren grandes cantidades de hidrocarburos por lo que se envenenan.

- ✓ Los mamíferos marinos pueden sufrir el taponamiento de sus vías respiratorias. También ingieren grandes cantidades de hidrocarburos por alimentarse de animales contaminados.
- ✓ Los quimiorreceptores de muchas especies marinas detectan el petróleo en el agua y les hacen variar sus migraciones y movimientos.
- ✓ Las especies oportunistas más resistentes al vertido ocupan los nichos ecológicos de las que han desaparecido provocando la pérdida de biodiversidad y dificultando la recuperación del ecosistema.
- ✓ Las especies filtradoras ingieren gran cantidad de tóxicos y mueren o se convierten en no aptas para el consumo humano.
- ✓ Parte del petróleo que termina en los mares se evapora y pasa a convertirse en partículas que pueden introducirse en el cuerpo de los organismos a través de las vías respiratorias o la piel⁴.

2.2.1.1 TIPOS DE AGUAS CONTAMINADAS

Entre las principales fuentes de contaminación acuáticas tenemos: urbanas, **industriales** y agrícolas.

Sacoto C, menciona (entrevista personal. Agosto 30, 2010) que si hablamos de la contaminación industrial tenemos que los principales tratamientos de las aguas contaminadas tienen tres fases: el tratamiento primario, que incluye la eliminación de arenillas, la filtración, el molido, la floculación (agregación de los sólidos) y la

⁴MANUSIN. (2007). *Efectos Generales del Petróleo sobre el Medio Ambiente*. Consultado el (24 de Agosto 2010), Disponible en http://petroambiental.blogspot.com/2007/11/efectos-generales-del-petroleo-sobre-el_24.html.

sedimentación; el tratamiento secundario, que implica la oxidación de la materia orgánica disuelta por medio de lodo biológicamente activo, que seguidamente es filtrado; y el tratamiento terciario, en el que se emplean métodos biológicos avanzados para la eliminación del nitrógeno, y métodos físicos y químicos, tales como la filtración granular y la adsorción por carbono activado. La manipulación y eliminación de los residuos sólidos representa entre un 25 y un 50% del capital y los costes operativos de una planta depuradora.

Dentro de la contaminación industrial por vertidos tenemos que las características de las aguas residuales industriales pueden diferir mucho tanto dentro como entre las empresas. El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas. Hay tres opciones (que no son mutuamente excluyentes) para controlar los vertidos industriales. El control puede tener lugar allí donde se generan dentro de la planta; las aguas pueden tratarse previamente y descargarse en el sistema de depuración urbana; o pueden depurarse por completo en la planta y ser reutilizadas o vertidas sin más en corrientes o masas de agua (Sacoto C, Entrevista personal. Agosto 30, 2010).

2.2.2 COMBUSTIBLE: TIPOS DE COMBUSTIBLE

“Dentro de la definición de combustible: es cualquier material capaz de liberar energía cuando se quema, y luego cambiar o transformar su estructura química. Supone la liberación de una energía de su forma potencial a una forma utilizable (por ser una energía química). En general se trata de sustancias susceptibles de quemarse”.⁵

Hay varios tipos de combustibles:

⁵ Wikipedia. (2010). Definición de Combustible. Consultado el (20 de Junio 20 2010). Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Combustible>.

Entre los combustibles sólidos se incluyen el carbón, la madera y la turba. El carbón se quema en calderas para calentar agua que puede vaporizarse para mover máquinas a vapor o directamente para producir calor utilizable en usos térmicos (calefacción). La turba y la madera se utilizan principalmente para la calefacción doméstica e industrial, aunque la turba se ha utilizado para la generación de energía y las locomotoras que utilizaban madera como combustible eran comunes en el pasado.

Entre los combustibles fluidos, se encuentran los líquidos como la gasolina (o nafta), el fuel oil, y los gaseosos, como el gas natural o los gases licuados de petróleo (GLP), representados por el propano y el butano.⁶

La principal característica de un combustible es su poder calorífico, que es el calor desprendido por la combustión completa de una unidad de masa de combustible.

TABLA 2.1: TABLA DE PODERES CALORÍFICOS DE SUSTANCIAS
COMBUSTIBLES

Combustible	MJ/kg	kcal/kg
Gas natural	53,6	12 800
Acetileno	48,55	11 600
Propano, Gasolina, Butano	46,0	11 000
Gasoil	42,7	10 200
Fueloil	40,2	9 600
Antracita	34,7	8 300
Coque	32,6	7 800
Gas de alumbrado	29,3	7 000
Alcohol de 95°	28,2	6 740
Lignito	20,0	4 800
Turba	19,7	4 700
Hulla	16,7	4 000
Hulla	17,7	4 000

FUENTE: NATIONAL FIRE

⁶ Wikipedia. (2010). Tipos de Combustible. Consultado el (20 de Junio 2010). Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Combustible>. .

2.2.2.1 BUNKER / FUELL OIL N° 6 / RESIDUO

El fuel oil (bunker o residuo), es una fracción del petróleo que se obtiene como residuo luego de la destilación topping. De ésta, resulta entre un 30% y un 50% de esta sustancia (World Lingo, 2010).

Es el combustible más pesado de los que se puede destilar a presión atmosférica. Está compuesto por átomos con más de 20 átomos de carbono, y su color es negro. El fuel oil se usa como combustible para plantas de energía eléctrica, calderas y hornos.

Para cumplir las diferentes especificaciones de los fuel-oils comerciales, es necesario diluir estos residuos con hidrocarburos más ligeros, tales como el queroseno, diesel, etc.

Los fuel-oils se pueden considerar como complejas mezclas de compuestos de carbono e hidrógeno, los cuales no pueden clasificarse rígidamente por fórmulas químicas o propiedades físicas definidas. Debido a la gran variedad de fuel-oils, la clasificación o división más aceptada es en función de su viscosidad y contenido en azufre.⁷

2.2.2.2 COMPOSICIÓN DEL FUELL OIL⁸

La composición química de estas fracciones la conforman moléculas grandes con ciclos de doble enlace, pobres en hidrógeno que se oxidan fácilmente, con tendencia a formar resinas y asfaltenos, de ahí que este producto contenga en

⁷ WORLD LINGO. (2010), *Fuel Oil*. Consultado el (25 de Junio del 2010). Disponible en: http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Fuel_oil.

⁸ ROMERO C, MEJIA J. 2007-2008. *Análisis de factibilidad sobre la inyección de aceite quemado en combinación de bunker como combustible alternativo en el área del precalentador, en el proceso de clinkerización en la empresa Industrias Guapán*. Tesis de grado. Cuenca, Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Industrial.

gran cantidad complejos oxigenados, compuestos con azufre y nitrógeno. Las resinas y compuestos asfálticos le confieren el color negro y viscosidad alta.

Además el fuel residual tiene un alto contenido en metales pesados. Esta mezcla de hidrocarburos puede representar hasta el 50% del crudo original (petróleo). Los hidrocarburos aromáticos policíclicos son un conjunto de productos químicos hidrocarbonados que se encuentran en gran cantidad como componentes naturales del petróleo, debido a su formación anaerobia y por tanto a la tendencia a formar moléculas que solamente contienen átomos de carbono e hidrógeno. La composición química exacta de cada uno de los fuels variará dependiendo del origen y de otros factores.

2.2.2.3 CARACTERISTICAS⁹

En general, los fuels residuales presentan las siguientes características:

- ✓ Baja solubilidad en agua,
- ✓ Gran dificultad de limpieza, por su viscosidad y adherencia,
- ✓ Degradación lenta,
- ✓ Poca capacidad de dispersión; y,
- ✓ Fuerte contaminación.

2.2.2.4 PROPIEDADES FÍSICAS

El Ministerio de Ciencia y Tecnología (España, 2003), menciona que algunas propiedades físicas del fuel, tales como densidad y viscosidad, vienen determinadas por esta composición química tan compleja. "El peso molecular elevado de los hidrocarburos constituyentes hace que tanto la densidad como la viscosidad sean muy elevadas.

⁹ ROMERO C, MEJIA J. 2007-2008. *Análisis de factibilidad sobre la inyección de aceite quemado en combinación de bunker como combustible alternativo en el área del precalentador, en el proceso de clinkerización en la empresa Industrias Guapán. Tesis de grado. Cuenca, Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Industrial.*

- ✓ Normalmente, la densidad del fuel es del orden 0.96-0.99 g/cm³.
- ✓ La viscosidad a temperatura ambiente resulta del orden de 300-800 cstokes".

Ambas propiedades, y particularmente la viscosidad, se modifican con la temperatura ambiente. La viscosidad aumenta fuertemente con el descenso de la temperatura.

Según Romero y Mejía (2007-2008), la destilación no puede proporcionarnos más que los productos que estén presentes en el crudo de forma natural. Por esta razón, se emplean otras técnicas, una de las usuales es la pirolisis, que consiste en la ruptura de una molécula pesada (por ejemplo: fuel) en varias moléculas ligeras, no necesariamente idénticas entre ellas (gasolina y gasóleo).

2.2.2.5 USOS

Petrocomercial manifiesta que es un combustible netamente industrial orientado especialmente a la industria pesada como son las fábricas de cemento, laminado de hierro, ingenios azucareros y otras. También es utilizado para la producción de vapor de agua en las turbinas de generación de electricidad. El sector naviero internacional utiliza este producto para consumo de máquinas principales, diluido con Diesel 1 o Diesel 2, combustible conocido como IFO."

2.2.2.6 DESTILACIÓN: CRACKING

Antonella Tassara (2008) menciona:

Muchas veces del petróleo se puede destilar sólo un bajo porcentaje de naftas. Para aumentar dicho porcentaje, se utiliza el proceso de destilación secundaria o cracking. El cracking consiste en romper o descomponer hidrocarburos de elevado peso molecular (combustibles como el gas oil y fuel oil), en compuestos de menor peso molecular

(naftas). En el proceso siempre se forma hidrógeno y compuestos del carbono. Es muy importante en las refinerías de petróleo como un medio de aumentar la producción de nafta a expensas de productos más pesados y menos valiosos, como el queroseno y el fuel oil. Existen dos tipos de cracking, el térmico y el catalítico. El primero se realiza mediante la aplicación de calor y alta presión; el segundo mediante la combinación de calor y un catalizador

Cracking térmico: En este proceso, las partes más pesadas del crudo se calientan a altas temperaturas bajo presión. Esto divide (craquea) las moléculas grandes de hidrocarburos en moléculas más pequeñas, lo que aumenta la cantidad de nafta compuesta por este tipo de moléculas producida a partir de un barril de crudo.

Cracking catalítico: En este caso las fracciones pesadas como el gas oil y el fuel oil se calientan a 500°C, a presiones del orden de 500 atm, en presencia de sustancias auxiliares: catalizadores, que agilizan en el proceso. Es por estos catalizadores que el proceso lleva dicho nombre (Matías Leffler, 2006).

Dichos catalizadores realizan una acción selectiva que orienta la reacción de ruptura en un sentido perfectamente determinado, con lo que se evitan muchas reacciones secundarias indeseadas.

La gran ventaja del cracking se puede observar claramente en la siguiente estadística:

“En 1920, un barril de crudo, que contenía 159 litros, producía:

- ✓ 41,5 litros de nafta,
- ✓ 20 litros de queroseno,
- ✓ 77 litros de gasoil y destilados y;
- ✓ 20 litros de destilados más pesados.

Hoy, un barril de crudo produce,

- ✓ 79,5 litros de nafta,
- ✓ 11,5 litros de combustible para reactores,
- ✓ 34 litros de gasoil y destilados,
- ✓ 15 litros de lubricantes y;
- ✓ 11,5 litros de residuos más pesados¹⁰.

2.2.3 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS

La mayoría de los vertidos de aguas contaminadas en el mundo no son tratados. Simplemente se descargan en cualquier cuerpo de agua; dejándose que los sistemas naturales, con mayor o menor eficacia y riesgo, degraden los desechos de forma natural. En los países desarrollados, una proporción cada vez mayor de los vertidos, es tratada antes de que lleguen a los ríos o mares en EDAR. Estos tratamientos como objetivo tienen en general, reducir la carga de contaminantes del vertido y convertirlo en inocuo para el medio ambiente. Para cumplir estos fines, se usan distintos tipos de tratamiento dependiendo de los contaminantes que arrastre el agua y de otros factores más generales como localización de la planta depuradora, clima, ecosistemas afectados, etc (Rodríguez Vázquez, 2007).

2.2.3.1 TIPOS DE TRATAMIENTO

Hay distintos tipos de tratamiento de las aguas contaminadas para lograr retirar contaminantes. Se pueden usar desde sencillos procesos físicos como la sedimentación, en la que se deja que los contaminantes se depositen en el fondo por gravedad, hasta complicados procesos químicos, biológicos o térmicos. Entre ellos, los más usuales son:

¹⁰ J. PLANK Charles, *National Inventors Hall of Fame: Catalytic Cracking of Hydrocarbons with a Crystalline Zeolite*.

a) Físicos: De acuerdo a Rodríguez Vázquez (2007), menciona:

- ✓ Sedimentación.
- ✓ Flotación.- Natural o provocada con aire.
- ✓ Filtración.- Con arena, carbón, cerámicas, etc.
- ✓ Evaporación.
- ✓ Adsorción.- Con carbón activo, zeolitas, etc.
- ✓ Desorción (Stripping). Se transfiere el contaminante al aire (ej. amoníaco).
- ✓ Extracción.- Con líquido disolvente que no se mezcla con el agua.

b) Químicos: De acuerdo a Rodríguez Vázquez (2007), menciona:

- ✓ Coagulación-floculación.- Agregación de pequeñas partículas usando coagulantes y floculantes (sales de hierro, aluminio, polielectrolitos, etc.)
- ✓ Precipitación química.- Eliminación de metales pesados haciéndolos insolubles con la adición de lechada de cal, hidróxido sódico u otros que suben el pH.
- ✓ Oxidación-reducción.- Con oxidantes como el peróxido de hidrógeno, ozono, cloro, permanganato potásico o reductor como el sulfito sódico.
- ✓ Reducción electrolítica.- Provocando la deposición en el electrodo del contaminante. Se usa para recuperar elementos valiosos.
- ✓ Intercambio iónico.- Con resinas que intercambian iones. Se usa para quitar dureza al agua.
- ✓ Ósmosis inversa.- Haciendo pasar al agua a través de membranas semipermeables que retienen los contaminantes disueltos.

c) Biológicos: De acuerdo a Rodríguez Vázquez (2007), menciona:

Usan microorganismos que se nutren con diversos compuestos de los que contaminan las aguas. Los flóculos que se forman por agregación de microorganismos son separados en forma de lodos:

- ✓ Lodos activos.- Se añade agua con microorganismos a las aguas residuales en condiciones aerobias (burbujeo de aire o agitación de las aguas).
- ✓ Filtros bacterianos.- Los microorganismos están fijos en un soporte sobre el que fluyen las aguas a depurar. Se introduce oxígeno suficiente para asegurar que el proceso es aerobio.
- ✓ Biodiscos.- Intermedio entre los dos anteriores. Grandes discos dentro de una mezcla de agua residual con microorganismos facilitan la fijación y el trabajo de los microorganismos.
- ✓ Lagunas aireadas.- Se realiza el proceso biológico en lagunas de grandes extensiones.
- ✓ Degradación anaerobia.- Procesos con microorganismos que no necesitan oxígeno para su metabolismo.

