

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**



**CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE**

**TEMA:**

**DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE FILTRACIÓN QUE TIENE LA CÁSCARA DE  
PLÁTANO, PARA REDUCIR METALES PESADOS PRESENTES EN AGUA  
RESIDUAL EN LA EMPRESA WEATHERFORD, CANTÓN FRANCISCO DE  
ORELLANA, PROVINCIA DE ORELLANA, PERIODO 2014.**

**Proyecto de tesis presentado previo a la obtención del título de Ingeniero en  
Medio Ambiente**

**AUTOR:**

**Palacios Redrobán Adrian Alexander**

**DIRECTOR:**

**Lic. Patricio Clavijo Cevallos M.Sc.**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2014**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Como autor de la presente Tesis de Grado: **“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE FILTRACIÓN QUE TIENE LA CÁSCARA DE PLÁTANO, PARA REDUCIR METALES PESADOS PRESENTES EN AGUA RESIDUAL, EN LA EMPRESA WEATHERFORD, CANTÓN FRANCISCO DE ORELLANA, PROVINCIA DE ORELLANA, PERIODO 2014.”**, declaro en tal virtud, que el presente proyecto investigativo producto del soporte bibliográfico y la investigación desarrollada, es propiedad intelectual de Weatherford South America L.L.C., y mi persona, sin importar si el contenido es patentable o no patentable, implica la propiedad y confidencialidad de la información; quien lo recibe está de acuerdo en que es prestado en términos confidenciales con el entendimiento de que ni este ni la información contenida en el mismo puede ser reproducida usada o difundida, completamente o en parte, para ningún propósito excepto para el propósito limitado para que se presta.

Atentamente:

**Adrian Alexander Palacios Redrobán**

**050336666-8**

## **AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

Yo, Lic. Patricio Clavijo M.Sc. Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi y Director de la presente Tesis de Grado: **“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE FILTRACIÓN QUE TIENE LA CÁSCARA DE PLÁTANO, PARA REDUCIR METALES PESADOS PRESENTES EN AGUA RESIDUAL, EN LA EMPRESA WEATHERFORD, CANTÓN FRANCISCO DE ORELLANA, PROVINCIA DE ORELLANA, PERIODO 2014.”**, de autoría del Sr. Adrian Alexander Palacios Redrobán, de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente. **CERTIFICO** que han sido prolijamente realizadas las correcciones emitidas por el Tribunal de Tesis. Por tanto autorizo la presentación de este empastado; mismo que está de acuerdo a las normas establecidas en el REGLAMENTO INTERNO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, vigente.

.....

Lic. Patricio Clavijo Cevallos M.Sc.  
**DIRECTOR DE TESIS**

## **AVAL DEL TRIBUNAL DE TESIS**

Como miembros del tribunal de tesis, certificamos que la presente investigación; **“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE FILTRACIÓN QUE TIENE LA CÁSCARA DE PLÁTANO, PARA REDUCIR METALES PESADOS PRESENTES EN AGUA RESIDUAL, EN LA EMPRESA WEATHERFORD, CANTÓN FRANCISCO DE ORELLANA, PROVINCIA DE ORELLANA, PERIODO 2014”**, es original y ha sido desarrollada por el Sr. Adrian Alexander Palacios Redrobán, bajo la dirección del Lic. Patricio Clavijo M.Sc., en calidad de Director de Tesis y conforme a nuestras observaciones realizadas, está de acuerdo a las normas establecidas en el REGLAMENTO INTERNO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

Atentamente:

.....

Ing. Renán Lara

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

.....

Dr. Polívio Moreno

**OPOSITOR DEL TRIBUNAL**

.....

Ing. Alicia Porras

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico principalmente a Dios, por haberme dado la vida y por regalarme una familia maravillosa que me sirvió como inspiración para sacar fuerzas, no desmayar y salir adelante en los momentos más difíciles, que pese al sacrificio que tuve que pasar al estudiar lejos de casa, me enseñaron a encarar las adversidades sin fallecer en el intento hasta conseguir mis objetivos, permitiéndome de esta manera llegar a este momento tan importante de mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis Padres; Willam Palacios y Janeth Redrobán, quiero agradecerles por su apoyo incondicional, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por brindarme los recursos necesarios para estudiar, sin esperar nada más a cambio que el ver a su hijo culminar una carrera profesional. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis metas.

También quiero agradecerles a mis hermanos; Willam M. Palacios y Lisbeth Palacios, por su apoyo, cariño y por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su sacrificio, fortaleza y por lo que han hecho de mí, como persona, hermano y amigo.

Finalmente quiero dar las gracias a todas las personas que creyeron en mí; familiares, Amigos, docentes y demás, que fueron pilares fundamentales para poder desarrollar esta investigación. A mis directores de tesis MSc. Patricio Clavijo e Ing. María Fernanda Cobos por su confianza, tiempo, esfuerzo y dedicación al ser guía indispensable en la ejecución de mi proyecto.

Mil palabras no bastarían para agradecerles todo su apoyo, comprensión y sus consejos en los momentos difíciles. A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

*Adrian Alexander Palacios Redrobán*

## PÁGINAS PRELIMINARES

<b>CAPITULO I.....</b>	<b>2</b>
<b>1.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.- ANTECEDENTES .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.- MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
1.2.1 Contaminación del agua .....	4
1.2.2 Metales pesados en el agua.....	10
1.2.3 Métodos de tratamiento para metales pesados.....	15
1.2.4 Plátano (banano) .....	17
1.2.5 Tratamiento de agua contaminada con metales pesados a base de cáscara de plátano.....	28
<b>1.3.- MARCO LEGAL .....</b>	<b>20</b>
1.3.1 Constitución Política de la República del Ecuador.....	21
1.3.2 Ley de Gestión Ambiental .....	32
1.3.3 Ley de Aguas .....	34
1.3.4 Ley de prevención y control de la contaminación .....	34
1.3.5 Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente.....	35
1.3.6 Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (1215).....	37
1.3.7 Ley orgánica de régimen municipal .....	41
1.3.8 Ley de prevención y control de la contaminación ambiental. ....	41
1.3.9 Ley de hidrocarburos .....	42
1.3.10 Código penal .....	30
1.3.11 Acuerdo ministerial 026: expedido el 12 de mayo del 2008 por el MAE ....	31
1.3.12 Ordenanza que regula la dirección ambiental del Gobierno Autonomo Descentralizado de Orellana .....	31
1.3.13 Ordenanza de control de calidad del agua en los ríos del cantón Orellana ..	32

<b>1.4 MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>47</b>
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>50</b>
<b>2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y RESULTADOS .....</b>	<b>50</b>
<b>2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>50</b>
<b>2.2 DISEÑO METODOLÓGICO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	
.....	<b>56</b>
2.2.1 Análisis bromatológico de la cáscara de plátano.....	40
2.2.2 Deshidratación de la cáscara de plátano .....	42
2.2.3 Sistema de tratamiento de aguas industriales en Weatherford South America	
L.L.C.....	72
2.2.4 Filtro a base de cáscara de platano para descontaminar agua que contiene	
metales pesados .....	60
2.2.5 Muestreo de agua.....	64
2.2.6 Filtrado de agua .....	71
2.2.7 Análisis e interpretación de resultados .....	76
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>81</b>
<b>3 PROPUESTA PARA TRATAMIENTO FINAL DE AGUA A BASE DE</b>	
<b>CÁSCARA DE PLÁTANO, EN ÁREAS DE LAVADO (PLANTAS DE</b>	
<b>TRATAMIENTO) DE WEATHERFORD SOUTH AMERICA L.L.C. ....</b>	<b>108</b>
<b>3.1 IMPLEMENTACIÓN DE UN FILTRO A BASE DE CÁSCARA DE</b>	
<b>PLÁTANO EN EL TRATAMIENTO FINAL DEL AGUA EN LAS PLANTAS</b>	
<b>DE TRATAMIENTO DE WEATHERFORD SOUTH AMERICA LLC.....</b>	<b>109</b>
<b>3.2 PROCEDIMIENTO TENTATIVO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL</b>	
<b>FILTRO A BASE DE CÁSCARA DE PLÁTANO EN EL SISTEMA DE</b>	
<b>TRATAMETO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES .....</b>	<b>112</b>
3.2.1 Propósito .....	112
3.2.2 Alcance .....	113
3.2.3 Responsabilidades.....	113
3.2.4 Procedimiento .....	114
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>124</b>



<b>5 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>126</b>
<b>5 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>127</b>
5.1 Bibliografía consultada de libros impresos.....	127
5.2 Libros electrónicos.....	128
5.3 Páginas electrónicas.....	128
<b>6 ANEXOS Y GRÁFICOS .....</b>	<b>130</b>
<b>6.1 INFORMES DE LABORATORIO.....</b>	<b>130</b>
6.1.1 Informe de resultados del análisis bromatológico realizado a la cáscara de plátano.....	130
6.1.2 Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua contaminada de Base 1 .....	131
6.1.3 Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua contaminada de Base 2 .....	132
6.1.4 Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua contaminada de Base 2 .....	133
6.1.5 Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua tratada de Base 2.....	134
6.1.6 Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua contaminada intencional y controladamente con metales pesados en el laboratorio LABSU .....	135
6.1.7 Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua contaminada intencional y controladamente con metales pesados en el laboratorio LABSU, luego de haber pasado por el filtro realizado a base de cáscara de plátano. ....	136
<b>6.2 ANEXOS FOTOGRÁFICOS .....</b>	<b>137</b>
Muestreo de agua en planta de tratamiento de Base 2.....	137
Muestra de cáscara de plátano enviada a realizar análisis bromatológico.....	138
Pesaje de muestras durante los ensayos.....	138
Toma de muestras de agua y envío a laboratorio para respectivo análisis .....	141

Partes del filtro utilizado como soporte fijo donde se colocó la cáscara de plátano .....	142
Mesa de ensayo de tesis .....	143
Cáscara de plátano para ser deshidratada y utilizada en ensayo final de filtrado..	144
Utilización de una proporción de 10 ml de cáscara micropulverizada por cada litro de agua a filtrar .....	147
Activación de paso del flujo contaminado a través del filtro .....	149
Proyecto de Tesis HSE .....	151

## INDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1: Temperatura de los 8 días de deshidratación;Error! Marcador no definido.2	
Grafico 2: Peso de la muestra durante los 8 días de deshidratación.....	43
Grafico 3: Peso de la muestra durante las 32 horas de deshidratación .....	67
Grafico 4: Pérdida de peso de la muestra en cuarto caliente MSh .....	70
Grafico 5: Caudal promedio de agua que requiere tratamiento .....	82
Grafico 6: Resultados del análisis de agua contaminada de Base 1 .....	90
Grafico 7: Resultados del análisis de agua contaminada de Base 2 .....	91
Grafico 8: Resultados del tratamiento al agua contaminada de Base 2 .....	94
Grafico 9: Porcentajes de efectividad del tratamiento dado al agua contaminada de Base 2.....	69
Grafico 10: Muestra de agua contaminada intencional y controladamente con metales pesados .....	70
Grafico 11: Muestra de agua contaminada filtrada a través de cáscara de plátano .	75
Grafico 12: Nivel de efectividad del proyecto.....	106

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen1: Ubicación de Weatherford (Base 1) .....	54
Imagen2: Ubicación de Weatherford (Base 2) .....	55
Imagen 3: Cáscara de plátano deshidratándose a sol.....	65
Imagen 4: Cáscara de plátano deshidratándose en autoclave .....	68
Imagen 5: Cáscara de plátano deshidratándose en cuarto caliente de MSh .....	51
Imagen 6: Planta de tratamiento de aguas industriales (Base 2).....	55
Imagen 7: Generalidades del Filtro.....	63
Imagen 8: Ensayo de tratamiento químico dado al agua residual.....	73
Imagen 9: Percolado de agua contaminada con metales pesados a través del filtro	74
Imagen 10: Ensayo comparativo de corrosión entre agua filtrada por la cáscara de plátano y agua sin filtrar .....	76
Imagen 11: Lugar donde el filtro podría ser implementado .....	82

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Contenido nutricional de la Cáscara de Plátano;Error! Marcador no definido.	
Tabla 2: Parámetros de monitoreo para descargas de aguas industriales Tabla 4a RAOHE.....	40
Tabla 3: Resultado de análisis bromatológico de cáscara de plátano .....	42
Tabla 4: Dosificación de Cal dependiendo del pH .....	79
Tabla 5: Dosificación de Sulfato de Aluminio .....	79
Tabla 6: Dosificación de Polímero .....	808

## **INDICE DE ANEXOS**

<b>6.1 INFORMES DE LABORATORIO.....</b>	<b>97</b>
6.1.1 Informe de resultados del análisis bromatológico realizado a la cáscara de plátano.....	97

6.1.2 Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua contaminada de Base 1 .....	<b>98</b>
6.1.3 Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua contaminada de Base 2 .....	<b>99</b>
6.1.4 Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua contaminada de Base 2 .....	<b>100</b>
6.1.5 Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua tratada de Base 2.....	<b>101</b>
6.1.6 Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua contaminada intencional y controladamente con metales pesados en el laboratorio LABSU .....	<b>102</b>
6.1.7 Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua contaminada intencional y controladamente con metales pesados en el laboratorio LABSU, luego de haber pasado por el filtro realizado a base de cáscara de plátano. ....	<b>103</b>

## **INDICE DE FOTOGRAFÍAS**

Muestreo de agua en planta de tratamiento de Base 2.....	<b>104</b>
Mediciones de pH durante los muestreos .....	<b>104</b>
Muestra de cáscara de plátano enviada a realizar análisis bromatológico.....	<b>105</b>
Pesaje de muestras durante los ensayos.....	<b>105</b>
Toma de muestras de agua y envío a laboratorio para respectivo análisis .....	<b>108</b>
Partes del filtro utilizado como soporte fijo donde se colocó la cáscara de plátano .....	<b>14209</b>
Mesa de ensayo de tesis .....	<b>14310</b>
Cáscara de plátano para ser deshidratada y utilizada en ensayo final de filtrado .....	<b>14411</b>
Utilización de una proporción de 10 ml de cáscara micropulverizada por cada litro de agua a filtrar .....	<b>14714</b>

Activación de paso del flujo contaminado a través del filtro .....	<b>14916</b>
Proyecto de Tesis HSE .....	<b>1518</b>

## **RESUMEN**

La cáscara de plátano está compuesta por sustancias y cualidades específicas que permiten que la reducción de los metales pesados sea posible. Entre la composición de la cáscara podemos recalcar la presencia de Hidroxila y Carboxila de Pectina; estas sustancias son capaces de absorber metales pesados e incluso hay estudios que aseguran la absorción de compuestos orgánicos.

En base a lo anteriormente mencionado, la presente investigación se la realizo con la finalidad de determinar el nivel de filtración que tiene la cáscara de plátano para reducir metales pesados presentes en agua, específicamente: Bario, Cadmio, Cromo, Plomo, Níquel y Vanadio. Para esto se realizaron análisis físico químicos en un laboratorio acreditado por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE), al efluente industria de Weatherford, para de esta manera conocer si existe la presencia de los metales pesados en estudio.

Los informes de laboratorio descartaron una presencia elevada de dichos contaminantes en el efluente industrial de Weatherford, pero estos bajos niveles no dejan de ser un problema notorio para las herramientas, equipos y tubería, que son lavados con este efluente industrial, luego de que este haya pasado por un sistema de tratamiento de aguas industriales actualmente dado por la compañía, ya que, la corrosión es casi inmediata.

Para complementar la investigación se contaminó en un laboratorio acreditado por la OAE, de manera controlada e intencional una muestra de agua con niveles elevados de dichos metales, por personas especializadas en el manejo de productos químicos, para luego percolar la muestra por un filtro hecho a base de cáscara de plátano y los resultados de filtración en su mayoría sobrepasaron el 90%, superando notablemente a los métodos actualmente más utilizados a nivel mundial para reducir metales pesados presentes en agua, como por ejemplo, al carbón activado que reduce solamente un promedio del 65%.

## **ABSTRACT**

Banana's peel consists substances and specific qualities which ones allow metals heavy reduction as possible. About shell composition we can emphasize the hydroxylated and carboxylated pectin presence; these substances are able to absorb heavy metals, and there are studies to ensure compounds organic absorption. Based on previous explanation, the present investigation was conducted with the main objective to determine filtration level that has the banana's peel to reduce heavy metals in water, specifically Barium, Cadmium, Chromium, Lead, Nickel and Vanadium.

Therefore, physical and chemical analyzes were performed in an accredited laboratory by the Ecuadorian Accreditation Organization (OAE), industry Weatherford effluent, thus to know if there is metals heavy presence in laboratory studio. Laboratory reports out a high presence of these pollutants in the effluent, but these low levels do not stop being a notorious problem for tools, equipment and piping, which ones are washed with this industrial effluent, after this water industrial system has passed a treatment currently given by the company and corrosion is almost immediate.

To finish the investigation in a program accredited by the OAE laboratory controlled an intentionally water sample with elevated levels of these metals was contaminated, skilled in the chemicals handling, and to percolate the sample, it was passed filter made of banana's peel and filtration results exceeded 90%, significantly

outperforming currently most widely methods used to reduce heavy metals in water around world for example, activated carbon only reduces averaging methods 65%.

## I. INTRODUCCIÓN

Entre la composición de la cáscara de plátano está la Hidroxila y Carboxila de Pectina; que son sustancias son capaces de absorber metales pesados e incluso hay estudios que aseguran la absorción de compuestos orgánicos.

En las paredes internas celulares de la cáscara de plátano se encuentra la pectina; que es una fibra natural que se va desarrollando a medida de que las frutas van madurando y disminuye cuando estas están demasiado maduras. Esta sustancia contiene grupos carboxílicos que en medios ácidos se sobre hidratan, se convierten en grupos de ácido carboxílico y activa su ionización. Es decir, la cáscara de plátano madura deshidratada a 60°C por un determinado tiempo, micropulverizada, al colocarla en agua con un pH menor a 7, por la pectina que contiene, actuaría como un polímero natural estabilizante, que gracias a las moléculas de carga negativa que aquí se desarrollan, pueden atraer a las moléculas de carga positiva que tienen los metales pesados, permitiendo de esta manera la separación o filtración de los mismos.

Las variables medidas en esta investigación fueron Bario, Cadmio, Cromo, Plomo, Níquel y Vanadio. Para esto se realizaron análisis físico químicos en un laboratorio acreditado por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE), al efluente industria de Weatherford, para de esta manera conocer si existe la presencia de los metales pesados en estudio.



Los informes de laboratorio descartaron una presencia elevada de dichos contaminantes en el efluente industrial de Weatherford, pero estos bajos niveles no dejan de ser un problema notorio para las herramientas, equipos y tubería, que son lavados con este efluente industrial, a pesar de que este haya pasado por un sistema de tratamiento de aguas industriales actualmente dado por la compañía, ya que, la corrosión es casi notoria de manera inmediata (en cuestión de horas).

Para extender el alcance investigativo de este proyecto se contaminó en un laboratorio acreditado por la OAE, de manera controlada e intencional una muestra de agua con niveles elevados de los metales pesados en estudio, por personas especializadas en el manejo y control de productos químicos, para luego percolar la muestra por un filtro hecho a base de cáscara de plátano y la efectividad resultante de esta filtración fueron los siguientes: Bario 70%, Cadmio 93.62%, Plomo 90.99%, Níquel 93.82% y finalmente se redujo el 65.52% de Vanadio.

Los resultados obtenidos superando notablemente a los que se alcanza con los métodos actualmente más utilizados a nivel mundial para reducir metales pesados presentes en aguas residuales industriales, como por ejemplo, al carbón activado que reduce solamente un promedio del 65%.

Finalmente la efectividad alcanzada en este proyecto investigativo permitió desarrollar la mejor propuesta, enmarcada dentro de la factibilidad económica, viabilidad técnica y sostenibilidad ambiental, la cual permita implementar el filtro a base de cáscara de plátano dentro del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales que mantiene Weatherford South America L.L.C.

## II. JUSTIFICACIÓN

El estudio de proyectos investigativos relacionados con el agua es bastante dinámico y generoso en la ejecución de investigaciones novedosas, las cuales podrían ayudar a combatir de alguna manera la problemática ambiental actual que se tiene a nivel mundial con este recurso, producto de muchas actividades industriales.