2.2.3.2 NIVELES DE TRATAMIENTO¹¹

Las aguas contaminadas se pueden someter a diferentes niveles de tratamiento, dependiendo del grado de purificación que se quiera. Es tradicional hablar de tratamiento primario, secundario, etc, aunque muchas veces la separación entre ellos no es totalmente clara. Así se pueden distinguir:

a) Pretratamiento.- Es un proceso en el que usando rejillas y cribas se separan restos voluminosos como palos, telas, plásticos, etc.

b) Tratamiento Primario.- Hace sedimentar los materiales suspendidos usando tratamientos físicos o físico-químicos. En algunos casos dejando, simplemente, las aguas residuales un tiempo en grandes tanques o, en el

¹¹ RODRÍGUEZ VÁZQUEZ. (2007). Problemática Ambiental. Consultado el (16 de Junio 2010). Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos55/contaminacion-de-agua/contaminacion-de-agua2.shtml>

caso de los tratamientos primarios mejorados, añadiendo al agua contenida en estos grandes tanques, sustancias químicas quelantes que hacen más rápida y eficaz la sedimentación.

También se incluyen en estos tratamientos la neutralización del pH y la eliminación de contaminantes volátiles como el amoníaco (desorción). Las operaciones que incluye son el desaceitado y desengrase, la sedimentación primaria, la filtración, neutralización y la desorción (stripping).

c) Tratamiento Secundario.- Elimina las partículas coloidales y similares. Puede incluir procesos biológicos y químicos. El proceso secundario más habitual es un proceso biológico en el que se facilita que bacterias aerobias digieran la materia orgánica que llevan las aguas.

Este proceso se suele hacer llevando el efluente que sale del tratamiento primario a tanques en los que se mezcla con agua cargada de lodos activos (microorganismos). Estos tanques tienen sistemas de burbujeo o agitación que garantizan condiciones aerobias para el crecimiento de los microorganismos. Posteriormente se conduce este líquido a tanques cilíndricos, con sección en forma de tronco de cono, en los que se realiza la decantación de los lodos. Separados los lodos, el agua que sale contiene muchas menos impurezas.

d) Tratamientos más avanzados.- Consisten en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos: fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. Es un tipo de tratamiento más oneroso que los anteriores y se usa en casos más especiales: para purificar desechos de algunas industrias, especialmente en los países más desarrollados, o en las zonas con escasez de agua que necesitan purificarla para volverla a usar como potable, en las zonas declaradas

sensibles (con peligro de eutrofización) en las que los vertidos deben ser bajos en nitrógeno y fósforo, etc.

LÍNEAS DE TRATAMIENTO EN LAS EDAR (Rodríguez Vázquez, 2007).

En el funcionamiento de una EDAR (Estación Depuradora de Agua Residual) se suelen distinguir dos grandes líneas:

a) Línea de agua.- Es el conjunto de los procesos (primarios, secundarios, etc.) que depuran el agua propiamente dicha. Comenzaría con el agua que entra a la depuradora y terminaría en el agua vertida al río.

b) Línea de fangos.- Está formada por el conjunto de procesos a los que se somete a los fangos (lodos) que se han producido en la línea de agua. Estos lodos son degradados en un digestor anaeróbico (o en otra forma similar), para ser después incinerados, usados como abono, o depositados en un vertedero.

En una planta depuradora también se generan, además de los lodos, otros residuos (arenas, grasas, objetos diversos separados en el pretratamiento y en el tratamiento primario) que deben ser eliminados adecuadamente. Se suelen llevar a vertederos o similares.

TRATAMIENTOS ESPECIALES: ELIMINACIÓN DE N Y P (Rodríguez Vázquez, 2007).

En los casos en los que las aguas que salen de la EDAR se vierten a ecosistemas en peligro de eutrofización, es importante eliminar los nutrientes (P y N) que estas aguas pueden llevar, para no aumentar la intensidad de ese proceso.

Para eliminar fósforo se suelen pasar las aguas por un reactor "anaerobio" que facilita una mayor asimilación de ese elemento por las bacterias. Así se llega a

eliminar el 60 - 70% del fósforo. Si esto no es suficiente, se complementa con una precipitación química forzada por la adición de sulfato de alúmina o cloruro férrico.

La eliminación de nitrógeno se hace en varias fases.

En primer lugar, durante el tratamiento biológico habitual, la mayor parte de los compuestos orgánicos de nitrógeno se convierten en amoníaco (amonificación).

A continuación hay que conseguir que el amoníaco se convierta a nitratos (nitrificación) por la acción de bacterias nitrificantes (Nitrosomonas y Nitrobacter) que son aerobias.

Este proceso de nitrificación necesita de reactores de mucho mayor volumen (unas cinco o seis veces mayor) que los necesarios para eliminar carbono orgánico. Las temperaturas bajas también dificultan el proceso (a 12°C el volumen debe ser el doble que a 18°C). Luego, se procura la eliminación de los nitratos en el proceso llamado desnitrificación. Para esto se usan bacterias en condiciones anaerobias que hacen reaccionar el nitrato con parte del carbono que contiene el agua que está siendo tratada. Como resultado de la reacción se forma CO_2 y N_2 que se desprenden a la atmósfera. Para llevar a cabo estos procesos hacen falta reactores de gran volumen, aireación de grandes masas de agua y recirculación de fangos que complican y encarecen todo el proceso de depuración.

2.3 MARCO LEGAL

Es necesario mencionar que los Convenios Internacionales, una vez aprobados por la Asamblea Nacional y ratificados por el Presidente de la República, se convierten en leyes nacionales; y que la Constitución de la República es la máxima ley rectora del sistema jurídico del Estado.

Es preciso mencionar que las normas ambientales que regulan la actividad industrial de GUAPAN no son parte integrante de un solo cuerpo legal o de determinada área del derecho; al contrario, se encuentran dispersas en la legislación sobre la base de que el medio ambiente y la industria en sí, cada una, son interdisciplinarias.

La Base Legal aplicable a la Empresa Industrias Guapán S.A., se encuentra cimentada en la Legislación que la referimos:

2.3.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA

Registro Oficial N° 449 publicado el 20 de Octubre de 2008.

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, ***sumak kawsay***. 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.

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.
3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.
4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

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:

1. 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.
2. 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.
3. Regular la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente.
4. 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.

5. Establecer un sistema nacional de prevención, gestión de riesgos y desastres naturales, basado en los principios de inmediatez, eficiencia, precaución, responsabilidad y solidaridad.

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

2.3.2 LEYES Y CODIGOS

▪ LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La Ley de Prevención y Control de Contaminación Ambiental, era en el Ecuador la única norma general ambiental que establecía estándares generales y medidas de prevención y control de contaminación. Esta fue dictada con el objetivo de limitar, a niveles tolerables por las normas, la contaminación ambiental propendiendo a trabajar con enfoque preventivo.

Esta ley recalca la importancia de realizar estudios ambientales y adoptar medidas de control con el propósito de disminuir el impacto ambiental en las actividades productivas y de servicios.

Al tratar sobre la prevención y control de la contaminación de las aguas, el **Artículo 16** establece la prohibición de 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 y a las propiedades.

▪ LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL

En esta Ley se establecen los principios y directrices para la política ambiental de nuestro país y fundamentalmente busca la conservación del patrimonio natural y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

El **Artículo 40** de la Ley señala que 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, dependiendo si se encuentran delegadas o no las funciones. De manera imperativa establece la ley que 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 mencionada disposición, el infractor será sancionado con una multa de veinte a doscientos salarios mínimos vitales generales.

▪ CÓDIGO DE LA SALUD

Se debe partir señalando que la legislación sanitaria es considerada como legislación primaria ambiental, pues básicamente se la considera como el origen de la regulación ambiental.

El Código de la salud del Ecuador contiene disposiciones relacionadas al uso de recursos naturales como el agua, regula la limpieza ambiental y contiene

regulaciones que buscan impedir la contaminación biológica. Con esta consideración se puede anotar las normas generales que interesan en este caso.

El **Artículo 12**, establece que ninguna persona podrá eliminar hacia el aire, el suelo o las aguas, los residuos sólidos, líquidos o gaseosos, sin previo tratamiento que los conviertan en inofensivos para la salud.

El **Artículo 17**, señala que nadie podrá descargar, directa o indirectamente, sustancias nocivas o indeseables en forma tal que puedan contaminar o afectar la calidad sanitaria del agua y obstruir, total o parcialmente, las vías de suministros.

El **Artículo 25**, establece que las excretas, aguas servidas, residuos industriales no podrán descargarse, directa o indirectamente, en quebradas, ríos, lagos, acequias, o en cualquier curso de agua para uso doméstico, agrícola, industrial o de recreación, a menos que previamente sean tratados por métodos que los hagan inofensivos para la salud.

El **Artículo 28**, dispone que los residuos industriales no podrán eliminarse en un alcantarillado público, sin el permiso previo de la autoridad que administre el sistema.

▪ LEY DE AGUAS

En lo que se refiere a esta Ley se puede decir que principalmente lo que busca es el correcto uso del recurso agua y establece ciertas restricciones, como la dispuesta en el **Artículo 14** que señala categóricamente que sólo mediante concesión de un derecho de aprovechamiento, pueden utilizarse las aguas, a excepción de las que se requieran para servicio doméstico.

Por otro lado, en el **Artículo 22** se establece la prohibición de que por cualquier medio se contamine las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna.

2.3.3 REGLAMENTOS, NORMAS Y ORDENANZAS

▪ REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO

Este Reglamento se aplica a toda actividad laboral y en todo centro de trabajo, tendiendo como objetivo la prevención, disminución o eliminación de los riesgos del trabajo y el mejoramiento del medio ambiente de trabajo (art. 1), así también determina las entidades competentes.

El **Artículo 67**, dispone que la eliminación de desechos sólidos, líquidos o gaseosos se efectúe con estricto cumplimiento de lo dispuesto en la Legislación sobre contaminación del medio ambiente.

▪ TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA

Esta norma incluye en detalle las regulaciones que en gran parte rigen la actividad industrial de GUAPAN, en varios aspectos como el agua, aire y suelo, etc.

En esta parte mencionamos las siguientes normas generales:

En el TITULO IV que trata del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación, en el **Artículo 45**, se encuentran los principios generales que rigen toda acción relacionada a la gestión ambiental, mencionándose que se deberá planificar y ejecutar sobre la base de los principios de sustentabilidad, equidad, consentimiento informado previo, representatividad validada, coordinación, precaución, prevención, mitigación y remediación de impactos negativos, solidaridad, corresponsabilidad,

cooperación, reciclaje y reutilización de desechos, conservación de recursos en general, minimización de desechos, uso de tecnologías más limpias, tecnologías alternativas ambientalmente responsables y respeto a las culturas y prácticas tradicionales y posesiones ancestrales. Igualmente deberán considerarse los impactos ambientales de cualquier producto, industrializado o no, durante su ciclo de vida.

Por otro lado en el **Artículo 73**, se establece que los procedimientos de control de calidad analítica y métodos de análisis empleados en la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos, control de los procesos de tratamiento, monitoreo y vigilancia de la calidad del recurso, serán los indicados en las respectivas normas técnicas ecuatorianas, o en su defecto, estándares aceptados en el ámbito internacional. Los análisis se realizarán en laboratorios acreditados. Las entidades de control utilizarán, en caso de tenerlos, sus laboratorios.

En el **Artículo 92**, se establece la necesidad de contar con un permiso de descargas, emisiones y vertidos, el cual es el instrumento administrativo que faculta a la actividad del regulado a realizar sus descargas al ambiente, siempre que éstas se encuentren dentro de los parámetros establecidos en las normas técnicas ambientales nacionales o las que se dictaren en el cantón y provincia en el que se encuentran esas actividades. El permiso de descarga, emisiones y vertidos será aplicado a los cuerpos de agua, sistemas de alcantarillado, al aire y al suelo.

La vigencia del permiso será de dos años y en caso de incumplimiento a las normas técnicas ambientales nacionales o las que se dictaren en el cantón y provincia en el que se encuentran esas actividades, así como a las disposiciones correspondientes, este permiso será revocado o no renovado por la entidad ambiental que lo emitió.

Los permisos de descargas, emisiones y vertidos serán otorgados por la Autoridad Ambiental Nacional, o la institución integrante del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental en su respectivo ámbito de competencias sectoriales o por recurso natural, o por la Municipalidad en cuya jurisdicción se genera la descarga, emisión o vertido, siempre que se haya descentralizado hacia dicho gobierno local la competencia.

Sin embargo en el **Artículo 96**, se señala que sobre la base de los estudios ambientales presentados por el regulado, la entidad que emite el permiso de descargas, emisiones y vertidos, determinará la obligación o no que tiene el regulado de obtener el mismo.

▪ **ORDENANZA DE CREACIÓN DE LA UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL (UGA) DE LA I. MUNICIPALIDAD DE AZOGUES**

Esta ordenanza norma la estructura de la UGA, así como señala su competencia y se establecen los mecanismos de gestión, ésta es una de las instituciones que están y estará en el futuro en mayor medida relacionada con el funcionamiento de la empresa “GUAPAN S.A”, por tal motivo es importante conocer su estructura y finalidades.

Así en el **Artículo 2** se establece los fines de la UGA, los cuales en resumen son: la protección del medio ambiente del Cantón, promover el aprovechamiento racional y sostenible de los recursos naturales y controlar las actividades productivas.

El **Artículo 3** establece las áreas principales a partir de las cuales debe organizar sus actividades; partiendo del área de control de la contaminación, en la cual debe vigilar los límites permisibles de contaminación; en el área de Ordenamiento territorial debe estudiar el uso ambientalmente adecuado del uso del suelo del cantón; y, en el área de manejo de recursos naturales, buscar la preservación y restauración de los recursos naturales del Cantón.

El **Artículo 11** señala las funciones del UGA.

- **ORDENANZA DE ASEO PÚBLICO, RECOLECCIÓN DE BASURA Y COBRO DE LA TASA POR EL SERVICIO EN LA CIUDAD DE AZOGUES**

Esta Ordenanza regula el sistema de aseo público y recolección de basura en el cantón Azogues, y establece cómo se debe proceder al desalojo de basura para que sea recogida por los vehículos recolectores, cuales son las obligaciones de los ciudadanos, etc.

En el **Artículo 15** se establece las prohibiciones que rigen en materia de aseo público y recolección de basura, entre las cuales se tiene la de lanzar a las alcantarillas y ríos basuras o desechos de aceites y grasas productos de lavadoras de carros y afines.

- **ORDENANZA QUE REGLAMENTA EL USO DEL SUELO EN LA CIUDAD DE AZOGUES**

Esta Ordenanza regula el uso del suelo en los diferentes sectores en los cuales se encuentra dividida la ciudad de Azogues.

La fábrica de Industrias Guapán S.A. se encuentra ubicada en la calle Trajano Carrasco Baquero y vía a la Parroquia Guapán, y corresponde al sector Z 6 de Uchupucún.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

*No será posible dar respuesta a los
complejos problemas ambientales ni
revertir sus causas, sin transformar el
sistema de conocimientos que conforman
la actual racionalidad social que los genera*
Enrique Leff

3.1 MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADAS EN LA INVESTIGACIÓN

Considerando el tema de investigación y los objetivos planteados, los métodos y técnicas utilizadas me permito exponerlas a continuación:

REUNIONES DE TRABAJO

Estas reuniones se canalizaron con el Superintendente de Medio Ambiente e Investigación de la Empresa Industrias Guapán S.A., funcionario que informó respecto de la situación ambiental actual de la industria abordando básicamente el problema ambiental generado en la planta con las operaciones de purgas de agua contenidas en el combustible evacuadas directamente al Río Tabacay. En estos diálogos el autor de esta tesis propuso posibles soluciones, concretándose sustentarlas luego del proceso de investigación tal y como se apreciará en el Capítulo VI de esta Tesis.

En una nueva sesión de trabajo mantenida con el Jefe de Procesos de la planta así como con Operadores de la sección de descarga y almacenamiento de combustible, se enfatizó básicamente la operatividad la actividad actual de purga de agua de los tanques de combustible. Para ello, fue indispensable ejecutar varias inspecciones en el propósito de observar y conocer la actividad e involucrarse con la situación actual del problema.

Dentro de este diagnóstico inicial observamos que el combustible es transportado por auto tanques (cerca de 65 unidades al mes) hacia los tanques de almacenamiento, donde se realizan las purgas de agua dos veces por semana. El agua es expulsada de los tanques durante 5 horas chocando con la pared y dirigiéndose hacia un sifón ubicado en el extremo del tanque a una distancia aproximada de 5 metros. Este sifón está conectado a una alcantarilla que recorre aproximadamente 100 metros para llevar el efluente hacia el río Tabacay.



IMAGEN 3.1 PURGA DE AGUA RESIDUAL
FUENTE: PROPIA



IMAGEN 3.2 EVACUACION DE AGUA RESIDUAL.
FUETE. PROPIA

Al momento de la purga, además de la salida de agua, también es expulsado el Bunker en pequeñas cantidades. Este sitio se le puede identificar en el ANEXO 1.



IMAGEN 3.3 PURGA DE AGUA CONTAMINADA MEZCLADA CON BUNKER
FUETE. PROPIA

RECOLECCIÓN DE DATOS

Para obtener los datos fue necesaria una revisión de registros y observaciones in-situ, luego utilizando recipientes y frascos se realizó un muestreo aleatorio de las purgas de agua de los tanques de combustible. Paralelamente se efectuaron sub-tomas en cada purga de agua las mismas que se mezclaron para obtener una muestra homogénea de 2 litros. En total se tomaron para los análisis 10 muestras.

ANÁLISIS DE DATOS

Las muestras fueron enviadas a los Laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador, domiciliada en la ciudad de Quito, cuyos resultados nos permitieron conocer la cantidad presente de cada

variable dentro del agua residual. Ello con la finalidad de evaluar comparativamente con los límites permisibles incluidos en la legislación ambiental, tal y como se apreciará en este Capítulo, así como en el Capítulo VI de esta Tesis.

Las variables que incluyeron los análisis de Laboratorio, las referimos a continuación:

- **POTENCIAL DE HIDRÓGENO EN AGUAS (pH)**

El método utilizado es el Standard Methods 4500- H⁺B Electrometric Method, (Método Electrométrico), cuyo principio básico es la medida de la actividad de los iones hidrógeno por mediciones potenciométricas utilizando un electrodo de vidrio. La fuerza electromotriz (fem) producida en el sistema de electrodo de vidrio varía linealmente con el pH y esta relación lineal se describe comparando la fem medida con el pH de diferentes tampones. El pH de la muestra se determina por extrapolación. Dado que no se pueden medir las actividades iónicas aisladas, el pH se define operacionalmente o en una escala potenciométrica.

- **CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)**

Este método está diseñado para determinar el paso de la corriente eléctrica a través de todo tipo de aguas residuales; el método aplicado en el laboratorio es el Standard Methods 2510 B Electrometric Method, (Método Electrométrico).

- **HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)**

El método aplicado en el laboratorio es el EPA 418.1, el cual involucra la extracción de con hexano o cloruro de metileno

- **DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)**

Demanda Química de Oxígeno (DQO), es una medida del oxígeno requerido para oxidar todos los compuestos presentes en el agua, tanto orgánicos como inorgánicos, por la acción de agentes fuertemente oxidantes en medio ácido y se expresa en miligramos de oxígeno por litro (mg O₂/l). La materia orgánica se oxida hasta dióxido de carbono y agua. El método aplicado en el laboratorio es el Standard Methods 5220 D.

- **SÓLIDOS TOTALES (ST)**

Se define como sólidos la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103 °C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos). Para su determinación, la muestra se evapora en un cazuela previamente pesada, preferiblemente de platino sobre un baño María, y luego se seca a 103 -105 °C. El incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos totales o residuo total. Es la suma de los sólidos totales disueltos más los sólidos totales suspendidos. El método aplicado en el laboratorio es el Standard Methods 2540 B.

- **FENOLES (FENOL)**

El método está basado en la destilación de los fenoles y la subsecuente reacción de estos con 4-aminoantipirina a un pH de 10 ± 0.1 en presencia de ferricianuro de potasio, formando compuestos de un color amarillo intenso a rojo, los cuales son extraídos de la disolución acuosa con cloroformo. El método aplicado en el laboratorio es el Standard Methods 5530 C.

- **NITRÓGENO TOTAL (NH₄-N)**

El "Nitrógeno Kjeldahl total" se refiere a la combinación de nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico compuesto de nitrógeno trinegativo. Estos compuestos se

convierten en sales de amoníaco por la acción del ácido sulfúrico y el peróxido de hidrógeno.

Las sales de amoníaco más cualquier amoníaco presente se analizan luego mediante una prueba por método Nessler modificada. El estabilizador mineral forma complejos de calcio y magnesio. El agente dispersor de alcohol polivinílico ayuda a la formación de color en la reacción del reactivo Nessler con iones de amoníaco. Se forma un color amarillo proporcional a la concentración de amoníaco. El método aplicado en el laboratorio es el Standard Methods 4500-N_{org}

▪ METALES

El método aplicado en el laboratorio es el Standard Methods 3111B y 3111D, previa digestión ácida.

3.2 CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue ejecutada en las instalaciones de la empresa Industrias Guapán S.A, domiciliada en la ciudad de Azogues, en el Km. 1,5 de la Vía a la Parroquia Guapán. Dentro de ella, se encuentra el área de almacenamiento, descarga y purga de combustibles.

Las estrategias adoptadas para viabilizar la investigación fueron concebidas sobre la base del siguiente cronograma:

- ✓ diagnóstico inicial de actividades, en el cual se identifica de manera específica el problema,
- ✓ análisis de las actividades referidas a través de laboratorios físico-químicos debidamente acreditados,
- ✓ revisión de registros de datos y ejecución de reuniones y observaciones in-situ,

Las actividades especificadas posibilitaron plantear la mejor alternativa de solución para el problema encontrado.

Consecuentemente el problema radicó en ciertas desviaciones ocasionadas en los procesos operativos, específicamente en aquellos que guardan relación con la purga de agua contaminada de los tanques de almacenamiento de combustible, aguas que son descargadas de manera directa a un cuerpo de agua (Río Tabacay) lo cual implica que se violentaría la normativa ambiental vigente en la medida de que no se estaría contrarrestando a través de métodos y técnicas adecuadas, el proceso contaminante.

Es por ello que se generó la necesidad de ejecutar este trabajo de investigación con la finalidad de plantear soluciones pragmáticas a los problemas ambientales generados por contaminación.

3.3 ELABORACIÓN DEL MARCO TEÓRICO

El marco teórico se fundamentó sobre la base de analizar el problema central, esto es la falta de un estudio de cuantificación y caracterización de las aguas contaminadas, que posibilite proponer el diseño de un sistema de tratamiento de aguas contaminadas en el área de descarga, almacenamiento y purga de combustible de la Compañía Industrias Guapán S.A.

De esta forma, y con el propósito de que se efectivice el cumplimiento de los objetivos específicos planteados, que lógicamente conllevan a la materialización del objetivo general (principal), fue indispensable formular categorías de análisis que incluyen sus respectivas sub-categorías. Estas son:

ESQUEMA DEL MARCO TEÓRICO

AGUAS CONTAMINADAS

- Tipos de aguas contaminadas
- Aguas residuales industriales

COMBUSTIBLES: TIPOS DE COMBUSTIBLES

- Bunker o fuel oil nº 6 o residuo.
- Composición del fuel oil.
- Características
- Propiedades físicas:
- Usos
- Destilación: Cracking

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS

- Tipos de tratamiento
- Niveles de tratamiento
- Líneas de tratamiento en las EDAR
- Tratamientos especiales: eliminación de N y P

3.4 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA

La información que sustenta la presente investigación, fue generada a través de sesiones con funcionarios técnicos de la Empresa, así como por observaciones. Ello permitió recoger hechos, procesos y aspectos relevantes, los que confrontados con literatura citada en la bibliografía requerida para la presente investigación, permitieron clasificarlos sobre la base de su importancia material.

Para la recolección de información, dentro de las variables, se utilizaron algunos formatos que se describen a continuación:

- ✓ Para la información del volumen de agua contaminada, se utilizó el promedio de compras de combustible durante el período enero – junio de 2010:

TABLA 3.1 PROMEDIO DE CANTIDAD DE COMBUSTIBLE ADQUIRIDO POR MES.

MES 2010	CANTIDAD (galones/mes)	CANTIDAD (litros/mes)
ENERO	554.067,00	2.097.371,76
FEBRERO	591.995,00	2.240.944,86
MARZO	668.426,00	2.530.267,67
ABRIL	679.467,00	2.572.062,40
MAYO	647.097,00	2.449.528,62
JUNIO	749.738,00	2.838.067,07
PROMEDIO	648.465,00	2.454.707,06

FUENTE. PROPIA

- ✓ Utilizando el promedio de combustible, obtuvimos el promedio de agua por galón de combustible según muestras tomadas en los meses referidos, las que permitieron establecer la cantidad de agua contenida en un litro de combustible (ANEXO 2):

TABLA 3.2 PROMEDIO DE CANTIDAD DE AGUA POR COMBUSTIBLE.

MESES 2010	CANTIDAD en 1 Lt
ENERO	0,30
FEBRERO	0,10
MARZO	0,25
ABRIL	0,10
MAYO	0,20
JUNIO	0,25
PROMEDIO	0,20

FUENTE.PROPIA

- ✓ Para la determinación de la calidad de agua, se procedió a tomar muestras trabajando con un universo de 8 purgas mensuales de cada tanque de

combustible, sumando 16 en total, de las cuales se seleccionó al azar una muestra de 5 purgas de cada tanque, que suman un total de 10 purgas.



IMAGEN 3.4 TOMA DE MUESTRAS
FUETE. PROPIA



IMAGEN 3.5 MUESTRAS
FUETE. PROPIA

Estas muestras fueron tomadas con el formato referido en la TABLA 3.3. Donde:

- M es la muestra; y,
- T el tanque, sabiendo que los tanques 3 y 4 son para almacenamiento del combustible Bunker / Fuel Oil N° 6 / Residuo, y tienen una capacidad de 220.000 galones:

TABLA 3.3 TABLA DE TOMA DE MUESTRAS EN EL AREA DE
ALMACENAMIENTO Y DESCARGA DE COMBUSTIBLE DE INDUSTRIAS
GUAPAN S.A

FECHA	MUESTRA	TANQUE	NOMENCLATURA
7- Julio – 2010	M1	T3	M1T3
7- Julio – 2010	M1	T4	M1T4
10 – Julio – 2010	M2	T3	M2T3
10 – Julio – 2010	M2	T4	M2T4
17 – Julio – 2010	M3	T3	M3T3
17 – Julio – 2010	M3	T4	M3T4
21 – Julio – 2010	M4	T3	M4T3
21 – Julio – 2010	M4	T4	M4T4
24 – Julio – 2010	M5	T3	M5T3
24 – Julio – 2010	M5	T4	M5T4

FUENTE: PROPIA

Cabe recalcar que para cada toma de muestras se realizaron subtomos, las mismas que fueron ejecutadas a lo largo de la purga, homogenizando al final en una sola muestra, a las cuales se les practicaron análisis físico – químicos.

3.5 DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Este proceso de recolección de información se capitalizó por medio de la revisión de los registros mensuales ejecutados por VEPAMIL, como Empresa proveedora a Industrias Guapán S.A. del bunker, respecto de cantidad de agua existente en este combustible, estableciéndose un promedio mensual del volumen de agua contenida en los tanques de almacenamiento.

De igual manera, se promedió el volumen de combustible consumido por mes, utilizando para ello el período enero – junio de 2010.

Para otras variables se procedió a realizar un muestreo que nos brinde información luego de un análisis físico – químico. El análisis de la información se ejecutó respecto del producto en estudio, el Fuel Oil N° 6, (sub-producto del Petróleo), procediéndose a considerar los parámetros de estudio expresados en la siguiente Tabla, y contenidos en el Reglamento de Hidrocarburos:

TABLA 3.4 EFLUENTE (punto de descarga)

Parámetro	Expresado en	Unid
Potencial hidrógeno	pH	---
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm
Hidrocarburos totales	TPH	mg/ l
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l
Sólidos totales	ST	mg/l
Bario	Ba	mg/l
Cromo (total)	Cr	mg/l
Plomo	Pb	mg/l
Vanadio	V	mg/l
Nitrógeno global (incluye N orgánico, Amoniacal y óxidos) ³⁾	NH4-N	mg/l
Fenoles ³⁾	-----	mg/l

Límites permisibles para el monitoreo ambiental permanente de aguas y descargas líquidas en transporte y almacenamiento de hidrocarburos y sus derivados, inclusive lavado y mantenimiento de tanques y vehículos.

FUENTE: REGLAMETO HIDROCARBUROS.

Con los parámetros ya definidos, los análisis proyectaron resultados, los mismos que fueron comparados con la Legislación Ambiental vigente, contenida en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) en su Anexo 1: Tabla 12, y que se concibe en el siguiente detalle:

TABLA 3.5 LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Bario	Ba	mg/l	2,00
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,20
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,50
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250,00
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,00
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15,00
Plomo	Pb	mg/l	0,20
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos totales		mg/l	1 600
Vanadio		mg/l	5,00

FUENTE: TULAS, LIBRO VI, ANEXO 1, TABLA 12

Luego de la confrontación y análisis minucioso de estos resultados, se procedió a proponer un sistema que permita volver a permisibles las variables sometidas a estudio.

3.6 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Dentro de los análisis de resultados se concibió la Matriz de Resultados. En ella se ingresaron, ordenaron y depuraron los resultados, para luego y con la aplicación de técnicas estadísticas, se posibilitó encontrar los valores más altos, bajos, así como el promedio de los resultados, buscando relaciones y conociendo el grado de importancia de los parámetros analizados.

Ello sin lugar a dudas permitió una interpretación adecuada y la formulación parcial de conclusiones.

Entre las técnicas estadísticas aplicadas tenemos:

- ✓ **Valor Máximo:** Es el valor más alto de una serie de datos.
- ✓ **Valor Mínimo:** Es el valor más bajo de una serie de datos.
- ✓ **Media Aritmética:** En matemáticas y estadística, la media aritmética (también llamada promedio o simplemente media) de un conjunto finito de números, es igual a la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos. Cuando el conjunto es una muestra aleatoria recibe el nombre de media muestral, siendo uno de los principales estadísticos muestrales.

Expresada de forma más intuitiva, podemos decir que la media (aritmética) es la cantidad total de la variable distribuida a partes iguales entre cada observación.

Dados los n números $a_1, a_2, \dots, a_n$, la media aritmética se define simplemente como:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} = \frac{a_1 + \dots + a_n}{n} \quad ^{12}$$

- ✓ **Desviación Estándar:** La desviación estándar o desviación típica (σ), es una medida de centralización o dispersión para variables de razón (ratio o cociente) y de intervalo, de gran utilidad en la estadística descriptiva. Se define como la raíz cuadrada de la varianza. Junto con este valor, la desviación típica es una medida (cuadrática) que informa de la media de distancias que tienen los datos respecto de su media aritmética, expresada en las mismas unidades que la variable.