Es por esto que, la presente investigación se la realizó con el fin de determinar el nivel de filtración que tiene la cáscara de plátano para reducir metales pesados presentes en agua, producto residual de procesos de lavado de herramientas, equipos, tubería y más actividades relacionadas con la industria petrolera.

La empresa Weatherford South America L.L.C. En nuestro país es una de las pocas empresas que es responsable y esta consiente de que sus actividades, algún día podrían causar un impacto significativo al ambiente pese a tener un Sistema de Gestión Integrado que ayuda a prevenir, reducir y mitigar los posibles impactos ambientales que podrían generar en las operaciones de la compañía.

La presente investigación se la realizó con el fin de poder determinar si con el aprovechamiento sustentable de la cáscara de plátano, utilizada como elemento filtrante, podría ayudar a reducir de alguna manera significativa los metales pesados presentes en el agua; producto residual de actividades de lavado de herramienta,

equipos y tubería de perforación petrolera, permitiendo mejorar la calidad del agua y a la vez brindar una opción tecnológica, ecológica y sustentable de tratamiento de aguas residuales dentro de la empresa, ratificando de esta manera el compromiso que tiene Weatherford en contribuir con el Medio Ambiente

### **III. OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar el nivel de filtración que tiene la cáscara de plátano, para reducir metales pesados presentes en agua residual en la empresa Weatherford, cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar la situación actual del efluente industrial utilizado en la empresa Weatherford, para lavado de equipos, herramientas y tubería utilizada en la prestación de servicios petroleros.
  
- Determina el nivel de filtración que tiene la cáscara de plátano para reducir metales pesados presentes en agua residual mediante análisis físico químicos de laboratorio.
  
- Elaborar una propuesta para implementar un filtro a base de cáscara de plátano dentro del sistema de tratamiento final de aguas residuales industriales que actualmente mantiene Weatherford South America L.L.C.

# **CAPITULO I**

## **1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **1.1 Antecedentes**

El tema en estudio es nuevo y por ende no hay disponible mucha información que pueda ayudar como antecedentes para sustentar la presente investigación, por lo que, se trató en lo posible de profundizar los conocimientos sobre el tema apoyado por fuentes bibliográficas, complementando con la información de libros, revistas, publicaciones, tesis de grado o algún otro tipo de documentación, con el fin de obtener la mayor cantidad de información posible relacionada de alguna manera con el tema en estudio.

Una tecnología desarrollada por investigadores de la brasileña Universidad de Sao Paulo (USP) utiliza cáscaras de plátano como elemento para filtrar aguas contaminadas por pesticidas.

Las pruebas realizadas en los ríos Piracicaba y Capivari, en el estado brasileño de Sao Paulo, mostraron que la tecnología es más eficiente que los métodos convencionales, incluyendo los filtros con carbón, y que la cáscara del plátano tiene gran capacidad para la absorción de metales.

El método prevé el uso de filtros equipados con cáscaras de plátano que son trituradas y coladas tras haber sido deshidratadas en hornos a temperaturas de hasta 60 grados centígrados.

El filtro con cáscara de plátano presentó diferentes ventajas sobre los otros sistemas de filtraje, incluyendo los térmicos, físicos y químicos, según Claudineia Silva y Graziela Moura Andrade, investigadores de la USP y coordinadoras del proyecto.

Según las científicas, los métodos tradicionales de tratamiento de agua para el abastecimiento humano no son suficientes para remover totalmente los residuos de químicos utilizados como defensivos agrícolas.

La cáscara de plátano, además de ser un residuo barato y altamente disponible, cuenta en su composición con hidroxila y carboxila de pectina, que son elementos capaces de absorber no sólo metales pesados sino también compuestos orgánicos.

## **1.2 Marco Teórico**

A continuación se detallara de manera general la información relacionada con la presente investigación; la cual está relacionada directamente con la contaminación que tienen el agua principalmente con metales pesados, los tratamientos más comunes que actualmente se dan a las aguas industriales que tienen este problema, el tipo de tratamiento de manera general que da Weatherford al agua residual industrial generada en sus operaciones, y finalmente las generalidades de la cáscara de plátano y como esta podría ser utilizada como elemento para filtrar metales pesados presentes en el agua.

### ***1.2.1 Contaminación Del Agua***

Según DREVER Walter et al (2002). La contaminación del medio hídrico o contaminación del agua, es la acción o el efecto de introducir algún material o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación a sus usos posteriores o sus servicios ambientales.

Según HEINKE Wolter et al (2006). La contaminación de los cuerpos de agua (ríos, lagos, océanos y agua subterránea) ocurre cuando los contaminantes son descargados directamente o indirectamente en cuerpos de agua sin un adecuado tratamiento que remueva los compuestos dañinos. La contaminación del agua afecta a plantas y a

organismos que viven en estos cuerpos de agua, y en la mayoría de los casos afecta dañando no solamente a las especies individuales y las poblaciones así como en las comunidades biológicas. El agua de dichos cuerpos se ha contaminado mediante sustancias tóxicas como ácidos, solventes orgánicos, pinturas, metales y demás, derivados de las actividades industriales, agrícolas, ganaderas, domésticas, dicha agua ya no es apta para el consumo humano. La descarga de contaminantes específicos no es la única causa de contaminación del agua, también la construcción de presas, embalses, desviaciones de los ríos, actividades mineras e hidrocarbúricas pueden degradar seriamente su calidad.

Según HEINKE Wolter et al (2006). El agua compone dos tercios del peso total de nuestro cuerpo y es un elemento esencial para la vida del planeta. Se considera que el agua está contaminada, cuando ya no puede utilizarse para el uso que se le iba a dar en su estado natural o se ven alteradas sus propiedades químicas, físicas, biológicas y/o su composición. En líneas generales, sucede cuando esta pierde su potabilidad para el consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas. Aproximadamente un 70% del agua utilizada tiene como finalidad su empleo para la agricultura, otro 20% se aplica al uso industrial y el 10% restante se destina al uso doméstico.

Desde el comienzo de la civilización, el mar ha sido un vertedero natural de aguas contaminadas. A partir de los últimos 100 años, se hacen cada vez más frecuentes los desequilibrios del medio marino debido a la acumulación de factores contaminantes.

El agua cubre aproximadamente un 70% de la superficie de la Tierra lo que supone un volumen verdaderamente grande, sin embargo, hay que tener en cuenta que el agua del planeta es única y no puede reponerse fácilmente. Si bien es cierto que al

agua contaminada se la puede descontaminar en su totalidad pero esto requiere de una serie de procesos muy costoso hoy en día y se complica el tema más aún para las cantidades de agua que necesitará tratar la humanidad en el futuro, debido al imparable desarrollo industrial tecnológico. HEINKE Wolter et al (2006).

Entre las muchas propiedades del agua, una de las más importantes es su capacidad de disolución. Los contaminantes como los residuos químicos, gasolina o petróleo pueden contaminar el agua de la superficie y el suelo cuando se mezclan en alguna de las etapas del ciclo del agua. Por encontrarse sus moléculas en continuo movimiento en sus estados líquido y gaseoso, el agua transporta elementos de una parte a la otra del planeta, ya sea que se encuentren en ella contaminantes disueltos o suspendidos. Dicho de otro modo, el contaminante que arrojamamos al agua, puede dar varias veces la vuelta al mundo quizás en las vísceras de un pez o simplemente arrastrado por las corrientes.

### ***1.2.1.1 Fuentes De Contaminación Del Agua***

Según HEINKE Wolter et al (2006). Entre las principales fuentes de contaminación del agua tenemos las siguientes:

- Fuentes de contaminación natural
- Fuentes de contaminación antropogénica

#### ***A) Fuentes de contaminación natural.***



Según ESCOBAR Luis et al (2007). Entre algunas fuentes de contaminación del agua que son de origen natural, tenemos por ejemplo, el mercurio que se encuentra naturalmente en la corteza de la Tierra y al ser arrastrado por las lluvias o ríos a los océanos, causa contaminación de forma natural. Algo similar pasa con los hidrocarburos y con muchos otros productos.

Normalmente las fuentes de contaminación natural son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de polución, excepto en algunos lugares muy concretos. La contaminación de origen humano, en cambio, se concentra en zonas concretas y, para la mayor parte de los contaminantes, es mucho más peligrosa que la natural. Los factores naturales no pueden controlarse fácilmente y pueden tener un impacto significativo sobre la calidad de una fuente de agua. Los factores que se deben considerar son los siguientes: el clima, las características de la cuenca, la geología, el crecimiento microbiológico y de los nutrientes, los incendios, la intrusión salina y la estratificación térmica. ESCOBAR Luis et al (2007).

### ***B) Fuentes de contaminación antropogénica.***

Según ESCOBAR Luis et al (2007). Los factores antropogénicos que afectan la calidad de las fuentes de agua suelen categorizarse en dos tipos:

- Puntuales
- No puntuales

**a) Fuentes Puntuales.-** Las fuentes puntuales son aquellas fuentes de contaminación caracterizadas por descargas únicas o discretas, en las que los contaminantes se vuelcan desde una única área geográfica aislada o confinada. Entre las fuentes puntuales podemos mencionar: Descargas de efluentes domésticos, descargas de efluentes industriales, operaciones con residuos peligrosos, drenaje en minas, derrames y descargas accidentales.

**b) Fuentes No Puntuales.-** Las fuentes no puntuales son fuentes de contaminación difusas y comprenden actividades que abarcan un área mayor, pudiendo causar la contaminación general del agua subterránea, razón por la cual son más difíciles de controlar que las fuentes puntuales. Las fuentes no puntuales se pueden clasificar en las provenientes de: la agricultura y la ganadería, del drenaje urbano, de la explotación del suelo, de los rellenos sanitarios, de la deposición atmosférica y de distintas actividades recreativas.

A continuación se mencionan algunas características de aguas residuales, producto de distintas actividades humanas.

**a.1 Aguas de origen domestico.-** Según ECHARRI, Kerry et al (2007). Las aguas domésticas son las que provienen de núcleos urbanos. Contienen sustancias procedentes de la actividad humana (alimentos, deyecciones, basuras, productos de limpieza, jabones, etc.). La contaminación de un agua usada urbana se estima en función de su caudal, de su concentración en materias en suspensión y de su demanda biológica. Se admite que un habitante de una comunidad concreta, en un país o región determinados, y según las condiciones de abastecimiento de agua, nivel de vida y sistemas de alcantarillado disponible, vierte una cantidad media de contaminación fija, bien determinada, base del equivalente-habitante.