Para conocer con detalle un conjunto de datos, no basta con conocer las medidas de tendencia central, sino que necesitamos conocer también la

¹² Wikipedia. (2010). Media Aritmética. Consultado el (12 de Agosto 2010). Disponible en: es.wikipedia.org/wiki/Media_aritmética.

desviación que representan los datos en su distribución respecto de la media aritmética de dicha distribución, con objeto de tener una visión de los mismos más acorde con la realidad a la hora de describirlos e interpretarlos para la toma de decisiones.¹³

- ✓ **Varianza:** Representa la media aritmética de las desviaciones con respecto a la media que son elevadas al cuadrado. Si atendemos a la colección completa de datos (la población en su totalidad) obtenemos la varianza poblacional; y si por el contrario prestamos atención sólo a una muestra de la población, obtenemos en su lugar la varianza muestral. Las expresiones de estas medidas son las que aparecen a continuación.

Expresión de la varianza muestral:

$$S_X^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}$$

Segunda forma de calcular la varianza muestral:

$$S_X^2 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n} - \bar{X}^2 \quad 14$$

- ✓ **Homogeneidad de las Varianzas:** El test de la homocedasticidad (homogeneidad de las varianzas) se realiza con el test de Levene. Contrasta la hipótesis nula de la homogeneidad de varianzas. Se rechaza dicha hipótesis nula si la significación del estadístico F es menor que 0,05 (Cañadas A. Mensaje de E-mail. Agosto 30, 2010).
- ✓ **Análisis de la Varianza con un factor (ANOVA):** El análisis de la varianza permite contrastar la hipótesis nula de que las medias de K poblaciones ($K > 2$) son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado. Este

¹³ Wikipedia. (2010). Desviación Estándar. Consultado el (12 de Agosto 2010). Disponible en: es.wikipedia.org/wiki/Media_aritmética.

¹⁴ Wikipedia. (2010). Varianza. Consultado el (12 de Agosto 2010). Disponible en: es.wikipedia.org/wiki/Media_aritmética.

contraste es fundamental en el análisis de resultados experimentales, en los que interesa comparar los resultados de K 'tratamientos' o 'factores' con respecto a la variable dependiente o de interés.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_K = \mu$$

$$H_1: \exists \mu_j \neq \mu \quad j = 1, 2, \dots, K$$

El Anova requiere el cumplimiento los siguientes supuestos:

- Las poblaciones (distribuciones de probabilidad de la variable dependiente correspondiente a cada factor) son normales.
- Las K muestras sobre las que se aplican los tratamientos son independientes.
- Las poblaciones tienen todas igual varianza (homocedasticidad).
- El ANOVA se basa en la descomposición de la variación total de los datos con respecto a la media global (SCT), que bajo el supuesto de que H0 es cierta es una estimación de σ^2 obtenida a partir de toda la información muestral, en dos partes:
- Variación dentro de las muestras (SCD) o Intra-grupos, cuantifica la dispersión de los valores de cada muestra con respecto a sus correspondientes medias.
- Variación entre muestras (SCE) o Inter-grupos, cuantifica la dispersión de las medias de las muestras con respecto a la media global.
- Las expresiones para el cálculo de los elementos que intervienen en el Anova son las siguientes:

Media Global:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}}{n}.$$

Variación Total:

$$SCT = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{X})^2$$

Variación Intra-grupos:

$$SCD = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{X}_j)^2$$

Variación Inter-grupos:

$$SCE = \sum_{j=1}^K (\bar{X}_j - \bar{X})^2 n_j$$

Siendo x_{ij} el i-ésimo valor de la muestra j-ésima; n_j el tamaño de dicha muestra y $\bar{x}_j$ su media.

Cuando la hipótesis nula es cierta $SCE/K-1$ y $SCD/n-K$ son dos estimadores insesgados de la varianza poblacional y el cociente entre ambos se distribuye según una F de Snedecor con $K-1$ grados de libertad en el numerador y $N-K$ grados de libertad en el denominador. Por lo tanto, si H_0 es cierta es de esperar que el cociente entre ambas estimaciones será aproximadamente igual a 1, de forma que se rechazará H_0 si dicho cociente difiere significativamente de 1.¹⁵

3.7 CONSTRUCCIÓN DEL INFORME DE LA INVESTIGACIÓN

Para obtener las circunstancias, acontecimientos, características y situación en la que se encuentra el tema de estudio, se ejecutaron las siguientes investigaciones:

- ✓ **EXPLORATIVA**, pues se requirió descubrir el problema, clasificar y sistematizar la información, para indagar sus evidencias y lograr ejecutar un registro ordenado, coherente y sistematizado de la información encontrada.
- ✓ **ASOCIACIÓN DE VARIABLES**, pues se buscó conseguir variables que determinen una solución específica por medio de la relación y tendencias de comportamientos de todos los parámetros, verificando y comparando los resultados con la Normativa Ambiental vigente, de tal manera que estos análisis de resultados me permitieron proponer la mejor solución posible, enmarcado en procesos óptimos y factibles.
- ✓ **EXPLICATIVA**, pues los estudios fueron estructurados mediante la comprobación experimental, y conjuntamente con las investigaciones antes descritas y utilizadas, me permitió elaborar la alternativa más adecuada de solución en el propósito de superar el problema planteado.

¹⁵ Análisis de Varianza con un Factor ANOVA. Consultado el (25 de Agosto 2010). Disponible en: http://www.ub.es/aplica_infor/spss/cap4-7.htm.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN RELACIÓN CON LAS HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

*Somos como somos en congruencia
con nuestro medio y... nuestro medio
es como es en congruencia con
nosotros y cuando esta congruencia
se pierde, no somos.*

Humberto B. Maturana

4.1 ENUNCIADO DE LA HIPÓTESIS

Dentro de la investigación y sobre la base de la problemática planteada, hemos formulado las siguientes hipótesis:

Descriptiva:

- “Las actividades de purga de combustible en el área de descarga y almacenamiento de combustible de la Empresa Industrias Guapán, no tienen un correcto manejo para la descarga de su agua contaminada hacia el Rio Tabacay.”

Por comprobar:

- “Los resultados de los análisis físico – químicos, sobrepasan los límites permisibles de descarga a un cuerpo de Agua dulce, contenido en nuestra Legislación Ambiental”

4.2 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA PERTINENTE A CADA HIPÓTESIS

UBICACIÓN



IMAGEN 4.1. FABRICA GUAPÁN: TANQUES DE COMBUSTIBLE 3 Y 4: FUEL OIL N° 6
FUENTE. INDUSTRIAS GUAPÁN

La Compañía Industrias “GUAPAN S.A” está localizada en la parroquia de Guapán del cantón Azogues a 1 Km del centro de la ciudad. En la calle Trajano

Carrasco Baquero y vía a la Parroquia Guapán. Dentro de la empresa se encuentra el área de Descarga y Almacenamiento y Purga de combustible, donde se encuentra ubicado nuestro problema de estudio.

Dentro de este capítulo realizaremos dos análisis, uno de tipo estadístico entre muestras y otro de los resultados obtenidos:

DIFERENCIAS ENTRE LAS DOS MUESTRAS:

Con la finalidad de establecer si existieron diferencias estadísticas entre las dos muestras realizadas en este estudio en el Tanque 3 y 4, se procedió a realizar un análisis de varianza.

En la tabla 4.1 se muestra la prueba de homogeneidad como paso previo para someter a este procedimiento estadístico. No existen diferencias estadísticas para el pH, CE, TPH, DQO, ST, Cr y FENOLES; no así para el Ba, Pb, V, NH₄ que presentaron una homogeneidad de la varianza.

TABLA 4.1 TEST DE HOMOGENEIDAD DE LAS VARIANZAS

PARAMETROS	Estadística de Levene	df1	df2	Sig.
pH	,508	1	8	,496
CE	,003	1	8	,961
TPH	2,032	1	8	,192
DQO	2,529	1	8	,150
ST	,004	1	8	,953
Ba	.	1	.	.
Cr (TOTAL)	1,072	1	8	,331
Pb	7,111	1	8	,029
V	7,069	1	8	,029
NH ₄ -N	18,346	1	8	,003
FENOLES	,067	1	8	,802

FUENTE: PROGRAMA

En la TABLA 4.2 se presenta el análisis de varianza de las muestras tomadas desde el 07 hasta el 24 de Junio del 2010 en los 2 tanques de Almacenamiento de Combustible. Aquí se puede observar que no existieron diferencias

estadísticas entre las dos muestras para el pH, TPH, DQO, ST Y FENOLES. Esto quiere decir que dentro de las muestras de los 2 tanques no hay diferencia entre estas, lo que significa que los contenidos de pH, TPH, DQO, ST Y FENOLES no varían en los tanques de combustibles

TABLA 4.2 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA pH, TPH, DQO, ST Y FENOLES

ANOVA						
PARAMETROS		Suma de cuadrados	Df	Media Cuadrática	F	Sig.
pH	Inter Grupos	,004	1	,004	,105	,755
	Intra Grupos	,306	8	,038		
	Total	,310	9			
TPH	Inter Grupos	2039,184	1	2039,184	1,597	,242
	Intra Grupos	10217,156	8	1277,145		
	Total	12256,340	9			
DQO	Inter Grupos	21808,900	1	21808,900	,280	,611
	Intra Grupos	622079,200	8	77759,900		
	Total	643888,100	9			
ST	Inter Grupos	4,027E+06	1	4,027E+06	6,232	,037
	Intra Grupos	5,170E+06	8	646217,550		
	Total	9,197E+06	9			
FENOLES	Inter Grupos	,006	1	,006	,030	,866
	Intra Grupos	1,514	8	,189		
	Total	1,520	9			

FUENTE: PROGRAMA

En relación al Ba, Pb, V, NH₄ se presentan en los tanques en forma constante y no presentan una variación entre muestras.

ANÁLISIS DE PARÁMETROS:

pH: En la TABLA 4.3 se presentan los resultados de los valores de pH de las muestras en confrontación con los límites permisibles por el MAE. En ninguno de los casos sobre pasa los límites.

TABLA 4.3 RESULTADOS DE MUESTRAS PARA pH

MUESTRAS / PARAMETROS	pH	LÍMITES PERMISIBLES
M1T3	7,49	5 a 9
M2T3	6,95	5 a 9
M3T3	7,04	5 a 9
M4T3	6,94	5 a 9
M5T3	7,03	5 a 9
M1T4	6,87	5 a 9
M2T4	7,18	5 a 9
M3T4	7,29	5 a 9
M4T4	7,14	5 a 9
M5T4	7,17	5 a 9
PROMEDIO	7,11	5 a 9

FUENTE: PROPIA

CE: En la tabla 4.4 se presenta la Conductividad Eléctrica de las muestras tomadas. El rango es de 2116 a 6510. Es necesario resaltar que este parámetro no ha sido normado.

TABLA 4.4 RESULTADOS DE MUESTRAS PARA CE

MUESTRAS / PARAMETROS	CE	LÍMITES PERMISIBLES
M1T3	6090	NO ESTA NORMADO
M2T3	2130	NO ESTA NORMADO
M3T3	2116	NO ESTA NORMADO
M4T3	2134	NO ESTA NORMADO
M5T3	2133	NO ESTA NORMADO
M1T4	2355	NO ESTA NORMADO
M2T4	6390	NO ESTA NORMADO
M3T4	6480	NO ESTA NORMADO
M4T4	6320	NO ESTA NORMADO
M5T4	6510	NO ESTA NORMADO
PROMEDIO	4265,8	NO ESTA NORMADO

FUENTE: PROPIA

TPH: En la tabla 4.5 los rangos de TPH van de 0.6 a 88,5, en el 90% de los análisis sobre pasa los límites permisibles de acuerdo al MAE (2005).

TABLA 4.5 RESULTADOS DE MUESTRAS PARA TPH

MUESTRAS / PARAMETROS	TPH	LÍMITES PERMISIBLES
M1T3	0,6	20
M2T3	114	20
M3T3	88,5	20
M4T3	87,8	20
M5T3	120	20
M1T4	68,3	20
M2T4	49,9	20
M3T4	27,2	20
M4T4	60,8	20
M5T4	61,9	20
PROMEDIO	67,9	20

FUENTE: PROPIA

DQO: En la TABLA 4.6 los datos de la Demanda Química de Oxígeno se encuentran en un 100 % arriba de los valores exigidos por la Norma.

TABLA 4.6 RESULTADOS DE MUESTRAS PARA DQO

MUESTRAS / PARAMETROS	DQO	LÍMITES PERMISIBLES
M1T3	1310	250
M2T3	1005	250
M3T3	905	250
M4T3	935	250
M5T3	860	250
M1T4	970	250
M2T4	1235	250
M3T4	1325	250
M4T4	1410	250
M5T4	542	250
PROMEDIO	1049,70	250

FUENTE: PROPIA

ST: En la TABLA 4.7 el rango de los Sólidos Totales va de 1140 a 3365 y un 50% de estos valores se encuentran fuera de los límites permitidos.

TABLA 4.7 RESULTADOS DE MUESTRAS PARA ST

MUESTRAS / PARAMETROS	ST	LÍMITES PERMISIBLES
M1T3	3102	1600
M2T3	1449	1600
M3T3	1140	1600
M4T3	1151	1600
M5T3	1430	1600
M1T4	1523	1600
M2T4	3230	1600
M3T4	3259	1600
M4T4	3241	1600
M5T4	3365	1600
PROMEDIO	2289,00	1600

FUENTE: PROPIA

Ba: En la TABLA 4.8 todos los resultados del Ba se encuentran en un 100% dentro de los límites permisibles para descargas a cuerpos de agua dulce.

TABLA 4.8 RESULTADOS DE MUESTRAS PARA Ba

MUESTRAS / PARAMETROS	Ba	LÍMITES PERMISIBLES
M1T3	0,02	2
M2T3	0,02	2
M3T3	0,02	2
M4T3	0,02	2
M5T3	0,02	2
M1T4	0,02	2
M2T4	0,02	2
M3T4	0,02	2
M4T4	0,02	2
M5T4	0,02	2
PROMEDIO	0,02	2

FUENTE: PROPIA

Cr: En la TABLA 4.9 se observa que los resultados de las muestras en un 100% se encuentran bajo los parámetros que exige la Norma.

TABLA 4.9 RESULTADOS DE MUESTRAS PARA Cr

MUESTRAS / PARAMETROS	Cr (TOTAL)	LÍMITES PERMISIBLES
M1T3	0,056	0.5
M2T3	0,04	0.5
M3T3	0,042	0.5
M4T3	0,043	0.5
M5T3	0,045	0.5
M1T4	0,049	0.5
M2T4	0,058	0.5
M3T4	0,067	0.5
M4T4	0,071	0.5
M5T4	0,066	0.5
PROMEDIO	0,05	0.5

FUENTE: PROPIA

Pb: En la TABLA 4.10 el rango del Plomo va de 0.09 a 0.1, y el 100 % de los resultados se encuentra dentro de los límites permitidos por el TULAS.

TABLA 4.10 RESULTADOS DE MUESTRAS PARA Pb

MUESTRAS / PARAMETROS	Pb	LÍMITES PERMISIBLES
M1T3	0,102	0.2
M2T3	0,09	0.2
M3T3	0,09	0.2
M4T3	0,09	0.2
M5T3	0,09	0.2
M1T4	0,09	0.2
M2T4	0,09	0.2
M3T4	0,09	0.2
M4T4	0,09	0.2
M5T4	0,09	0.2
PROMEDIO	0,09	0.2

FUENTE: PROPIA

V: En la TABLA 4.11 los valores del Vanadio, en un solo resultado que implica un 10 %, no cumple con el valor permitido por el MAE (2005).

TABLA 4.11 RESULTADOS DE MUESTRAS PARA V

RESULTADOS DE MUESTRAS		
MUESTRAS / PARAMETROS	V	LÍMITES PERMISIBLES
M1T3	0,766	5
M2T3	0,7	5
M3T3	0,7	5
M4T3	0,7	5
M5T3	0,7	5
M1T4	0,7	5
M2T4	0,7	5
M3T4	0,7	5
M4T4	0,7	5
M5T4	23	5
PROMEDIO	2,94	5

FUENTE: PROPIA

NH₄-N: En la TABLA 4.12, el rango del Nitrógeno se encuentra desde 8,5 hasta 71, y el 80 % de los resultados de las muestras no cumplen con la Norma de descargas a efluentes.

TABLA 4.12 RESULTADOS DE MUESTRAS PARA NH₄-N

MUESTRAS / PARAMETROS	NH ₄ -N	LÍMITES PERMISIBLES
M1T3	8,5	15
M2T3	71	15
M3T3	9,5	15
M4T3	20,5	15
M5T3	51,5	15
M1T4	27	15
M2T4	34	15
M3T4	22	15
M4T4	29	15
M5T4	23	15
PROMEDIO	29,60	15

FUENTE: PROPIA

Fenoles ³⁾: En la TABLA 4.13 de los fenoles podemos observar que el rango va desde 0,21 hasta 1,395 y los resultados en un 100% no cumplen con los límites permisibles.

TABLA 4.13 RESULTADOS DE MUESTRAS PARA FENOL

MUESTRAS / PARAMETROS	FENOLES	LÍMITES PERMISIBLES
M1T3	0,54	0,2
M2T3	0,21	0,2
M3T3	1,095	0,2
M4T3	0,975	0,2
M5T3	1,395	0,2
M1T4	1,14	0,2
M2T4	1,065	0,2
M3T4	0,375	0,2
M4T4	1,05	0,2
M5T4	0,345	0,2
PROMEDIO	0,82	0,2

FUENTE: PROPIA

4.3 DISCUSIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN RELACIÓN A LA NATURALEZA DE LA HIPÓTESIS

La Organización Mundial de la Salud OMS define a la polución de las aguas dulces de la siguiente manera: *"Debe considerarse que un agua está polucionada, cuando su composición o su estado están alterados de tal modo que ya no reúnen las condiciones a una u otra o al conjunto de utilizaciones a las que se hubiera destinado en su estado natural"*(Frikinet, 2009).

Separadamente de nuestra Legislación Ambiental, la OMS ha establecido, también, los límites máximos para la presencia de sustancias nocivas en el agua.

Dentro de los resultados obtenidos de las muestras tomadas en el mes de Junio del 2010, en el Área de Almacenamiento, Descarga y Purga de combustibles de la empresa Industrias Guapán, debemos resaltar lo siguiente:

- Con respecto al pH, Ba, Pb, Cr, V, podemos observar que los resultados están bajo norma, lo cual no implica un análisis ni discusión, son valores que por sus resultados no necesitan de tratamiento, alguno para cumplir

con la Norma (TULAS;LIBRO VI) de Descarga de efluentes a un cuerpo de Agua dulce (TABLA 12).

- El valor de la CE en su promedio es de 4265,8, lo cual para uso de riego sobrepasa el valor permitido 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (TULAS; LIBRO VI; ANEXO 1; TABLA 7). Referente a nuestro estudio e hipótesis 1 este valor no se encuentra normado.
- Con respecto al valor de TPH, tenemos que se encuentra con un valor promedio de 67,9, que frente al límite permisible que es 20, existe una inobservancia de la Norma de descargas. Los hidrocarburos del petróleo matan inmediatamente varios animales, especialmente en sus formas larvales (Nicolás Van de Moortele, 2006), y en el riego algunos elementos de estos compuestos permanecen dentro de las aguas, y en los productos (Rodríguez, 2003). Estos compuestos orgánicos representan el mayor riesgo por sus efectos en el ambiente y en la salud humana (EPA, 2007).
- Dentro de la Demanda Química de Oxígeno, tenemos valores del promedio de 1049,7 frente al valor permisible de 500, donde se puede apreciar una violación a los rangos permitidos por el MAE. El DQO indica la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales contenidos en el agua. Medida indirecta de la concentración de material orgánico en función de la cantidad de oxígeno requerido para oxidarlo completamente en forma química. En general, en una muestra hay compuestos orgánicos que, aunque son oxidados por el dicromato de potasio no son biodegradables y, por lo tanto, no son oxidados al ser descargados en un río (Copyright., 2000).
- Para los Sólidos Totales el promedio de los resultados del muestreo nos indica un valor de 2289 y el de la Norma indica 1600, lo cual muestra un claro incumplimiento del límite permitido.

“Todos los contaminantes del agua, con excepción de los gases disueltos, contribuyen a la "carga de sólidos". Pueden ser de naturaleza orgánica e/o inorgánica. Proviene de las diferentes actividades domésticas, comerciales e industriales. La definición generalizada de sólidos es la que se refiere a toda materia sólida que permanece como residuo después de una evaporación y secado de una muestra de volumen determinado, a una temperatura de 103°C a 105°C. La determinación de sólidos totales permite estimar la cantidad de materia disuelta y en suspensión que lleva un líquido. En el caso de análisis de aguas, nos da una idea general respecto de que éstas contendrían impurezas”¹⁶

- El NH₄-N presenta un valor de 29,6 de promedio y la Norma nos da un valor de 15. Es evidente que este parámetro viola el límite permitido en la Legislación en cuanto a descargas a cuerpos de Agua Dulce.

Entre las formas de nitrógeno, unas de las de mayor interés en las aguas son el amoniacal y el total. El amoníaco es uno de los componentes transitorios en el agua, ya que es parte del ciclo del nitrógeno, y se ve influido por la actividad biológica. Es un producto natural de la descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados. Las aguas superficiales no deben contener normalmente amoníaco. En general, la presencia de amoníaco libre o ion amonio, se considera como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. Si el medio es aerobio, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos. El nitrógeno total está compuesto por el nitrógeno amoniacal más el nitrógeno orgánico, y este está constituido por las formas de nitrógeno correspondientes al nitrato, nitrito y amonio (Sardiñas Olivia, 2004).

- Los fenoles tiene como promedio el valor de 0,82 frente al valor permitido de 0,2, por lo cual también excede los límites permisibles.

¹⁶Scribd. (2010). Pre informe para práctica de laboratorio. Consultado el (22 de Agosto 2010). Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/30397484/Pre-Informe-Determinacion-de-Solidos>.

Estos elementos presentan algunas propiedades semejantes a los alcoholes debido a la presencia del grupo -OH . Los fenoles más sencillos son líquidos o sólidos blandos e incoloros y se oxidan con facilidad por lo que se encuentran coloreados. En presencia de impurezas o bajo influencia de la luz, el aire y ciertos compuestos como el cobre y el hierro, el fenol puede teñirse de amarillo, marrón o rojo, es poco soluble en agua, y aunque presentan el puente de hidrógeno, la proporción de carbonos con respecto a la cantidad de -OH es muy baja. El fenol y los compuestos fenólicos constituyen materias primas o productos intermedios en numerosas industrias, y son productos de degradación oxidativa de hidrocarburos aromáticos de mayor peso molecular (Requena L, 2001).

Por lo tanto la hipótesis se cumple con estos cinco elementos fuera de los límites permisibles de la TABLA 12 del TULAS (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria). En este sentido, es importante crear una condición que mejore estos resultados y los coloque bajo normas específicas ambientales.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Llegará un día en que los hombres conocerán el alma de las bestias y entonces matar a un animal será considerado un delito como matar a un hombre. Ese día la civilización habrá avanzado".

Leonardo Da Vinci

5.1 CONCLUSIONES

HIPÓTESIS:

- “Las actividades de purga de combustible en el área de descarga y almacenamiento de combustible de la Empresa Industrias Guapán, no tienen un correcto manejo para la descarga de su agua contaminada hacia el Rio Tabacay.”
- “Los resultados de los análisis físico – químicos, sobrepasan los límites permisibles de descarga a un cuerpo de Agua dulce, contenido en nuestra Legislación Ambiental”

Sobre la base del análisis formulado, se conciben las siguientes conclusiones:

- La hipótesis planteada ha sido confirmada, ya que CE, TPH, DQO, Sólidos Totales, NH₄-N, y Fenoles sobrepasan los límites permisible de acuerdo a la legislación ambiental
- Existe contaminación evidente del cuerpo receptor de agua dulce, pues en la purga inicial se evidencia un claro desperdicio de bunker que es desalojado con las aguas contaminadas.
- Con la revisión de los datos de consumo de combustible y análisis de la cantidad de agua en el combustible, se obtiene un volumen de purga de 490.941,4 litros (129693 galones) de combustible durante un mes.
- Los parámetros: pH, Bario, Cromo, Plomo y Vanadio, expresan resultados ubicados bajo los límites permisibles para descarga de efluentes en cuerpo receptores de agua dulce.

- El parámetro de Conductividad Eléctrica se encuentra ligeramente sobre los valores permitidos para uso de aguas de riego. Sin embargo, al no encontrarse normado para la descarga, no incumple normativa alguna.
- Los sólidos totales presentan un leve incremento con respecto a la normativa. Empero, considerando su porcentaje de afección, ésta resulta inmaterial o muy poco significativa.
- Respecto de los valores: TPH, DQO, NITRATOS Y FENOLES, se observa claramente que sus promedios y porcentajes de afectación están definidos, y se necesita trabajar sobre estos valores, de tal manera que en la Empresa Industrias Guapán S.A deben contar con un sistema de tratamiento que incluya en sus fases un Pretratamiento con un separador de grasas, y luego un tratamiento de filtrado biológico que esta detallado en el Capítulo VI.
- En el análisis de varianza planteado, no existe diferencias significativas entre los parámetros de las muestras del Tanque 3 y las muestras del Tanque 4.

5.2 RECOMENDACIONES

- Debe proponerse como alternativa de solución a este problema un Sistema de Tratamiento Total para estas aguas, el mismo debe incluir la fase de “Pretratamiento” que posibilite separar el agua residual del combustible Bunker. De esta manera se disminuirán los contaminantes del agua residual, recuperándose paralelamente el combustible perdido en el proceso de purga.
- La Fase de Pretratamiento posibilitará además disminuir notablemente los valores sobre la norma presentados en los parámetros: TPH, DQO, NITRATOS Y FENOLES, CONDUCTIVIDAD ELECTRICA y SÓLIDOS TOTALES.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA ALTERNATIVA

Hemos esclavizado y maltratado tanto al resto de la creación que, si pudieran formular una religión, sin lugar a dudas representarían al diablo con nuestra forma.

William Ralph Inge.

6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA

“Sistema de Tratamiento de Aguas Contaminadas en el Área de Descarga, Almacenamiento y Purga de Combustible de la Empresa Industrias Guapán S.A.”

IMAGEN 6.1. EMPRESA INDUSTRIAS GUAPAN



FUNETE: EMPRESA INDUSTRIAS GUAPAN

6.2 JUSTIFICACIÓN

En el presente trabajo se entrega una alternativa de solución sustentable y sostenible para la Industria Guapán S.A. en el Área de Almacenamiento, Descarga y Purga de Combustible, dentro del sector de influencia de los tanques 3 y 4, con capacidad de 240,000 galones cada uno y que almacenan Fuel Oil N° 6 (Bunker).

En esta propuesta se concibe como primera etapa un Sistema de Pre-Tratamiento con el propósito de separar el Agua --- del Bunker, y obtener adicionalmente de este beneficio, mayor levantamiento de sólidos totales, y en general un primer proceso de retención y recuperación de la calidad de Agua Contaminada.

Luego de este proceso se pretende, debido a costos y la efectividad de estos métodos, lograr un proceso de Bio-tratamiento a través de la Biosorción constituida por Lechuguines, que posibilita recuperar de manera eficiente y eficaz la calidad del Agua.

Los beneficios de llevar a cabo este proyecto de sistemas de tratamiento acuáticos, conllevan principalmente a evitar ser sujetos de multas y/o penalizaciones por parte de la Autoridad Ambiental Competente (Ministerio del Ambiente), así como lograr paralelamente que la imagen corporativa medioambiental satisfaga plenamente los intereses comunitarios.

6.3 FUNDAMENTACIÓN

6.3.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

DEPURACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS.

La depuración de aguas residuales provenientes de efluentes industriales, es una necesidad evidente de la sociedad actual debido al peligro que significan estas aguas. La cantidad y naturaleza de los vertidos industriales es muy variada, dependiendo del tipo de industria, de la gestión de su consumo de agua y del grado de tratamiento que los vertidos reciben antes de su descarga. Sin embargo en los países en vías de desarrollo, los métodos convencionales para su tratamiento son inviables, debido a sus altos costos de operación y mantenimiento. Es cuando surge la necesidad de buscar métodos de bajo costo en los que además se puede obtener algún subproducto.

Los sistemas de tratamiento acuáticos son una alternativa propuesta adecuada para la depuración de aguas residuales. En ellos, las plantas acuáticas funcionan como filtros biológicos removiendo sustancias tanto biodegradables como no biodegradables, nutrientes, sustancias tóxicas y microorganismos patógenos. Estos sistemas aunque son de bajo, costo han sido implementados fundamentalmente en países desarrollados debido a la calidad de los efluentes obtenidos.

Actualmente se está estudiando una tecnología específica de tratamiento de aguas residuales, a través del cultivo de especies vegetales como el

lechuguin (*Eichhornia crassipes*), planta que se encarga de depurar el agua residual, es decir, de disminuir el contenido de contaminantes, para poder ser reutilizada.

El efecto depurador del lechuguin (*Eichhornia crassipes*) remueve grandes cantidades de nitrógeno y fósforo, además de metales pesados como manganeso, cromo, cobre, zinc y plomo. Reduce también microorganismos patógenos y su sistema radicular es un excelente medio filtrante para minimizar los sólidos suspendidos.¹⁷

Por otro lado según Baert A. (2002), los hidrocarburos están formados por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre. La composición media sería 85%C, 12%H y 3% S+O+N, además de varios elementos metálicos. La composición de los crudos varía dependiendo del lugar donde se han formado. Las diferencias entre unos y otros se deben, a las distintas proporciones de las diferentes fracciones de hidrocarburos, y a la variación en la concentración de azufre, nitrógeno y metales.

En esta propuesta se abordará aspectos teóricos y técnicos concernientes a los estanques de lechuguin, especializados en el tratamiento de aguas contaminadas industriales. La importancia actual radica en que constituye un método alternativo, dentro de los países en vías de desarrollo.

CARACTERÍSTICAS DE EICHHORNIA CRASSIPES (LECHUGUIN)

- "Nombre científico o latino: *Eichhornia crassipes*
- Nombre común o vulgar: Jacinto de agua, Camalote, Lampazo, Violeta de agua, Buchón, Taruya, Lirio de agua, lechuga de agua, lechuguin
- Familia: Pontederiaceae (Pontederiáceas).
- Origen: cursos de agua de la cuenca del Amazonas, en América de Sur.

¹⁷ JOHANNA ESPAÑA. *Estanques de jacinto de agua para tratamiento de residuos industriales*. Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías, Escuela de Ingeniería Química, Santiago de Cali, Abril 19 del 2006.