En general, se ha fijado un valor de 60 g /día de DBO y 70 g /día de sólidos en suspensión por habitante-equivalente. Una de las características principales de un agua residual urbana es su biodegradabilidad, es decir, la posibilidad de depuración mediante tratamientos biológicos, siempre que pueda darse una alimentación equilibrada de las bacterias en nitrógeno y fósforo. Es conveniente que las aguas residuales lleguen a la estación de tratamiento en un estado suficientemente fresco, ya que un agua nauseabunda es tóxica para el tratamiento, por lo que, si se quisiera conseguir una buena depuración, habría de someterse a una preaeración o a una precoloración antes de la decantación.

**a.2 Aguas de origen industrial.-** Según PUGA Ania et al (2013). Los procesos industriales generan una gran variedad de aguas residuales, que pueden tener orígenes muy distintos, en función de los usos más frecuentes a los que se destine:

- ✓ Producción de energía por vaporización, en centrales clásicas o nucleares.
- ✓ Transporte de calorías para condensación de vapor, refrigeración de fluidos de aparatos.
- ✓ Transporte de materias primas o de desechos como en la industria conservera, carbón en los lavaderos, fibras en papeleras, etc.
- ✓ Fabricación de productos en papeleras, industrias textiles y alimentarias.
- ✓ Aclarado de piezas o lavado de productos en tratamientos de superficies, semiconductores, industrias agrícolas, etc.
- ✓ Lavado de gases utilizado en la industria metalúrgica y en las industrias químicas.
- ✓ Extracción y refinamiento de hidrocarburos.

Por lo tanto, los tipos de aguas residuales obtenidas serán las utilizadas como medio de transporte de sustancias, calor en lavado y enjuague, como disolvente y subproducto de procesos físicos de filtración o destilación, etc. Con independencia del posible contenido de sustancias similares a los vertidos de origen doméstico, pueden aparecer elementos propios de cada actividad industrial, entre los que cabe citar: tóxicos, iones metálicos, productos químicos, hidrocarburos, detergentes, pesticidas, etc.

Los contaminantes pueden encontrarse en forma disuelta o en suspensión, y ser orgánicos e inorgánicos por su naturaleza química.

### ***1.2.2 Metales Pesados***

PUGA Ania et al (2013). Los metales pesados constituyen un grupo cercano a los 40 elementos de la tabla periódica que tienen una densidad mayor o igual a 5 g/cm<sup>3</sup>. El rasgo distintivo de la fisiología de los metales pesados, es que aun cuando muchos de ellos son esenciales para el crecimiento como el sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca), vanadio (V), manganeso (Mn), hierro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), Cu, Zn y molibdeno (Mo), se ha reportado que también tienen efectos tóxicos sobre las células, principalmente como resultado de su capacidad para alterar o desnaturalizar las proteínas.

#### ***1.2.2.1 Metales Pesados En El Agua***

Sin duda alguna uno de los mayores problemas al hablar de la contaminación del agua es justamente los metales pesados. PUGA Ania et al (2013). De forma natural, los metales son introducidos a los sistemas acuáticos como resultado de la lixiviación de suelos, rocas, erupciones volcánicas, actividades antropogénicas como son las agrícolas, domésticas, industriales, hidrocarbúrficas y mineras.

Según BRANCO Joule et al (2004). La industria petrogasífera a través de sus actividades, podría causar la dispersión y depósito de grandes cantidades de metales hacia el medio ambiente, si existe alguna operación inadecuada. Al contrario de muchos contaminantes orgánicos los metales pesados, generalmente, no se eliminan de los ecosistemas acuáticos por procesos naturales debido a que no son biodegradables. Por el contrario son muy contaminantes y sufren un ciclo global ecológico, donde las aguas naturales son el principal camino. Hoy en día los metales pesados tienen un gran significado como indicadores de la calidad ecológica de todo flujo de agua debido a su toxicidad y muy especialmente al comportamiento bioacumulativo.

Asimismo los metales pesados tienen tendencia a formar asociaciones con sustancias minerales (carbonatos, sulfatos, etc.) y en mayor grado con sustancias orgánicas, mediante fenómenos de intercambio iónico, adsorción, formación de combinaciones químicas, etc., por lo que se acumulan en el medio ambiente, principalmente en los sedimentos de ríos, lagos y mares.

Las altas concentraciones de metales pesados en las aguas de corrientes fluviales asociados a sulfuros tales como el bario (Ba), vanadio (V), arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn) pueden atribuirse a la industria petrogasífera lo cual son causa del fuerte impacto en el medio ambiente. En cambio, otros metales

no-sulfurosos como el cromo (Cr), níquel (Ni) y mercurio (Hg) posiblemente indican una contaminación antropogénica de metales pesados que están estrechamente asociados con las descargas industriales. BRANCO Joule et al (2004).

### ***1.2.2.2 Toxicidad De Metales Pesados***

Existen evidencias experimentales que han llegado a demostrar el grado de importancia biológica de los iones metálicos pesados con respecto a los sistemas vivos, de los que algunos son oligoelementos, sigue el mismo patrón que tiene su disponibilidad en la naturaleza, además existe una aparente correlación entre la abundancia de los elementos en la corteza terrestre y las necesidades alimentarias de las células microbianas. Estos metales, en cantidades mínimas o traza, pueden ejercer efectos positivos o negativos sobre los seres vivos. WOOD, Robert et al (2005).

El grado de toxicidad potencial de los metales pesados depende de una serie de factores. En primer lugar, depende de la propia naturaleza del metal y también de su disponibilidad en el ambiente. Atendiendo a estos dos factores, se clasificaron los metales en tres categorías:

- ✓ No críticos: Fe, Mn y Al.
- ✓ Tóxicos pero muy insolubles: Ti, Hf, Nb, Ta, Re, Ga, Os, Rh, Ir, Ru y Ba.
- ✓ Muy tóxicos y relativamente disponibles: Be, Co, Ni, Zn, Sn, Cr, As, Se, Te, Pd, Ag, Cd, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Sb y Bi.

Otros factores que influyen en la toxicidad del elemento, son entre otros el estado molecular que presenta el metal, el tiempo de residencia en el sistema, el pH, el potencial redox del ambiente, los iones inorgánicos presentes en las aguas, la temperatura y diversos factores biológicos.

### ***1.2.2.3 Vías De Entrada Y Origen De Los Metales Pesados En Los Sistemas Acuáticos***

Según WOOD, Robert et al (2005). Los metales tienen tres vías principales de entrada en el medio acuático:

1.- La vía atmosférica, se produce debido a la sedimentación de partículas emitidas a la atmósfera por procesos naturales o antropogénicos (principalmente combustión de combustibles fósiles y procesos de fundición de metales).

2.- La vía terrestre, producto de filtraciones de vertidos, de la escorrentía superficial de terrenos contaminados (utilización de lodos como abono, lixiviación de residuos sólidos, precipitación atmosférica, etc.) y otras causas naturales.

3.- La vía directa, de entrada de metales es a consecuencia de los vertidos directos de aguas residuales industriales y urbanas a los cauces fluviales. En los sistemas acuáticos continentales (ríos, lagos, embalses, etc.) los metales pesados son introducidos como resultado de la acción de procesos naturales y antropogénicos.

#### ***1.2.2.4 Origen Natural***

Según MANZANARES Miguel et al (2007). El contenido en elementos metálicos de un suelo libre de interferencias humanas, depende en primer grado de la composición de la roca madre originaria y de los procesos erosivos sufridos por los materiales que conforman el mismo.

La acción de los factores medioambientales sobre las rocas y los suelos derivados de ellos son los determinantes de las diferentes concentraciones basales (niveles de fondo) de metales pesados en los sistemas fluviales (aguas, sedimentos y biota).

#### ***1.2.2.5 Origen Antropogénico***

Según MANZANARES Miguel et al (2007). Se entiende por contaminación de origen antropogénico la procedente de la intervención humana en el ciclo biogeoquímico de los metales pesados. El uso de los metales pesados ha ido aumentando paralelamente al desarrollo industrial y tecnológico.

Actualmente es difícil encontrar una actividad industrial o un producto manufacturado en los que no intervenga algún metal pesado. Si bien, la tendencia aunque lenta, es sustituir progresivamente en la industria, algunos metales pesados potencialmente tóxicos por otros materiales más inocuos. WOOD, Robert et al (2005)



### ***1.2.3 Métodos De Tratamiento Para Metales Pesados***

Según BRANCO Joule et al (2004). Los procesos convencionales para el tratamiento de aguas residuales con metales que incluyen: precipitación, oxidación, reducción, intercambio iónico, filtración, tratamiento electroquímico, tecnologías de membrana y recuperación por evaporación los cuales resultan costosas e ineficientes, especialmente cuando la concentración de los metales es muy baja. El uso de sistemas biológicos para la eliminación de metales pesados a partir de soluciones diluidas tiene el potencial para hacerlo más efectivo. Los procesos químicos resultan costosos debido a que el agente activo no puede ser recuperado para su posterior reutilización. Además, el producto final es un lodo con alta concentración de metales lo que dificulta su eliminación.

#### ***1.2.3.1 Osmosis Inversa***

La osmosis inversa se trata de un proceso en que los metales pesados están separados por una membrana semi-permeable a una presión mayor que la presión osmótica causada por los sólidos disueltos en las aguas residuales. La desventaja de este método es que es caro.

#### ***1.2.3.2 Electrodialisis***

En este proceso, los iones metálicos se separan mediante el uso de membranas semipermeables de iones selectivos. La aplicación de un potencial eléctrico entre los dos electrodos produce una migración de cationes y aniones hacia los electrodos

respectivos. Debido a la separación alternativa de las membranas de cationes y aniones permeables, se forman células de concentrados y sales diluidas. La desventaja es la formación de hidróxidos de metal que obstruyen la membrana.

### ***1.2.3.3 Ultrafiltración***

La ultra filtración se da mediante membranas en donde la fuerza impulsora es la presión y se usan membranas porosas para la eliminación de metales pesados. La principal desventaja de este proceso es la generación de lodos residuales.

### ***1.2.3.4 Intercambio Iónico***

En este proceso, los iones metálicos de soluciones diluidas se intercambian con los iones en poder de las fuerzas electrostáticas de la resina de intercambio. Las desventajas son: alto costo y la eliminación parcial de ciertos iones.