FIGURA 6.1: LECHUGUIN CON ALGUNAS CARACTERÍSTICAS



FUENTE: INFOJARDIN

- Especie flotante de raíces sumergidas. Carece de tallo aparente, provista de un rizoma muy particular, emergente, del que se abre un rosetón de hojas que tienen una superficie esponjosa notablemente inflada en forma de globo que forma una vejiga llena de aire, mediante la que el vegetal puede mantenerse sobre la superficie acuática.
- Hojas sumergidas lineares, y las emergidas, entre obovadas y redondeadas, provistas de pequeñas hinchazones que facilitan la flotación.
- Las raíces son muy características, negras con las extremidades blancas cuando son jóvenes, negro-violáceas cuando son adultas.
- Luz: sol o semisombra. Requiere iluminación intensa, que, si es artificial, deberá ser proporcionada por una rampa luminosa completa.
- Temperaturas: en invierno la planta debe ser protegida en invernadero frío en climas con heladas, manteniéndola siempre en agua.
- Se cultiva a una temperatura entre 20-30°C. No resiste los inviernos fríos (hay que mantenerla entre 15-18°C en contenedores con una profundidad de al menos 20cm. y una capa delgada de turba en el fondo). Puede rebrotar en primavera si se hiela.
- Necesita aguas estancadas o con poca corriente e intensa iluminación.
- Multiplicación: mediante división de los rizomas.
- Durante el verano se reproduce fácilmente por medio de estolones que produce la planta madre, llegan formarse verdaderas islas de gran porte¹⁸

¹⁸ INFOJARDIN. (2009). Jacinto de Agua. Consultado el (20 Agosto 2010). Disponible en: <http://www.infojardin.com/fichas/acuáticas/eichhornia-crassipes-jacinto-de-agua-camalote-camalotes.htm>.

Según Fernández Jesús (2006), los principales mecanismos de depuración del jacinto de agua que actúan sobre las aguas residuales industriales son los siguientes:

- Eliminación de sólidos en suspensión
- Eliminación de materia orgánica
- Eliminación de nitrógeno
- Eliminación de fósforo:
- Eliminación de microorganismos patógenos
- Trazas de Metales

EFFECTO DEPURADOR

Experimentos realizados en la Habana Cuba (CELIA RODRIGUEZ, 1995) demuestran que mediante el uso de estas plantas se pueden obtener importantes niveles de eficiencia en la remoción de los contaminantes más comunes de aguas residuales, siendo significativo las remociones en carga de nitrógeno entre 7 y 38 kg de NTK/Ha.d y cargas de fósforo entre 0,9 y 13 kg de Pt/Ha.d, observándose que el tamaño de la planta así como su sistema radicular influyen en la remoción de contaminantes. Las plantas utilizadas presentan velocidades de crecimiento entre 123 y 487 g/m².d (peso húmedo), con un contenido de proteínas entre 25 y 30% (base seca).

En otros estudios más actuales e identificados en nuestra zona se observa claramente la disminución de contaminantes dentro de ecosistemas con lechuguin como podemos apreciar en estudios realizados por Sandra Magali Torres Abad en la Presa Amaluza en el 2008 (ANEXO 5).

Para explicar la manera de absorber y sanear las aguas contaminadas de la operación de purga de este proyecto tenemos lo siguiente:

- Dentro del Biotratamiento en sí, debido a la combinación de la digestión y la absorción que toma lugar en este sistema, provee de una reducción del CTO (Consumo Total de Oxígeno), en la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), y en las concentraciones de compuestos tóxicos (metales pesados).

Estos tratamientos son capaces de eliminar, hasta cierto punto, casi todos los constituyentes del agua considerada como contaminantes: Sólidos Suspendidos, Material Orgánico, Nitrógeno, Fósforo, Elementos Traza, Compuestos Orgánicos de Traza; y, Microorganismos.

Sólidos suspendidos.- Los sólidos suspendidos del agua se eliminan por sedimentación, potenciada por las reducidas velocidades de circulación y por la escasa profundidad, y por filtración a través de las formas vivas y de los desechos vegetales.

Nitrógeno.- El nitrógeno es un elemento esencial puesto que es un elemento de proteínas. Las fuentes de nitrógeno en un estanque incluyen principalmente nitrógeno atmosférico (N₂) y productos de descomposición provenientes de materias orgánicas presentes en el estanque. La transformación y eliminación de nitrógeno en estos sistemas implica una serie de procesos y reacciones complejas. Los mecanismos implicados en la eliminación de nitrógeno del agua dependen de la forma en que está presente el nitrógeno.

Nitrógeno Orgánico.- El nitrógeno orgánico asociado a los sólidos suspendidos presentes en el agua, se elimina por sedimentación y filtración. El nitrógeno orgánico en fase sólida se puede incorporar directamente al humus del suelo, que consiste en moléculas orgánicas complejas de gran tamaño que contienen carbohidratos complejos, proteínas, sustancias proteínicas y ligninas. Parte del nitrógeno

orgánico se hidroliza para formar aminoácidos que se pueden descomponer, adicionalmente para producir iones amonio (NH_4).

Nitrógeno Amoniacal.- En estos sistemas de tratamiento, el nitrógeno amoniacal puede seguir diferentes vías de descomposición. El amoniaco soluble se puede eliminar por volatilización directa a la atmósfera en forma de amoniaco gas. Esta vía de eliminación es de un 10%.

La mayor parte del amoniaco afluente y del amoniaco convertido, se absorbe temporalmente mediante reacciones de intercambio iónico sobre las partículas del suelo y sobre las partículas orgánicas dotadas de carga. El amoniaco absorbido es apto para el consumo por la vegetación y los microorganismos, o para la conversión a nitrógeno en forma de nitrato mediante la nitrificación biológica bajo condiciones aeróbicas.

Nitrógeno en forma de nitrato.- No sufre reacciones de intercambio iónico debido a su carga negativa, permanece en solución, y es transportado como parte del agua percolada. Los nitratos son fácilmente asimilados para nuevos tejidos por las plantas, o se convierte en nitrógeno elemental por la bacteria de desnitrificación. Algunos nitratos se pierden en los sedimentos.

Desnitrificación / Nitrificación Biológica.- Los nitratos también se eliminan por desnitrificación biológica y posterior liberación del óxido nítrico gaseoso y del nitrógeno molecular a la atmósfera. En los sistemas acuáticos la desnitrificación biológica es el principal mecanismo de eliminación de nitrógeno.

En la nitrificación, la bacteria del género *Nitrosomonas* convierte el amoníaco en nitrito, y la bacteria del género *Nitrobacter* convierte nitrito

en nitrato bajo ciertas condiciones. Estas formas inorgánicas pueden ser tóxicas, es por esta razón que la amonificación, nitrificación y desnitrificación son procesos importantes en los sistemas de acuicultura.

Elementos traza.- La eliminación de los elementos traza (principalmente metales) se produce, fundamentalmente, por el mecanismo de adsorción (término que engloba reacciones de adsorción y precipitación) y, en menor grado, mediante la asimilación de algunos metales por parte de las plantas.

Los metales son retenidos en el suelo o en los sedimentos de los sistemas acuáticos. Los rendimientos de eliminación suelen ser menores al 80% debido al contacto limitado con sólidos y sedimento.¹⁹

En general, los sistemas permiten eliminar una gran variedad de contaminantes, especialmente los mencionados y que están sujetos a investigación dentro de esta propuesta.

COMPARACIÓN DEL EFECTO DEPURADOR DEL JACINTO DE AGUA CON RESPECTO A OTRAS ESPECIES DE MACRÓFITAS FLOTANTES

Los resultados que se analizan a continuación, están basados en estudios realizados a nivel de planta piloto (Rodríguez Celia, 1995). Las dimensiones de los estanques utilizados fueron: 0.74m de ancho superior, 0.51m de ancho inferior, 1.50m de largo y 0.56m de profundidad, siendo el área superficial de 1.11m² y el volumen de 0.47m³ para una profundidad efectiva de 0.50m de profundidad. A estos estanques se les suministraban de forma continua las aguas residuales de una comunidad cercana; dichas aguas eran previamente

¹⁹ JOHANNA ESPAÑA. *Estanques de jacinto de agua para tratamiento de residuos industriales.* Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías, Escuela de Ingeniería Química, Santiago de Cali, Abril 19 del 2006.

bombeadas a unos tanques almacenadores a partir de los cuales se alimentaban los estanques.

Las muestras de agua fueron tomadas a la entrada y la salida de cada estanque, después que cada sistema se encontraba en el estado estacionario. A estas muestras se les determinaron: DBO, NTK, PT, SST y Coliformes Fecales (CF), estas tres últimas pruebas no se les realizaron a todas las muestras. A las plantas cosechadas se les determinó humedad y nitrógeno.

La velocidad de crecimiento de las plantas se determinó semanalmente por diferencia de pesada, manteniendo las siguientes densidades de las plantas: jacinto de agua (5 kg/m²), lemna (1 kg/m²), pistia (5 kg/m²), salvinia (2 kg/m²) y azolla (1,7 kg/m²).

Los resultados obtenidos demuestran que mediante el uso de plantas acuáticas flotantes se pueden lograr buenas eficiencias en la remoción de los contaminantes más comunes de las aguas residuales domésticas, siendo el jacinto de agua la planta más eficiente, lográndose remociones de hasta 70% en DBO con cargas orgánicas de 510 kg/m².d y tan solo un día de tiempo de retención, mientras la azolla fue la de menor eficiencia. (Ver Tabla No.6.1)

TABLA: 6.1 REMOCIÓN DE CONTAMINANTES POR LAS PLANTAS

PLANTA	CO	TR	DBO		NTK		PT		SST		CF		
			A	E	A	E	A	E	A	E	A	CF	E
Salvinia	97	4	94	22	29	13							
Pistia	97	4	94	18	29	8							
Azolla	61	6,2	92	28	21	10	2	0,8					
Lemna	61	6,2	92	27	21	7	2	0,8					
Azolla	116	3,1	87	41	24	15	3	2,1					
Lemna	116	3,1	87	34	24	16	3	1,9					
Laguna	200	3	141	*23	29	*13	5	*2,6	209	129	1,1x10 ⁷	2,9x10 ⁵	
Jacinto	200	3	141	15	29	8	5	1,2	209	35	1,1x10 ⁷	1,3x10 ⁵	
Laguna	340	1,5	120	*36	24	*17	4	*2,2	96	200			
Jacinto	340	1,5	120	16	24	14	4	1,5	96	32			
Laguna	510	1	121	*43	25	*16	6	*2,9	92	121	1,1x10 ⁷	2,5x10 ⁵	
Jacinto	510	1	121	36	25	15	6	2,4	92	12	1,7x10 ⁷	1,1x10 ⁵	

FUENTE: RODRÍGUEZ CELIA

Leyenda:

- CO = carga orgánica (kg DBO/Ha.d)

- SST = sólidos suspendidos totales (mg/l)
- TR = tiempo de retención (días)
- CF = coliformes fecales (NMP/100 ml)
- DBO = demanda bioquímica de oxígeno (mg/l) * = parte soluble del efluente
- NTK = nitrógeno total Kjeldal (mg/l)
- A = afluente
- E = efluente²⁰

6.3.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La fundamentación legal de esta propuesta parte de la normativa ambiental de nuestro país, específicamente la mencionada en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario:

En el TÍTULO IV, que trata del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación, el **Artículo 73** establece que los procedimientos de control de calidad analítica y métodos de análisis empleados en la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos, control de los procesos de tratamiento, monitoreo y vigilancia de la calidad del recurso, serán los indicados en las respectivas normas técnicas ecuatorianas, o en su defecto, estándares aceptados en el ámbito internacional. Los análisis se realizarán en laboratorios acreditados. Las entidades de control utilizarán, en caso de tenerlos, sus laboratorios.

En el **Artículo 92** se establece la necesidad de contar con un permiso de descargas, emisiones y vertidos, y que constituye el instrumento administrativo que faculta a la actividad del regulado a realizar sus descargas al ambiente, siempre que éstas se encuentren dentro de los parámetros establecidos en las normas técnicas ambientales nacionales o las que se dictaren en el cantón y

²⁰ RODRIGUEZ Celia. (1995). *Evaluación preliminar del uso del jacinto de agua en la depuración de un albaña*. Consultado el (20 de Agosto 2010). Disponible en: www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/mexico/01280e08.pdf.

provincia en el que se encuentran esas actividades. El permiso de descarga, emisiones y vertidos será aplicado a los cuerpos de agua, sistemas de alcantarillado, al aire y al suelo. En este marco la Normativa a aplicar son los parámetros permisibles de descargas de efluentes a cuerpos de agua dulce contemplados en el Libro VI, Anexo 1, Tabla 12, del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS).

6.4 OBJETIVO

6.4.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para reducir la contaminación del Río Tabacay a límites permisibles contemplados en la Norma.

6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar un plan de factibilidad de tratamiento de aguas contaminadas, generadas en la operación de Purga en los tanques de combustible.

6.5 IMPORTANCIA

La consecución de este sistema de tratamiento es de vital importancia para los intereses de la empresa, ya que la normativa ambiental exige un tratamiento para este tipo de descargas, y contribuye a las políticas ambientales de la empresa en su relación amigable con el ambiente.

Cabe recalcar que se pretende realizar un sistema de tratamiento biológico, en el cual se reiteren las políticas empresariales respecto al ambiente, con tratamientos ecológicos que favorezcan tanto en eficacia, en manejo ambiental y en factibilidad por sus costos bajos.

6.6 PLAN DE FACTIBILIDAD

La presente propuesta es factible ya que se aviene a causas ambientales, legales, económicas, entre otras:

- Desde el plano económico, es muy viable, su manejo ecológico es en su totalidad utilizando filtros biológicos, que abaratan costos.

La elaboración de una piscina de lechuguines está alrededor de los 13000 dólares, que frente a los filtros de carbón activado con un costo de 900 dólares, al corto plazo se ven más costosos, pero si analizamos a largo plazo que los filtros duran 1 mes, tenemos que en alrededor de 15 meses se igualan costos, sabiendo que los lechuguines son de reproducción rápida, y en el mismo estanque. Por lo tanto el costo del lechuguin es más económico a largo plazo.

- Dentro del plano ambiental, mejoran y fortalecen más aún las políticas de la empresa apegadas a un correcto manejo integral ambiental.

De otro lado, esta perspectiva implica no realizar gastos en otros tratamientos como lodos activados, carbón activado, procesos químicos, donde la mayoría de sus componentes y mantenimientos son muy costosos.

- Desde el punto de vista técnico, es eficiente, pues tiene buenos márgenes de reducción de contaminantes a través de estos filtros biológicos, de los cuales se consideró al Lechuguin, por su adaptabilidad al medio.
- Asimismo, la población aledaña a la zona y la comunidad en general, aprobarían este tipo de iniciativas, las que permitirán solucionar problemas ambientales de una manera ecológica, amigable con el ambiente que los rodea, coadyuvando a mejorar la imagen de la empresa respecto de su entorno.

6.6.1 UBICACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

Esta propuesta está diseñada en la provincia del Cañar, cantón Azogues, Parroquia Guapán, en la Empresa Industrias Guapán.

IMAGEN 6.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA PROPUESTA.



FUENTE: GOOGLE MAPS

Su primer Pretratamiento estaría ubicado en el área de Descarga, Almacenamiento y Purga de combustible, junto a los sifones de conducción de las Aguas Contaminadas, por la facilidad de separar y recuperar el combustible para volverlo a bombear hacia los tanques de Almacenamiento.

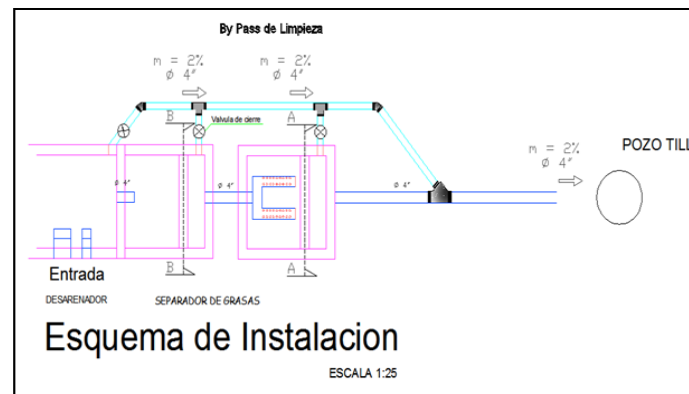
IMAGEN 6.3 FOTOGRAFÍA SECCIÓN DE PRETRATAMIENTO



FUENTE: PROPIA

Las aguas entran y primero se produce una decantación de los sólidos más pesados que se situarán a la parte inferior del depósito. Paralelamente se producirá una separación de las grasas, hidrocarburos mediante la diferencia de pesos específicos, con lo cual hará que los detergentes y grasas queden en la parte superior del depósito. El tubo de salida de aguas, está situado en la parte intermedia del separador, con lo cual se evita que puedan vestirse los sólidos pesados (Situados en la parte inferior) y las grasas y detergentes (situados en la parte superior). Un corte de su estructura física se la puede apreciar en la siguiente imagen, la imagen completa se encuentra en el ANEXO 4:

FIGURA 6.2 INSTALACIÓN DEL PRETRATAMIENTO (TRAMPA DE GRASAS)



FUENTE: EMPRESA INDUSTRIAS GUAPAN

Con respecto al Tratamiento Biológico estaría ubicado, junto al sistema de enfriamiento y planta de tratamiento de Aguas de la empresa, que se encuentra identificado en la siguiente imagen.

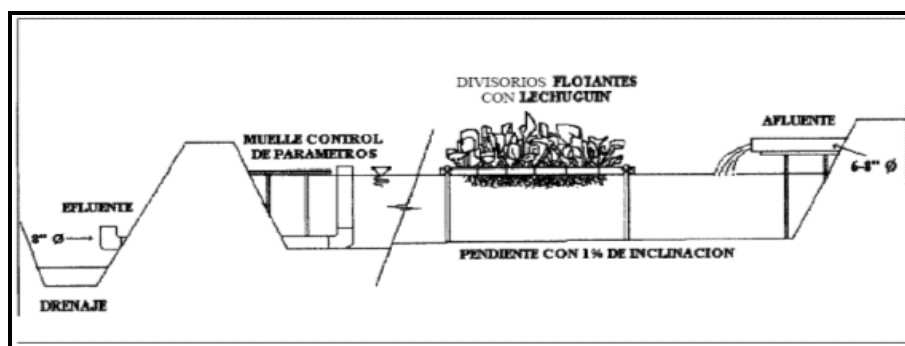
IMAGEN 6.4 LUGAR PARA TRATAMIENTO BIOLÓGICO



FUENTE: PROPIA

Su diseño (España J, 2006) puede definirse de la siguiente forma: El funcionamiento de un filtro biológico es simple, el agua circula a través del filtro biológico (plantas), sobre el cual han crecido las bacterias, las cuales a su vez toman amoníaco o nitritos del agua para transformarlos en sustancias menos nocivas (nitritos y nitratos respectivamente). Las bacterias encargadas de llevar a cabo esta labor son aerobias, es decir, necesitan de la presencia de oxígeno para crecer y sobrevivir, por lo que es esencial que el agua tenga unos niveles adecuados de oxígeno al pasar por el filtro biológico.

FIGURA 6.3. SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS CON JACINTO DE AGUA.



FUENTE: ESPAÑA J.

6.6.2 ASPECTOS TÉCNICOS

CONDICIONES PARA EL TRATAMIENTO

Topografía.- El terreno debe tener una topografía uniforme horizontal o con ligera pendiente, como se observa en la IMAGEN 6.4.

Característica del suelo.- Los suelos más indicados son aquellos de permeabilidad lenta (<5 ml/hora). Es necesario minimizar las pérdidas de agua por percolación. Se realizara el concreto necesitado para este tipo de piscinas.

Clima.- El jacinto de agua puede tolerar temperaturas entre 16 y 30 °C, con el óptimo comprendido entre 20 y 26 °C, sin embargo esta especie se adaptado al clima de la región y existe presencia de lechuguin en zonas cercanas como es El Descanso.

Profundización.- Desde 0.45 m hasta 1.2 m para tratar de que el agua tenga un mezclado vertical de manera que entren en contacto las raíces de las plantas con las zonas en las que se encuentran las bacterias. A menores concentraciones de nutrientes del agua se pueden manejar profundidades mayores, puesto que las raíces de la planta crecen en longitud y los absorben también del suelo.²¹

PREPARACIÓN DE LA PLANTA

Para la preparación de la planta (España J, 2006) se toman en cuenta los siguientes detalles:

Selección.- La cepa inicial se puede extraer de humedales naturales. Se escogen las plantas más pequeñas y que estén floreciendo para ayudar en los procesos reproductivos. Las plantas grandes se rechazan puesto que fácilmente se estropean en su recolección, transporte, desinfección y siembra. En este caso se escogerá de la presa Mazar donde existen especímenes muy jóvenes y están adaptados a la zona.

Desinfección.- El jacinto de agua se deposita en tanques de depuración de 10m³ de capacidad (o dependiendo de la cantidad a tratar), las que tenían agua circulante drenada por el fondo para la eliminación de sedimentos. Posteriormente se recupera el nivel y se mantiene para proceder a aplicar cloro con una concentración aproximada de 50 ppm, para combatir microorganismos como

²¹ JOHANNA ESPAÑA. *Estanques de jacinto de agua para tratamiento de residuos industriales.* Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías, Escuela de Ingeniería Química, Santiago de Cali, Abril 19 del 2006.

hongos, bacterias y otros. En este caso se realizara en una parte de la misma piscina de tratamiento.

Siembra.- Después de un periodo de tiempo conveniente de desinfección, las plantas se colocan en gavetas para facilitar su transporte hasta el estanque en donde luego se colocan en cercos, con el máximo cuidado, desechando plantas estropeadas, quebradas, etc. Su cantidad será del 30 % de la superficie de la piscina.

PREPARACIÓN DEL ESTANQUE

El estanque se prepara tomando una medida de pH para garantizar un pH inicial más o menos neutro. Si es necesario, se hacen correcciones con carbonato de Calcio. El llenado del estanque se hace una semana antes de la siembra. (España J, 2006)

En este caso el estanque va ser una piscina que cuenta con flotadores artificiales, los cuales van a estar ubicados alrededor del lechuguin.

DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DEL ESTANQUE (España J, 2006))

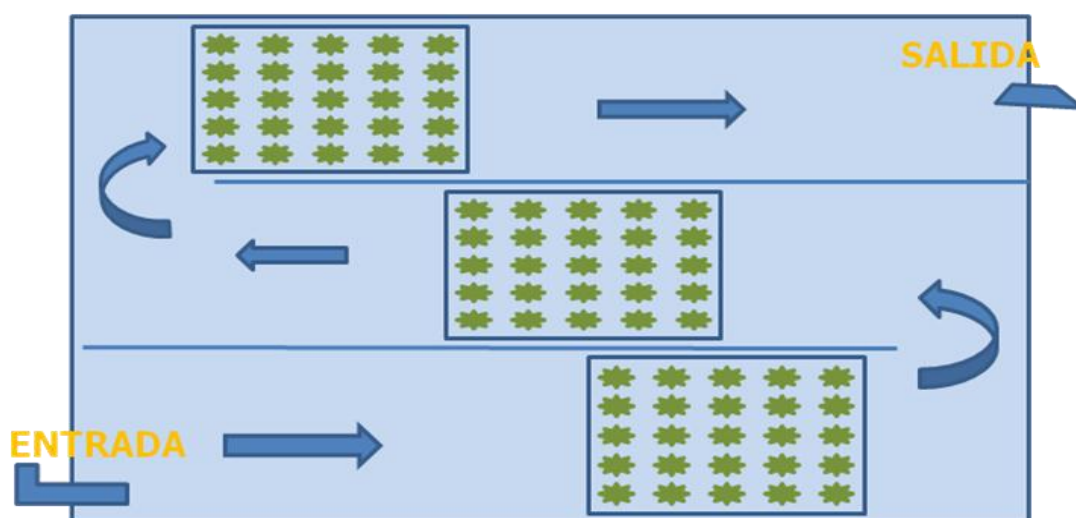
En esencia, hay tres líneas de desarrollo tecnológico de humedales artificiales, cuyo modo de operación, aun basándose en los mismos principios biológicos, es diferente. Se trata de los denominados humedales de flujo superficial, los humedales de flujo sub-superficial y los humedales con las plantas flotando sobre la superficie del agua. A este último tipo de sistemas pertenecen los que utilizan plantas naturalmente flotantes, tales como el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*).

La principal ventaja que ofrecen estos sistemas, es la gran superficie de contacto que tienen sus raíces con el agua residual ya que ésta les baña por completo, lo que permite una gran actividad depuradora de la materia orgánica por medio de

los microorganismos adheridos a dicha superficie o por las propias raíces directamente.

En cuanto a la forma del estanque, ésta difiere de acuerdo al espacio disponible para el sistema de tratamiento de aguas y también del volumen o caudal de alimentación de aguas residuales que se necesita tratar. En ocasiones, se requiere diseñar un estanque en forma rectangular por ejemplo una piscina, con un grado de inclinación mínimo requerido. Otro diseño muy utilizado y que utilizaremos nosotros, por las condiciones de volumen y características del agua contaminada, son los canales con paredes inclinadas, con un ancho entre 1 – 1.5 m, 1.5 metros de profundidad y 12 metros de largo, y por el tiempo de retención que debe tener el agua (3 a 5 días), se realizara tres canales a lo largo de la piscina, como se muestra en la siguiente figura.

FIGURA 6.4 ESQUEMA PROPUESTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO CON LECHUGUIN



FUENTE: PROPIA

MANTENIMIENTO

El jacinto de agua es una especie invasora que se multiplica rápidamente. Por esta causa es necesario podarla para que no dañe el cerco o se salga y obstruya

los conductos. En casos contrarios, hay plantas que se marchitan, no prenden o simplemente se "queman", las cuales hay que reponerlas (ESPAÑA J, 2006).

6.6.3 PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo que implica el desarrollo de la Propuesta se plantea en la Tabla siguiente, a través de sus objetivos, nombre de la actividad y resultados esperados.

TABLA 6.2 PLAN DE TRABAJO

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS ESPERADOS
Proponer un Sistema de Tratamiento de Aguas Contaminadas, para reducir la contaminación del Rio Tabacay a límites permisibles contemplados en la Norma.	- Realizar un plan de factibilidad de tratamiento de aguas contaminadas, generadas en la operación de Purga en los tanques de combustible.	- Obras civiles de construcción de los tanques de pretratamiento.	- Separar el Agua Residual del Combustible Bunker.
		- Instalación de equipos necesarios para el funcionamiento de esta etapa.	- Bombear el combustible Bunker recuperado a los tanques de Almacenamiento T3 y T4. - Disminuir la presencia de sólidos totales en el agua residual.
		- Obras civiles de construcción de los sistemas o tuberías de conducción de las aguas residuales.	- Disminuir los porcentajes excesivos de los parámetros sometidos a estudios a rangos permitidos en la Norma.
		- Obras civiles de construcción de la piscina de tratamiento biológico.	
		- Recolección, transporte y siembra de Lechuguin en las instalaciones.	

FUENTE: PROPIA

6.6.3 ACTIVIDADES

Como se puede observar en la Tabla 6.2, las Actividades por concretarse, de manera explícita me permito enunciarlas a continuación:

- **Obras civiles de construcción de los tanques de pre-tratamiento:** Se debe construir un sistema que posea tres tanques conectados, en el primero estará el desarenador, en el siguiente la trampa de grasas, y el último será para el agua residual ya depurada, antes de ser enviada a la piscina de filtros biológicos.
- **Instalación de equipos necesarios para el funcionamiento de esta etapa:** Se prevé la instalación de una bomba que nos permita enviar el combustible recuperado, hacia los tanques de almacenamiento.
- **Obras civiles de construcción de los sistemas o tuberías de conducción de las aguas residuales:** Se construirá todo el sistema de entrada al pre-tratamiento, conexión entre el pre- tratamiento y el tratamiento biológico, y la conducción de descarga del sistema completo.
- **Obras civiles de construcción de la piscina de tratamiento biológico:** Dentro de esta etapa se debe construir la piscina biológica en la cual se sembrarán los lechuguines para el tratamiento biológico.
- **Recolección, transporte y siembra de Lechuguin en las instalaciones:** Se recogerán los lechuguines de la represa Daniel Palacios (geográficamente ubicada en las provincias de Azuay y Cañar), para luego por medio de gavetas transportarlas hasta la empresa, donde se sembrarán directamente en la piscina construida

6.7 RECURSOS

Humanos

Al señor Superintendente de Medio Ambiente de la empresa, se le asignará la responsabilidad de este proyecto. Se contará además con los servicios profesionales técnicos del señor Jede del Departamento de Ingeniería Civil de las Empresa, funcionario que dirigirá la construcción de la obra. La mano de obra no calificada estará constituida por una cuadrilla de 5 trabajadores, quienes se encargaran de la construcción de la obra civil, del sistema de conducción, y de la instalación de equipos.

La recolección de lechuguines, transporte y siembra, será planificada y supervisada por el señor Superintendente de Medio Ambiente, actividad que se la ejecutará con el aporte de 5 trabajadores de varios servicios.

Materiales, Herramientas, y Equipos

TABLA 6.3 RECURSOS MATERIALES Y FUNCIONES

BIENES	FUNCIÓN
MATERIALES DE CONSTRUCCION: (CEMENTO, GRAVA ARENA, HORMIGON, ACERO DE REFUERZO, HIERRO, IMPERMEABILIZADORES, PINTURA)	Materiales que se utilizan para la construcción de la parte civil e infraestructura, para la trampa de grasas y la piscina biológica.
MATERIALES DE CONDUCCION: (TUBERIAS, VALVULAS DE DESFOGUE, CODOS, TEE, TAPAS Y CERCOS METALICOS, REJILLAS PARA CANAL, GAVETAS, MALLAS.)	Materiales utilizados para el transporte y conducción de las aguas residuales, y sus accesorios en las dos etapas del tratamiento.
HERRAMIENTAS. (PICOS, PALAS, CARRETILLAS, , HERRAMIENTAS DE MANO)	Herramientas que se utilizaran en los trabajos para realizar las distintas actividades del proyecto.
EQUIPOS.: (VOLQUETAS, COMPACTADORES, BOMBA DE SUCCIÓN, CAMIONETA, CANOA)	Equipo para construir la estructura del proyecto, bombear el combustible recuperado hacia los tanques de almacenamiento, seleccionar y transportar los lechuguines.