### ***1.2.3.5 Precipitación Química***

La precipitación de los metales se logra mediante la adición de coagulantes como alumbre, sales de calcio, hierro y otros polímeros orgánicos. La gran cantidad de lodos que contienen compuestos tóxicos que se producen durante el proceso es el principal inconveniente.

### ***1.2.3.6 Fitorremediación***

La fitorremediación es el uso de ciertas plantas para limpiar suelos, sedimentos y aguas contaminadas con metales. Las desventajas son que se necesita mucho tiempo para la eliminación de los metales y la regeneración de la planta de biosorción es aún más difícil.

Por lo tanto, las desventajas como la eliminación de metales incompleta, alta cantidad de reactivo, alto consumo de energía, la generación de lodos tóxicos y otros productos de desechos que requieren eliminación cuidadosa ha hecho imprescindible el uso de un tratamiento costo-efectivo que sea capaz de eliminar los metales pesados de efluentes acuosos.

Actualmente, se están desarrollando nuevas tecnologías para la eliminación de metales pesados, las cuales se pretende tengan bajos costos de operación y que sean fáciles de implementar.

### ***1.2.4 Plátano (Banano)***

Según ALVAREZ Galo et al (2013). El plátano es una planta herbácea que crece hasta seis metros de altura, de tronco fuerte, cilíndrico, que sale de un tallo bulboso pulposo y grande.

#### ***1.2.4.1 Origen Del Plátano***

Según VERGARA Carlos et al (2010). Está plenamente establecido que las Musáceas se originaron en el sudeste asiático; sin embargo, su distribución a nivel mundial solo ocurrió hace cerca de 2000 años, en la actualidad el Plátano se siembra principalmente en África, donde fue llevado inicialmente a la región oriental por inmigrantes indonesios vía Madagascar, y posteriormente trasladado a la costa occidental por los portugueses, donde tuvo gran acogida en los países que poseían condiciones ecológicas de trópico húmedo, como Uganda y Ruanda que producen un alto porcentaje de la cosecha mundial.

Hoy en día las variedades comerciales de Plátano se cultivan en todas las regiones tropicales del mundo.

#### ***1.2.4.2 Características Botánicas***

Según ALVAREZ Galo et al (2013). El plátano es una planta herbácea con pseudotallos aéreos que se originan de cormos carnosos, en los cuales se desarrollan numerosas yemas laterales “hijuelos” o "hijos”. Las hojas tienen una distribución helicoidal (filotaxia espiral) y las bases foliares circundan el tallo verdadero (o cormo) dando origen al pseudotallo. La inflorescencia es terminal y crece a través del centro del pseudotallo hasta alcanzar la superficie.

El Plátano pertenece al grupo de las musáceas, es una planta perenne con rizoma corto y tallo aparente o falso (pseudotallo). Las variedades actuales son el resultado

del cruzamiento de las primeras plantas originarias del Asia, las especies *Musa balbiciana* y *Musa acuminata*, las cuales contenían semillas, las actuales variedades no tienen semilla viable.

El Plátano no es un árbol, sino una megafobia, igual que el Banano, una hierba gigante. Como las demás especies de *Musa*, carece de verdadero tronco. En su lugar, posee vainas foliares que se desarrollan formando estructuras llamadas pseudotallos, similares a fustes verticales de hasta 30 cm de diámetro basal que no son leñosos, y alcanzan los 7 m de altura.

El Plátano y/o Banana en sus comienzos no tenían más de 6 u 8 cm de longitud y estaba llena de semillas. La acción humana la ha convertido en la versión comestible actual. En India se han encontrado restos fósiles procedentes del Terciario.

### ***1.2.4.3 Morfología***

#### ***1.2.4.3.1 Raíz.***

Según VERGARA Carlos et al (2010). El sistema radicular es superficial del tipo fasciculada, característica de las plantas monocotiledóneas, formado por raíces secundarias en forma de cabellera que sirven de soporte y anclaje para sostener la parte aérea de la planta. El elemento perenne es el rizoma, superficial o subterráneo, que posee meristemas a partir de los cuales nacen raíces fibrosas, que pueden alcanzar una profundidad de 1,5 m y cubrir 5 m de superficie. Del rizoma también brotan vástagos que reemplazan al tallo principal después de florecer y morir éste. En

los ejemplares cultivados sólo se deja normalmente uno para evitar debilitar la planta, pero en estado silvestre aparecen en gran cantidad; son la principal forma de difusión en las variedades estériles, que son la mayoría.

Las raíces del Plátano son muy superficiales y el 90% de ellas se encuentran en los primeros 30 cm del suelo; el desarrollo radicular es también seriamente afectado por la textura del suelo y es factor a tener en cuenta cuando se aplica riego: en suelos franco arenosos el desarrollo radicular es muy superior y lo que es más importante; explora mayores profundidades que cuando el cultivo está ubicado en un suelo franco arcilloso, razón por la cual el cultivo ubicado en los primeros suelos resiste mejor las épocas de menos lluvias que en los suelos arcillosos. VERGARA Carlos et al (2010).

#### ***1.2.4.3.2 Tallo.***

Según ALVAREZ Galo et al (2013). El tallo verdadero del plátano es un rizoma grande y almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas; las cuales se desarrollan cuando la planta ha florecido y fructificado, da origen a las raíces y los peciolos, cuyas vainas o calcetas que formarán el pseudotallo o tallo falso. A medida que cada chupón del rizoma alcanza su madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia (bacota), que es empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del verdadero tallo a través del tallo aparente o falso, hasta que emerge arriba del pseudotallo, que puede alcanzar alturas hasta de 4 metros.

#### ***1.2.4.3.3 Hojas.***

Según ALVAREZ Galo et al (2013). Las hojas de Plátano se cuentan entre las más grandes del reino vegetal; son de color verde o amarillo verdoso claro, con los márgenes lisos y las nervaduras pinnadas. Las hojas tienden a romperse espontáneamente a lo largo de las nervaduras, dándoles un aspecto desaliñado. Cada planta tiene normalmente entre 5 y 15 hojas funcionales (pueden llegar a tener 34 a 36 en todo el ciclo, cuando se siembra el colino), siendo 10 el mínimo para considerarla madura; las hojas no viven más de dos meses, y en los trópicos se renuevan a razón de una por semana en la temporada de crecimiento. Son lisas, tiernas, oblongas, con el ápice trunco y la base redonda o ligeramente cordiforme, verdes por el haz y más claras y normalmente glaucas por el envés, con las nervaduras amarillentas o verdes.

Dispuestas en espiral, se despliegan hasta alcanzar 3 m de largo y 60 cm de ancho; el pecíolo tiene hasta 60 ó 100 cm. El pecíolo, que une la vaina y el limbo, es elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el pecíolo; en las variedades con mayor componente genético de *M. balbisiana* éste es cóncavo por la parte superior, con los extremos casi tocándose por encima del canal axial. De la genética depende también que sea glabro o pubescente. Las hojas viejas se rompen fácilmente de forma transversal por acción del viento.

#### ***1.2.4.3.4 Flores.***

Según VERGARA Carlos et al (2010). Durante la floración o salida de la bacota, unos 10 a 15 meses después del nacimiento del pseudotallo (dependiendo de la

variedad o clon), cuando éste ya ha dado entre 26 y 32 hojas, nace directamente a partir del rizoma una inflorescencia que emerge del centro de los pseudotallos en posición vertical; tiene un escapo pubescente de 5 a 6 cm de diámetro, terminado en un racimo colgante de 1 a 2 m de largo.

La inflorescencia semeja un enorme capullo púrpura o violáceo que se afina hacia el extremo distal, con el pedúnculo y el raquis glabros. Al abrirse, revela una estructura en forma de espiga, sobre cuyo tallo axial se disponen en espiral hileras dobles de flores, agrupadas en racimos de 10 a 20 que están protegidos por brácteas gruesas y carnosas de color purpúreo, cubiertas de un polvillo blanco harinoso, de cada axila de estas brácteas nacen las flores, las cuales son amarillentas, irregulares y con 6 estambres, androceo (masculino), uno es estéril; el gineceo (femenino) tiene 3 pistilos con ovario ínfero.

El conjunto de las inflorescencias constituyen el “régimen” de la platanera, cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forman una reunión de frutos llamada “mano”. Un “régimen” no puede llevar más de 4 a 5 manos, a excepción de las variedades muy fructíferas que pueden tener de 12 a 24 manos.

A medida que las flores se desarrollan, las brácteas caen, un proceso que tarda entre 10 y 30 días para la primera hilera. Las primeras 5 a 15 hileras son de flores femeninas, ricas en néctar; en ellas el tépalo compuesto alcanza los 5 cm de largo y los 1,2 cm de ancho; es blanco o más raramente violáceo por el interior, con el color trasluciéndose a la vista desde fuera como una delicada tonalidad purpúrea. Su parte superior es amarilla a naranja, con salientes de unos 5 mm de largo, los dos más exteriores dotados de un apéndice filiforme de hasta 2 mm de largo. El tépalo libre es aproximadamente de la mitad de tamaño, blanco o rosáceo, obtuso o trunco, con el



apículo mucronado, corto y a este la siguen unas pocas hileras de flores hermafroditas o neutras, y las masculinas en la región apical.

Según CRUZ Jhon et al (2013). El enorme peso de la inflorescencia hace que el tallo floral se incline hacia el suelo en poco tiempo; a su vez, el fototropismo de las flores hace que se dirijan en su crecimiento hacia arriba. En las variedades híbridas cultivadas por su fruto, las flores masculinas son estériles. Los ovarios se desarrollan partenocárpicamente sin necesidad de polinización. Motas oscuras en la pulpa indican el resto de los óvulos sin desarrollar.

#### ***1.2.4.3.5 Fruto.***

Según CRUZ Jhon et al (2013). Los frutos tardan entre 80 y 180 días en desarrollarse por completo. En condiciones ideales fructifican todas las flores femeninas, adoptando una apariencia dactiliforme que lleva a que se denomine "manos" a las hileras en las que se disponen. Puede haber entre 5 y 20 manos por espiga, aunque normalmente se trunca la misma parcialmente para evitar el desarrollo de frutos imperfectos y evitar que el capullo terminal insuma las energías de la planta. El punto de corte se fija normalmente en la "falsa mano", una en la que aparecen frutos enanos.

El Plátano es polimórfico, cada racimo puede tener de 5 a 20 manos, y cada mano de 2 a 20 frutos. El fruto, oblongo, es una baya alargada de 10 a 30 cm de longitud, algo encorvada y de corteza lisa, de color amarillo-verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo; durante su desarrollo estos se doblan geotrópicamente, según su peso, y se dobla el pedúnculo o vástago, esta reacción determina la forma del racimo. Los plátanos comestibles son de partenocarpia vegetativa; es decir, desarrollan una masa de pulpa

comestible sin la polinización y los óvulos se atrofian, pero se pueden reconocer al centro de la pulpa en forma lineal.

El fruto está cubierto por un pericarpio coriáceo verde en el ejemplar inmaduro y amarillo intenso, rojo o bandeado verde y blanco al madurar. Es de forma lineal o falcada, entre cilíndrica y marcadamente angulosa según la variedad. El extremo basal se estrecha abruptamente hacia un pedicelo e 1 a 2 cm. La pulpa es blanca a amarilla, rica en almidón y dulce; en los plátanos puede resultar algo astringente o gomosa por su contenido en látex, harinoso y seco. Muy rara vez las variedades diploides o tetraploides producen semillas, negras, globosas o irregulares, con la superficie rugosa, de hasta 16 x 3 mm de tamaño, incrustadas en la pulpa. La partenocarpia y la esterilidad son mecanismos diferentes, por cambios genéticos, que al menos son parcialmente independientes. La mayoría de las musáceas comestibles son estériles, por varias causas; por ejemplo, genes específicos de esterilidad femenina, triploidía y cambios estructurales en los cromosomas, en distintos grados.

#### ***1.2.4.4 Clasificación Taxonómica Del Plátano (Banano)***

Según VERGARA Carlos et al (2010). La clasificación del plátano es la siguiente:

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Liliopsidae

**Subclase:** Monocotiledoneae

**Orden:** Escitaminales (Zingiberales)

**Familia:** Musaceae Subfamilia: Musoideae

**Género:** Musa

**Especie:** Sapienta

**Nombre científico o binomial:** *Musa sapienta*.

#### ***1.2.4.5 Contenidos Nutricionales***


Según ARROYO Andres et al (2011). Esta es la composición nutricional del Plátano por cada 100 gramos de producto comestible.

Tabla 1:

#### **CONTENIDO NUTRICIONAL DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO**

<b>CONTENIDOS NUTRICIONALES DEL BANÁNO</b>	
<b>Plátano: nutrientes</b>	
<b>Nutriente</b>	<b>Por cada 100g</b>
Agua	65,27 g
Proteínas	1,3 g
Lípidos	0,37 g
Ceniza	1,17 g
Hidratos de Carbono	31,89 g

Fuente: ARROYO A. (2011)



Según VERGARA Carlos et al (2010). Del plátano no solo se utilizan sus frutos, sino también la planta como tal, los fitofármacos que de este se derivan poseen propiedades terapéuticas debido a los principios activos que contienen, entre estos:

fenoles, tanino, aminas, nucleótidos y ácidos orgánicos. La pulpa del fruto contiene serotonina, dopamina, norepinefrina, pectina, entre otras.

Según ARROYO Andres et al (2011). Después de cosechada la fruta, se pueden usar los tallos, hojas, flores y raíz, para elaborar harina, vinagre, papel, tortas (pastelería), madera procesada, alimentos para animales, tinturas y otros; de ahí su importancia como cultivo en los países tropicales, porque puede ser un alimento barato y sus subproductos son aprovechados al máximo.

#### ***1.2.4.6 Usos Industriales***

El gran tamaño de las hojas del Plátano y su fuerte fibra hace de ellas una fuente importante de tejidos. Al igual que en otras especies de Musa, en especial, las hojas del Plátano y Banano se emplean como embalajes y envoltorios sin apenas tratamiento. Se emplean con frecuencia como cobertores naturalmente impermeables para techos de construcciones primitivas, para recubrir el interior de pozos usados para cocinar y como bandejas para la comida. La fibra extraída del procesamiento de las hojas es resistente y durable. Durante el siglo XIX las islas del Caribe, en especial Jamaica, contaban con una floreciente industria textil basada en el Plátano y el Banano, fabricando cuerdas, esterillas y utensilios de transporte con ese material. VERGARA Carlos et al (2010).

Se fabrica también línea de pesca a partir de esta fibra; Musa textilis (Abaca, cáñamo de Manila) es el miembro más importante desde el punto de vista económico de esta sección del género Musa, esta especie rinde una fibra fuerte y elástica que se utiliza en la manufactura de cuerdas marinas y en la industria pesquera ya que es resistente a

la humedad y agua salada. El principal productor del cáñamo de Manila es Filipinas, donde actualmente se utiliza para hacer cordeles. En las Filipinas se produce una tela llamada agna, delicada y translúcida, a partir de la fibra tierna de hojas y vainas foliares; se emplea en indumentaria masculina y femenina, en la elaboración de pañuelos y otros usos. Una forma más basta y rústica se emplea en Sri Lanka para alfombras y alpargatas.

Según CRUZ Jhon et al (2013). En Colombia se conoce como la maquila o fibra industrial para elaborar diversos productos a partir de la fibra, como sombreros, estereras, sillas, bolsos, correas y otra serie de artesanías. El pseudotallo es útil también para ese propósito, y tiene otros usos. Cortados a lo largo, se los emplea como mobiliario y material de embalaje durante el transporte de la fruta; los restos se reintegran al medio ambiente para el reaprovechamiento de sus nutrientes. Cortado en tiras y secado se usa como relleno mullido para almohadones y bancos. Las hojas son ampliamente utilizadas para construir techos en las zonas rurales.

De la pulpa del pseudotallo se elabora papel mediante un proceso de machacado, lavado y secado; el material resultante es fuerte, y su calidad mejora mezclado con restos de nuez de betel (Areca catechu), aunque es poco rentable su producción por el bajo rendimiento. Son necesarias 132 toneladas de pseudotallos para elaborar una tonelada de papel. La cáscara del fruto es rica en taninos, y se usa en el tratamiento del cuero. Carbonizada se usa como tintura oscura, o por su alto contenido en potasio, en la producción de detergentes.

### ***1.2.5 Tratamiento De Agua Contaminada Con Metales Pesados A Base De Cáscara De Plátano***

Según SILVA Claudineia y MOURA ANDRADE Graziela et alii., (2013). Después de utilizar cáscaras de plátano como elemento para filtrar aguas contaminadas por “**pesticidas**” concluyó que las cáscaras de plátano, desecadas y pulverizadas, al mezclarlas con agua contaminada la limpian de metales pesados. Una proporción de 5 ml por 100 de líquido es capaz de purificar en un 65% agua con moléculas de uranio, cadmio o níquel.

Para realizar el proceso de descontaminación de agua que contienen metales pesados, la cáscara de plátano se la puede utilizar como filtro o directamente puede ser adicionada al agua contaminada. Al utilizar la cáscara directamente o como filtro, la cáscara de plátano deberá pasar por un proceso que consiste primero en deshidratarla, luego debe ser micropulverizada, tamizada o cernida y finalmente mezclada con el agua o utilizada como filtro.

Según las científicas, los métodos tradicionales de tratamiento de agua para el abastecimiento humano no son suficientes para remover totalmente los residuos de químicos utilizados como defensivos agrícolas.

Para obtener agua totalmente potable y sin riesgos para la salud humana se requiere un tratamiento adicional y de bajo costo que elimine los metales.

La cáscara de plátano, además de ser un residuo barato y altamente disponible, cuenta en su composición con hidroxila y carboxila de pectina, que son elementos capaces de absorber no sólo metales pesados sino también compuestos orgánicos.

Los metales pesados tienen una carga positiva que les hace ser atraídos por las moléculas negativas del polvo de la cáscara de plátano (banano) después de pasar una semana al sol para secarse. Si se repite el proceso, es posible purificar el agua completamente.

## **1.3 Marco Legal**

A continuación se van a detallar las bases legales; a nivel nacional y local, en las cuales se fundamentó el presente proyecto de investigación. Únicamente los artículos de interés específico serán transcritos según se encuentran publicados en cada ley, reglamento u ordenanza; por el contrario, los artículos que guardan alguna relación general con la presente investigación serán simplemente enumerados.

### ***1.3.1 Constitución Política De La República Del Ecuador***

La Constitución Política de la República del Ecuador, publicada en Quito, el lunes 20 de octubre de 2008 mediante Registro Oficial No. 449 indica en los siguientes títulos, capítulos, artículos y demás leyes relacionadas con el presente trabajo de investigación:

**Artículo 15, 32, 66, 72, 83, 276, 317, 397 y 413**

### **TÍTULO I**

**Capítulo Primero:** De los Principios fundamentales. Artículo 3 se menciona que es un deber patrimonial defender el patrimonio natural y cultural del país y proteger el medio ambiente.



## TÍTULO II

**Capítulo segundo:** Derechos del buen vivir. 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.

**Capítulo Séptimo:** Derechos de la Naturaleza. Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

**Art 395.-** 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.

**Art 396.-** 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.

**Art 411.-** 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.

**Art 415.-** Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos.

### ***1.3.2.- Ley De Gestión Ambiental***

Publicada en el Registro Oficial No. 245, del 30 de julio de 1999 indica en los siguientes títulos, capítulos, artículos y demás leyes relacionadas con el presente trabajo de investigación:

## **TÍTULO I**

### **Ámbito y principios de la ley**

Artículo 2 y 5.

**Art. 1.-** La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

**Art. 4.-** Los reglamentos, instructivos, regulaciones y ordenanzas que, dentro del ámbito de su competencia, expidan las instituciones del Estado en materia ambiental, deberán observar las siguientes etapas, según corresponda, desarrollo de estudios técnicos sectoriales, económicos, de relaciones comunitarias, de capacidad institucional y consultas a organismos competentes e información a los sectores ciudadanos.

**Art. 6.-** El aprovechamiento racional de los recursos naturales no renovables en función de los intereses nacionales dentro del patrimonio de áreas naturales protegidas del Estado y en ecosistemas frágiles, tendrán lugar por excepción previo un estudio de factibilidad económico y de evaluación de impactos ambientales.