FUENTE: PROPIA

Financieros

TABLA 6.4 PRESUPUESTO TRAMPA DE GRASAS

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P.UNIT.	P.TOTAL
1	Derrocamiento de hormigón	m3	9,75	78	760,50
2	Excavación a mano en terreno sin clasificar	m3	41,18	8,5	350,03
3	Acarreo de material en carretilla	m3	66,21	5,9	390,64
4	Desalojo de material en volqueta	m3	66,21	6	397,26
5	Tendido y compactación de sub base	m3	12,9	20,5	264,45
6	Rejillas para canal	m	8,4	130	1092,00
7	Encofrado recto	m2	75,7	8,5	643,45
8	tapas y cercos metálicos para T. de Grasas	u	5	90	450,00
9	Válvulas de desfogue y accesorios	u	2	150	300,00
10	Tubería de PVC	m	14	10,5	147,00
11	Codos PVC	u	10	12	120,00
12	Tee PVC	u	2	17,3	34,60
13	Hormigón simple	m3	15,5	140	2170,00
14	Acero de refuerzo	Kg	778,88	2,05	1596,70
15	Replanto de piedra	m2	12,75	7,1	90,53
16	Impermeabilización interna	m2	42,3	34	1438,20
17	Grava 3/4	m3	1,01	80	80,80
18	Enlucidos	m2	32,55	7,4	240,87
19	Sacada de filos	m	21,8	2,5	54,50
20	Fondo y pintura	m2	32,55	3,5	113,93
21	Tubería PVC 200mm	m	2,7	6	16,20
SUMA TOTAL EN DOLARES					10751,65

FUENTE: EMPRESA INDUSTRIAS GUAPAN

TABLA 6.5 PRESUPUESTO PISCINA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	
			UNITARIO	TOTAL
REPLANTEO	m2	45,60	0,81	36,94
EXCAVACION A MANO	m3	77,52	8,58	665,12
DESALOJO HASTA 3 Km	m3	100,70	6,70	674,69
DRENES EN BASE	m	30,00	18,00	540,00
ENCOFRADOS	m2	178,00	8,83	1.571,74
ACERO DE REFUERZO	Kg	.211,00	2,13	2.579,43
HORMIGON SIMPLE f'c = 210 Kg/cm2	m3	29,52	135,00	3.985,20
IMPERMEABILIZACION DE PAREDES Y PISO CON PRODUCTOS EPOXICOS	m2	75,00	34,00	2.550,00
ACCESORIOS	global	1,00	600,00	600,00
SUMA TOTAL EN DOLARES				13.203,12

FUENTE: EMPRESA INDUSTRIAS GUAPAN

En total para el sistema de tratamiento de aguas contaminadas se necesita un presupuesto de 23954,77 \$, que sumado al costo de 8000 \$ de la bomba centrífuga de 5 Hp (es la más versátil de todas las bombas de líquidos viscosos, de flujo libre de impulsos y capacidades autocebadoras y de elevación, de aspiración alta, provee un flujo constante y pasivo a través de un amplio rango de viscosidades, temperaturas, presiones.), y al costo de cosecha, transporte y siembra de lechuguines de 500\$, suman una cantidad total de **32454, 77 dólares americanos**.

6.8 IMPACTO

Dentro de esta propuesta se busca que el impacto sea positivo dentro de tres aspectos primordiales, los que tienden básicamente a lograr un equilibrio entre los desarrollos sostenible y sustentable:

a) En lo social :

La propuesta está orientada a que la población de la ciudad de Azogues y su entorno, se vean favorecidas en los siguientes aspectos:

- La empresa ratifica su compromiso inquebrantable con las políticas y objetivos ambientales de la misma, las que se enmarcan en un desarrollo optimizando recursos y logrando un sano equilibrio con el ambiente.
- Aportar de manera significativa con la ciudadanía y sus esfuerzos por rescatar al Rio Burgay y sus afluentes (Rio Tabacay).
- Mejorar la imagen corporativa de la Empresa, la que podría estar concebida dentro de la ciudadanía como fuente de contaminación en la ciudad, demostrando su compromiso con la misma y todos los lugares sensibles en los que interfiere, dejando una clara identificación de una empresa solidaria y comprometida con el medio donde se desenvuelve.

- Es una oportunidad y un ejemplo como plan piloto, dentro de la ciudad y de la provincia, para que se utilicen este tipo de tecnologías ecológicas, eficientes, equilibradas con el medio natural y de costos muy bajos.

b) En lo Técnico – Ambiental :

La Propuesta está orientada a la protección y recuperación de los recursos hídricos (Rio Burgay y Tabacay) de la ciudad de Azogues.

Tal como se ha señalado en la fundamentación conceptual, el término no se refiere simplemente a la propuesta para cumplir una Norma; al contrario, es ejemplo de metodologías ecológicas que podrían fácilmente aplicarse en la Provincia y el País, impactando positivamente en lo siguiente:

- Subproductos obtenidos por el lechuguin como abono o alimento porcino, entre otros usos.
- Mitigación de impactos negativos en el medio ambiente.

c) En lo Económico :

La implementación de la Propuesta traerá los siguientes beneficios económicos a la empresa:

- Como primer punto la empresa tiene una recompensa de dinero en la recuperación de combustible antes desechado, y ahora separado y recuperado en la etapa de pretratamiento.
- Son menos costosas a largo plazo, que otras opciones de tratamiento por ser naturales y biológicas.

- Los gastos de operación y mantenimiento son bajos. (energía y suministros).
- La operación y mantenimiento no requiere de un trabajo permanente en la instalación.
- Proporcionan muchos beneficios adicionales a la mejora de la calidad del agua, como el ser un hábitat para la vida y un realce de las condiciones estéticas de los espacios de la empresa.
- Son una aproximación sensible con el medio ambiente que cuenta con el favor del público.

6.9 EVALUACIÓN

Una vez implementada la propuesta, se tiene previsto que la evaluación vendrá dada por las Auditorías Internas que serán practicadas por la Superintendencia de Medio Ambiente de la Empresa, y que son parte integrante de la Auditoría Ambiental que se ejecuta cada año.

La toma de muestras realizada cada seis meses de agua residual y análisis físico-químico de las mismas, posibilitarán medir si los parámetros cumplen o no con la Normativa Ambiental.

La evaluación va a enfocarse respecto de los parámetros investigados, los que deberán estar dentro de los límites permisibles, de manera que los datos se encuentren similarmente, o por debajo a los expuestos en la siguiente figura:

TABLA 6.6 LÍMITES PERMISIBLES PARA DESCARGAS A CUERPOS DE AGUA DULCE

PARAMETROS	LÍMITES PERMISIBLES
PH	5.....9
CE	3000(RIEGO)
TPH	20
DQO	500
ST	1600
Ba	2
Cr (TOTAL)	0.5
Pb	0.2
V	5
NH4-N	15
FENOLES	0,2

FUENTE: TULAS, LIBRO VI, ANEXO 1, TABLA 12

6.10 INSTRUCTIVO DE FUNCIONAMIENTO

Dentro del instructivo debemos considerar que el sistema funcionara con las actividades siguientes considerando estas etapas:

Pre tratamiento: (Trampa de grasas)

- Para esta etapa es necesario que la operación de Purga en los Tanques de almacenamiento de combustible 3 y 4 se realice una vez por semana y no dos como se venía realizando, para mejorar el caudal y aumentar la recuperación del Bunker, y conjuntamente a esto tener un caudal justificable que pase al siguiente proceso.
- Cabe recalcar que en esta etapa se separan los sólidos suspendidos y recuperaran la cantidad de bunker que se estaba yendo con el agua contaminada.

- Es importante luego de la purga alimentar el sistema con agua para realizar un barrido de lo último de la purga en el sistema.

Tratamiento: (Piscina Biológica)

- En la piscina una vez que se tenga el caudal resultante del pre tratamiento, el agua debe estar durante 5 a 7 días que dura la otra purga, antes de ser evacuada al cuerpo receptor.

Los controles de algunos parámetros se realizaran cada semana durante pruebas de muestreo rápido, aparte de la revisión constante de las plantas a través de sus raíces para saber el estado de la misma.

En cuanto a la trampa de grasas su mantenimiento y limpieza será periódica, para que su funcionamiento y rendimiento este en su optimo nivel.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). Libro VI: Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.
- FERRER M., COSTA M., BONAFEU M. D., ESTRADA M., ROGER E., Ciències de la Terra i del medi ambient. Segunda edición. Barcelona: Ed. Castellnou, 1998.
- SOANEZ M. Aguas residuales urbanas. Madrid: Ed. Mundi-prensa, 1994.
- J. PLANK Charles, National Inventors Hall of Fame: Catalytic Cracking of Hydrocarbons with a Crystalline Zeolite.
- DUDA, WALTER H. (1977). Manual Tecnológico del cemento, Editores Técnicos Asociados S.A, Barcelona- España
- ECKENFELDER, W. (1989) Industrial Water Pollution Control; 2nd Edition, McGraw-Hill, EE.UU.
- OELKER, M. (1998) Desarrollo de sistemas de tratabilidad de aguas residuales – Aplicación a la industria química; Memoria para optar al Título de Ingeniero Químico de la Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.
- INSTITUTO ANDALUZ DE TECNOLOGÍA – ESPAÑA – Guía para una Gestión Basada en Procesos.
- CATALÁN, L., CATALÁN Z, E., PACHECO R., N y CATALÁN Z., J.A. 2000. Tratado del Agua: Control de la Contaminación y Depuración. 1^{era} Ed. Santa María, C.A. Mérida- Venezuela. 287 p.
- SANCHEZ, L.E. 2004. Control de la Contaminación de las Aguas. II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental. capítulo 17.
- METCALF E. Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales. Madrid: Ed. Labor, 1985.
- ROMERO, Jairo, Purificación del Agua, Editorial Nomos S.A., Colombia, 2000,
- SEOANEZ, Mariano, Depuración De Las Aguas Residuales Por Tecnologías Ecológicas Y De Bajo Costo, Madrid, 2004, Cap. 23

- MUÑOZ, Carolina, Remoción De Metales Pesados En Aguas Residuales Utilizando Una Macrófita Acuática (*Eleocharis Acicularis*) Muerta, 2007.
- ROMERO C, MEJIA J. 2007-2008. Análisis de factibilidad sobre la inyección de aceite quemado en combinación de bunker como combustible alternativo en el área del precalentador, en el proceso de clinkerización en la empresa Industrias Guapán. Tesis de grado. Cuenca, Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Industrial.
- ESPAÑA J. Estanques de jacinto de agua para tratamiento de residuos industriales. Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías, Escuela de Ingeniería Química, Santiago de Cali, Abril 19 del 2006.
- MOGROVEJO Eugenio. (2009). Hormigonera Guapán. Diseño del Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2000. Tesis de Grado (Magister Business Administration. Cuenca, Universidad Politécnica Salesiana.
- SACOTO C. Entrevista personal. (Mayo 20, Agosto 30, 2010).
- CAÑADAS A. Mensaje de E-mail. (Agosto 30, 2010).
- Manual de procedimientos. Empresa Industrias Guapán. (2008).
- MORENO V. (2005). Ecuador busca un manejo sostenible del agua. Consultado el (03 de Mayo 2010). Disponible en: <http://www.ecoportal.net/content/view/full/44043/>
- CONSORCIO CAMAREN. El apareamiento de la agricultura en el mundo, en el continente americano y en el Ecuador. www.asocam.org/..../ECAM_Producción_Agroecologica_completo.pdf. (07 May. 2010).
- HOFSTEDE Robert. (2005). Los páramos deben conservarse. Consultado el (03 de Mayo 2010). Disponible en: <http://www.condesan.org/paramorg/noticias.htm>
- GAIBOR A. Ecuador: no hay agua para todos. Consultado el (05 Mayo 2010). Disponible en: <http://www.lahora.com.ec/>
- MILIARIUM (2004). Composición del Petróleo. Consultado el: (15 May, 2010) Disponible en: <http://www.miliarium.com/monografias/mareasnegras/ComposicionPetroleo.asp>
- INECYC. (2008). La Industria del cemento en Ecuador. Consultado el (20 de Mayo 2010). Disponible en: www.docstoc.com/.../LA-INDUSTRIA-DEL-CEMENTO-EN-ECUADOR..

- WIKIPEDIA. (2008). Aguas contaminadas wikipedia en México. Consultado el (25 de Mayo 2010). Disponible en: www.zonacatastrofica.com/.../aguas-contaminadas-wikipedia-en-mexico.html.
- MONTTOYA O. (2006). El agua. Química técnica. Consultado el (24 de Agosto 2010). Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos36/el-agua/el-agua.shtml>.
- MANUSIN. (2007). Efectos Generales del Petróleo sobre el Medio Ambiente. Consultado el (24 de Agosto 2010). Disponible en: http://petroambiental.blogspot.com/2007/11/efectos-generales-del-petroleo-sobre-el_24.html.
- WIKIPEDIA. (2010). Definición, Tipos de Combustible. Definición Fuel Oil Consultado el (06 de Junio 2010). Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Combustible>.
- WORLD LINGO. (2010), Fuel Oil. Consultado el (25 de Junio 2010). Disponible en: http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Fuel_oil
- MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ESPAÑA. (2003). Programa de Investigación Científica I+D para la Acción Estratégica contra Vertidos Marinos. Consultado el (15 de Junio 2010). Disponible en: www.ceida.org/prestige/Documentacion/programaintcientifica.pdf.
- PETROCOMERCIAL. (2009). Fuel Oil Liviano. Consultado el (16 de Junio 2010). Disponible en: [www.petrocomercial.com/wps/documentos /Productos_Servicios/productos_limpios/Productos_FuelOilLiviano.html](http://www.petrocomercial.com/wps/documentos/Productos_Servicios/productos_limpios/Productos_FuelOilLiviano.html).
- TASSARA A. (2008). El Petróleo. Consultado el (20 de Junio 2010). Disponible en: <http://primerabsp5to.blogspot.com/2008/03/el-petroleo.html>.
- LEFFLER M. (2006). Petróleo. Consultado el (20 de Junio 2010). Disponible en: [http://www.monografias.com/trabajos14/petroleo /petroleo.shtml](http://www.monografias.com/trabajos14/petroleo/petroleo.shtml).
- RODRÍGUEZ VÁZQUEZ. (2007). Problemática Ambiental. Consultado el (16 de Junio 2010). Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos55/contaminacion-de-agua/contaminacion-de-agua2.shtml>.
- WIKIPEDIA. (2010). Media Aritmética, Desviación Estándar, Varianza. Consultado el (12 de Agosto 2010). Disponible en: [www. wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- Análisis de Varianza con un Factor. ANOVA. Consultado el (25 de Agosto 2010). Disponible en: http://www.ub.es/aplica_infor/spss/cap4-7.htm.

- FRIKINET (2009). La próxima guerra será por el agua. Consultado el (22 de Agosto 2010). Disponible en: <http://www.friki.net/informes/26811-la-proxima-guerra-sera-por-el-agua.html>.
- VAN DE MOORTELE N. (2006). Contaminación ambiental según el contaminante. Consultado el (22 de Agosto 2010). Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/972893/mercy>.
- COPYRIGHT. (2000). Ingeniería ambiental & medio ambiente. Consultado el (23 de Agosto 2010). Disponible en: <http://www.Fortunecity.es/expertos/profesor/171/medioambiente.html>.
- SCRIBD. (2010). Pre informe para práctica de laboratorio. Consultado el (22 de Agosto 2010). Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/30397484/Pre-Informe-Determinacion-de-Solidos>
- SARDIÑAS Olivia. (2004). Determinación de nitrógeno amoniacal y total en aguas de consumo y residuales por el método del fenato. Consultado el (23 de Agosto 2010). Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/hie/vol42_2_04/hig02204.htm.
- REQUENA L. (2001). Propiedades de los Fenoles. Consultado el (22 de Agosto 2010). Disponible en: http://www.salonhogar.net/química/nomenclatura_química/Propiedades_fenoles.htm.
- BAERT A. (2002). Composición del Petróleo. Consultado el (20 de Septiembre 2010). Disponible en: www.miliarium.com/.../Composicion_Petroleo.asp.
- INFOJARDIN. (2009). Jacinto de Agua. Consultado el (20 de Agosto 2010). Disponible en: <http://www.infojardin.com/fichas/acuáticas/eichhornia-crassipes-jacinto-de-agua-camalote-camalotes.htm>.
- RODRIGUEZ Celia. (1995). Evaluación preliminar del uso del jacinto de agua en la depuración de un albañal. Consultado el (20 de Agosto 2010). Disponible en: www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/mexico/01280e08.pdf.
- TORRES S. (2008). Estudio de aprovechamiento del lechuguin *Eichhornia Crassipes*, del embalse de la represa Daniel Palacios como Biosorbente de metales pesados en el tratamiento de aguas residuales. Consultado el (28 Agosto 2010) Disponible en: dspace.ups.edu.ec/.../Indice_Estudio_de_aprovechamiento_de_Lechuguin_como_biosorbente_de_metales_pesados.pdf.