**Art 8.-** La autoridad ambiental nacional será ejercida por el Ministerio del ramo, que actuará como instancia rectora, coordinadora y reguladora del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, sin perjuicio de las atribuciones que dentro del ámbito de sus competencias y conforme las leyes que las regulan, ejerzan otras instituciones del Estado.

**Art 9.-** Le corresponde al Ministerio del ramo:

**d)** Coordinar con los organismos competentes para expedir y aplicar normas técnicas, manuales y parámetros generales de protección ambiental, aplicables en el ámbito nacional; el régimen normativo general aplicable al sistema de permisos y licencias de actividades potencialmente contaminantes, normas aplicables a planes nacionales y normas técnicas relacionadas con el ordenamiento territorial.

j) Coordinar con los organismos competentes sistemas de control para la verificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes.

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

### ***1.3.3 Ley De Aguas***

Publicada en el Registro Oficial No. 558 - S, del 28 de octubre de 1994, indica:

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

### ***1.3.4 Ley De Prevención Y Control De La Contaminación***

Publicada en el Registro Oficial Suplemento 418 de 10 de Septiembre del 2004 indica en los siguientes títulos, capítulos, artículos y demás leyes relacionadas con el presente trabajo de investigación:

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

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

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

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

### ***1.3.5 Texto Unificado De Legislación Ambiental Secundaria Del Ministerio Del Ambiente***

Expedida mediante Decreto Ejecutivo No. 3399, publicada en el Registro Oficial No. 725 de 16 de diciembre de 2002 dice:

**Artículo 43, 44, 47, 53, 94, 133 y 135.**

**Art 69.-** Permisos de descarga, emisiones y vertidos

De verificar la entidad ambiental de control que el plan de manejo ambiental se ha cumplido con normalidad, extenderá el permiso de descarga, emisiones y vertidos, previo el pago de los derechos fijados para el efecto.

**Art 72.-** Muestreo

En la toma de muestras se observarán además de las disposiciones establecidas en el plan de manejo ambiental del regulado (programa de monitoreo) las disposiciones sobre:

- ✓ Tipo y frecuencia de muestreo;
- ✓ Procedimientos o Métodos de muestreo;
- ✓ Tipos de envases y procedimientos de preservación para la muestra de acuerdo a los parámetros a analizar ex situ, que deberán hacerse en base a las normas técnicas ecuatorianas o en su defecto a normas o estándares aceptados en el ámbito internacional, debiendo existir un protocolo de custodia de las muestras.

**Art 73.-** Control de Calidad

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, de tenerlos, sus laboratorios.

**Art 74.- Muestras y Parámetros IN-SITU**

Para la toma de muestras y la determinación de parámetros in situ de las descargas, emisiones y vertidos, el regulado deberá disponer de sitios adecuados para muestreo y aforo de los mismos y proporcionará todas las facilidades y datos de utilización de materia prima, productos químicos y producción, para que el personal técnico encargado del control, pueda efectuar su trabajo conforme a lo establecido en las normas técnicas ambientales. En toda caracterización de descargas, emisiones o vertidos deberá constar las respectivas condiciones de operación bajo las cuales fueron tomadas las muestras.

***1.3.6 Reglamento Ambiental Para Operaciones Hidrocarburíferas En El Ecuador (1215)***

Expedido mediante Decreto Ejecutivo 1215 y publicado en el Registro Oficial No. 265 de 13 de febrero de 2001 indica los siguientes artículos de interés para el presente trabajo de investigación:

**Artículo 3, 4, 6, 11 y 77.**

**Art 12.-** Monitoreo ambiental interno.- Los sujetos de control deberán realizar el monitoreo ambiental interno de sus emisiones a la atmósfera, descargas líquidas y sólidas así como de la remediación de suelos y/o piscinas contaminados.

Para tal efecto, deberán presentar a la Dirección Nacional de Protección Ambiental la identificación de los puntos de monitoreo según los Formatos Nos. 1 y 2 del Anexo 4 de este Reglamento.

La Dirección Nacional de Protección Ambiental aprobará los puntos de monitoreo u ordenará, en base a la situación ambiental del área de operaciones, que se modifiquen dichos puntos.

Los análisis de dicho monitoreo interno se reportarán a la Subsecretaría de Protección Ambiental del Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección Nacional de Protección Ambiental, cumpliendo con los requisitos de los Formularios Nos. 3 y 4 del Anexo 4 de este Reglamento por escrito y en forma electrónica:

Anualmente para las fases, instalaciones y actividades de almacenamiento, transporte, comercialización y venta de hidrocarburos en base de los análisis semestrales de descargas y emisiones.



La frecuencia de los monitoreos y reportes respectivos podrá ser modificada, una vez que en base de los estudios pertinentes la Subsecretaría de Protección Ambiental lo autorice.

**Art 29.-** Manejo y tratamiento de descargas líquidas.- Toda instalación, incluyendo centros de distribución, sean nuevos o remodelados, así como las plataformas off-shore, deberán contar con un sistema convenientemente segregado de drenaje, de forma que se realice un tratamiento específico por separado de aguas lluvias y de escorrentías, aguas grises y negras y efluentes residuales para garantizar su adecuada disposición.

Deberán disponer de separadores agua-aceite o separadores API ubicados estratégicamente y piscinas de recolección, para contener y tratar cualquier derrame así como para tratar las aguas contaminadas que salen de los servicios de lavado, lubricación y cambio de aceites, y evitar la contaminación del ambiente. En las plataformas off-shore, el sistema de drenaje de cubierta contará en cada piso con válvulas que permitirán controlar eventuales derrames en la cubierta y evitar que estos se descarguen al ambiente. Se deberá dar mantenimiento permanente a los canales de drenaje y separadores.

**Anexo 2:** Parámetros, valores máximos referenciales y límites permisibles para el monitoreo ambiental interno rutinario y control ambiental

**Tabla 4:** Límites permisibles para el monitoreo ambiental permanente de aguas y descargas líquidas en la exploración, producción, industrialización, transporte,

almacenamiento y comercialización de hidrocarburos y sus derivados, inclusive lavado y mantenimiento de tanques y vehículos.

#### 4.a) límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas).

Cualquier efluente debe ser oxigenado (aireación) previo a su descarga.

La periodicidad de los muestreos y análisis deberá cumplir con lo siguiente: Semestralmente para las fases, instalaciones y actividades de almacenamiento, transporte, comercialización y venta de hidrocarburos que generen descargas líquidas.

Tabla 2:


#### PARÁMETROS DE MONITOREO PARA DESCARGAS DE AGUAS INDUSTRIALES TABLA 4A RAOHE

PARÁMETROS DE MONITOREO PARA DESCARGAS DE AGUAS INDUSTRIALES				
Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor Límite Permissible <sup>1</sup>	Promedio Anual <sup>2</sup>
Potencial Hidrógeno	pH	---	5 - 9	5 - 9
Conductividad Eléctrica	CE	uS/cm	<2 500	<2 000
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	<20	<15
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<120	<80
Sólidos Totales	ST	mg/l	<1 700	<1 500
Bario	Ba	mg/l	<5	<3
Cromo (total)	Cr	mg/l	<0, 5	<0, 4
Plomo	Pb	mg/l	<0, 5	<0, 4
Vanadio	V	mg/l	<1	<0, 8
Fenoles		mg/l	<0, 15	<0, 10

Fuente: RAOHE - Tabla 4a.

1) En cualquier momento

2) Promedio de las determinaciones realizadas en un año conforme a la frecuencia de monitoreo establecida en el art. 11 del RAOHE.



### ***1.3.7 Ley Orgánica De Régimen Municipal***

De acuerdo a la Autonomía Municipal que le atribuye la Ley Orgánica de Régimen Municipal en los Artículos 11, 14, numeral (16), 16, 143 y 149, establecen plenas funciones, responsabilidades y competencias con plena autonomía para proteger el medio físico cantonal, prevenir y controlar el deterioro de los recursos hídricos y regular las actividades productivas y de servicios que puedan afectar los sistemas ambientales para uso público.

La Ley Orgánica de Régimen Municipal, en los Arts. 16, 264, 265 y 267, establece plena autonomía y competencia a los Gobiernos Municipales para autorizar y conceder el uso de actividades productivas, agrícolas, de servicios, industriales y la explotación de materiales, canteras, en los ríos, lagos y lechos de las fuentes de agua, que constituyen un riesgo ambiental y que atenten contra la población y los principios de conservación, desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

### ***1.3.8 Ley De Prevención Y Control De La Contaminación Ambiental***

**Art. 1.-** Queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia.

**Art. 10.-** Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes.

### ***1.3.9 Ley De Hidrocarburos***

Esta Ley expedida mediante Decreto Supremo 2967, y publicada en el R.O. 711 de 15 de noviembre de 1978, fue codificada en diciembre del 2000, y sus reformas, publicadas en el R.O. 244 de 27 de julio del 2010.

**Art. 11.-** Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH).- Créase la Agencia de Regulación y Control.

Hidrocarburífero, ARCH, como organismo técnico – administrativo, encargado de regular, controlar y fiscalizar las actividades técnicas y operacionales en las diferentes fases de la industria hidrocarburífera, que realicen las empresas públicas o privadas, nacionales, extranjeras, empresas mixtas, consorcios, asociaciones, u otras formas contractuales y demás personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras que ejecuten actividades hidrocarburíferas en el Ecuador.

### ***1.3.10 Código Penal***

Capítulo X A. de los delitos contra el medio ambiente (Capítulo agregado por el Art. 2 de la Ley 99-49, R.O. 2, 25-I-2000).

**Art. 437 B.-** El que infringiere las normas sobre protección del ambiente, vertiendo residuos de cualquier naturaleza, por encima de los límites fijados de conformidad con la ley, si tal acción causare o pudiere causar perjuicio o alteraciones a la flora, la fauna, el potencial genético, los recursos hidrobiológicos o la biodiversidad, será reprimido con prisión de uno a tres años, si el hecho no constituyere un delito más severamente reprimido.

**Art. 437 C.-** La pena será de tres a cinco años de prisión, cuando:

- a) Los actos previstos en el artículo anterior ocasionen daños a la salud de las personas o a sus bienes;
- b) El perjuicio o alteración ocasionados tengan carácter irreversible;
- c) El acto sea parte de actividades desarrolladas clandestinamente por su autor; o,
- d) Los actos contaminantes afecten gravemente recursos naturales necesarios para la actividad económica.

**Art. 437 D.-** Si a consecuencia de la actividad contaminante se produce la muerte de una persona, se aplicará la pena prevista para el homicidio inintencional, si el hecho no constituye un delito más grave.

En caso de que a consecuencia de la actividad contaminante se produzcan lesiones, impondrá las penas previstas en los artículos 463 a 467 del Código Penal.

**Art. 437 E.-** Se aplicará la pena de uno a tres años de prisión, si el hecho no constituyere un delito más severamente reprimido, al funcionario o empleado público

que actuando por sí mismo o como miembro de un cuerpo colegiado, autorice o permita, contra derecho, que se viertan residuos contaminantes de cualquier clase por encima de los límites fijados de conformidad con la ley; así como el funcionario o empleado cuyo informe u opinión haya conducido al mismo resultado.

***1.3.11 Acuerdo Ministerial 026: Expedido El 12 De Mayo Del 2008 Por  
El MAE***

**Art.1.-** Toda persona natural o jurídica, pública o privada, que genere desechos peligrosos, deberá registrarse en el Ministerio del Ambiente, de acuerdo al procedimiento de registro de generadores de desechos peligrosos determinado en el Anexo A del presente Acuerdo.

***1.3.12 Ordenanza Que Regula La Dirección Ambiental Del Gobierno  
Autónomo Descentralizado De Orellana***

**Art. 2.-** Son fines de la Dirección Ambiental: 1. Proteger y conservar el ambiente y los recursos naturales. Coordinar la ejecución de las competencias que sean transferidas por el Ministerio del Ambiente, conforme al ordenamiento jurídico del Estado.

**Art. 3.-** Para el cumplimiento de los fines establecidos, la Dirección Ambiental organizará conforme a sus posibilidades, su gestión orientándola a la consecución progresiva de tales fines teniendo como prioridad las siguientes áreas: 1. Control de la

Calidad Ambiental, 2. Planificación de la Educación Ambiental y Gestión Ambiental, 3. Administración de los recursos renovables, 4. Estudios de Impactos Ambientales.

**Art. 4.-** Sin perjuicio de otras que le sean asignadas por ley o nuevas ordenanzas, son funciones de la Dirección Ambiental:

**Para el control de la calidad ambiental**

**1.-** Aplicar y velar por que se apliquen las disposiciones legales pertinentes relativas a la protección del medio ambiente.

**2.-** Calificar los proyectos, obras o actividades que puedan generar impactos ambientales a nivel cantonal, así como sus respectivos estudios de impacto ambiental y planes de contingencia.

**3.-** Vigilar y regular el cumplimiento de los mecanismos de calificación, evaluación y auditoría de impactos ambientales para cualquier actividad, proyecto u otra que puedan deteriorar los recursos naturales y el ambiente del cantón, con sujeción a las políticas y normas nacionales y pertinentes y todo lo relacionado con este artículo.

### ***1.3.13 Ordenanza De Control De Calidad Del Agua En Los Ríos Del Cantón Orellana***

**Art. 5.-** Toda actividad susceptible de provocar la contaminación o degradación de los cursos de agua natural en este cantón y en particular el vertido de aguas productos residuales susceptibles de contaminar las aguas continentales requerirá un tratamiento adecuado el mismo que no deberá superar los parámetros exigidos en esta ordenanza.

**Art. 6.-** La presente Ordenanza tiene por objeto determinar las obligaciones del Concejo Municipal para realizar la recogida, el tratamiento y el vertido de las aguas residuales urbanas y mantener la vigilancia y control para que los vertidos de residuos generados en determinados sectores industriales cumplan con los parámetros de calidad antes de ser evacuados en los cuerpos de agua superficial receptores. El objetivo de esta Ordenanza es proteger el medio ambiente de los efectos negativos causados por los vertidos generados en el área urbana e industrial.



## 1.4 Marco Conceptual

**Adsorción.-** Es un proceso por el cual átomos, iones o moléculas son atrapados o retenidos en la superficie de un material -en contraposición a la absorción, que es un fenómeno de volumen.

**Ametrina.-** Es un herbicida post emergente, un polvo de color blanco, cristalino, utilizado como herbicida en agricultura para controlar malezas en plantaciones de ananá, banana, citrus, cacao, café, caña de azúcar, maíz, papa y té.

**Atrazina.-** Herbicida selectivo que controla malezas de hoja ancha y pastos anuales (gramíneas) en cultivos de: caña de azúcar, maíz, sorgo granífero. Actúa por translocación y es de acción residual.

**Composición.-** La composición química se refiere a qué sustancias están presentes en una determinada muestra y en qué cantidades.

**Decreto.-** Es un tipo de acto administrativo emanado habitualmente del poder ejecutivo y que, generalmente, posee un contenido normativo reglamentario, por lo que su rango es jerárquicamente inferior a las leyes.

**Efluente industrial.-** Residuos provenientes de la industria; pueden ser clasificados ampliamente de acuerdo con sus propiedades físicas y químicas, por su comportamiento en las aguas receptoras y en la forma como esto afectan el medio

ambiente acuático, generalmente contienen sustancias orgánicas disueltas incluyendo tóxicos, materiales biodegradables y persistentes, sustancias inorgánicas disueltas incluyendo nutrientes, sustancias orgánicas insolubles y solubles.

**Geotrópico.-** La relación ambiente y desarrollo vista desde la geografía.

**Industria petrogasífera.-** Industria petrolera y de gas natural.

**Intercambio iónico.-** El intercambio iónico es una operación de separación basada en la transferencia de materia fluido-sólido. Implica la transferencia de uno o más iones de la fase fluida al sólido por intercambio o desplazamiento de iones de la misma carga, que se encuentran unidos por fuerzas electrostáticas a grupos funcionales superficiales.

**Metal pesado.-** El término de "metal pesado" se refiere a aquellos metales de la tabla periódica cuyo peso específico es superior a 5 g/cm<sup>3</sup> o que tienen un número atómico por encima de 20, excluyendo generalmente a los metales alcalinos y elementos alcalinotérreos. (Breckle, 1991; Tiller, 1989).

**Muestreo.-** Es un procedimiento por medio del cual se estudia una parte del objeto en estudio (el agua).

**Partenocárpicamente.-** Dicho de un fruto, que se ha desarrollado a partir de un ovario no fecundado.

**Perforación.-** Es la acción y efecto de perforar (agujerear algo atravesándolo). La máquina que se utiliza para perforar se conoce como perforadora o taladro.

**Petróleo.-** Es una mezcla homogénea de compuestos orgánicos, principalmente hidrocarburos insolubles en agua.

**Recirculación de agua.-** Es reciclar el agua después de ser usada. A menudo esta tiene que pasar por un sistema de purificación de aguas residuales antes de poder ser reusada.

**Sedimentación.-** La sedimentación ocurre cuando un material sólido es transportado por una corriente de agua y se posa en el fondo del río, embalse, etc.

**Toxicidad.-** La toxicidad es la capacidad de cualquier sustancia química de producir efectos perjudiciales sobre un ser vivo, al entrar en contacto con él.

**Reacción exotérmica.-** Se denomina reacción exotérmica a cualquier reacción química que desprenda energía, ya sea como luz o como calor.

## **CAPITULO II**

# **2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y RESULTADOS**

### **2.1 Diseño De La Investigación**

El presente proyecto investigativo se desarrolló basado en diversos tipos de investigaciones; entre ellas tenemos la investigación descriptiva, bibliográfica y de campo.

#### ***2.1.1 Investigación Descriptiva***

Tiene carácter descriptivo porque se conoció de manera general las características que tiene la cáscara de plátano; debido a que se envió a un laboratorio certificado, una muestra de casca para que se realice un análisis bromatológico de la misma,

antes de someterla a deshidratación, es decir la cáscara normal. El análisis se llevó a cabo en el Laboratorio LASA, que mantiene un Sistema de Gestión de Calidad ACREDITADO, basado en la Norma NTE ISO/IEC 17025:2005 según Resolución OAE LE 1C 06-002, con el fin de saber cómo estaba estructurada la misma y a la vez conocer el porcentaje de humedad que contiene ya que esto era indispensable para determinar el nivel de deshidratación a la que se debía someter la muestra, para la elaboración del filtro.

En esta investigación se realizaron análisis físicos químicos a muestras de agua resultantes de la operación de Weatherford South America LLC., tratamiento y ensayos de este proyecto. Todos estos análisis físico químicos se los realizó en LABSU, el cual es un laboratorio ACREDITADO por el OAE, con acreditación N° OAE LE 2C 07-003, que tiene implementado un sistema de gestión de calidad acorde a la Norma ISO / IEC 17025:2005 por lo que sin duda esto garantiza la trazabilidad de los análisis.

Los informes entregados por el laboratorio LABSU permitieron saber cuál el nivel de metales pesados contenidas en las muestras de agua analizadas y a medida que desarrollemos este proyecto investigativo, pudimos conocer cuál es el porcentaje de metales pesados reducidos una vez que las muestra pasaron a través del filtro hecho a base de cáscara de plátano, para finalmente determinar su eficiencia. Todo esto se realizó con el objetivo de buscar soluciones alternativas, novedosas, sustentables y después de un análisis de resultados, conocer la viabilidad técnica, económica, operativa y ambiental para proponer una alternativa adicional de tratamiento la cual ayude a mejorar la calidad del agua utilizada dentro de la empresa específicamente para lavado de herramientas, equipos y tubería.

### ***2.1.2 Investigación Bibliográfica***

A pesar de que el tema en estudio es algo nuevo y no hay mucha información disponible, se realizó investigación bibliográfica con el propósito de profundizar los conocimientos sobre el tema apoyado por fuentes bibliográficas y la orientación dada con criterios técnicos, conceptualizaciones, conclusiones y recomendaciones adecuadas. Complementando con la información de libros, revistas, publicaciones, tesis de grado o algún otro tipo de documentación la cual permitió obtener la mayor cantidad de información posible.

### ***2.1.3 Investigación De Campo***

Se hizo investigación de campo estudiando el fenómeno en su ambiente natural, es decir, se realizaron actividades dentro de las instalaciones de Weatherford South America L.L.C., en la toma de muestras de agua, deshidratamiento de la cáscara de plátano, caracterización del agua tratada y análisis del grado de la efectividad que buscaba este proyecto para descontaminar aguas residuales industriales que en su composición contienen metales pesados.

## **2.2 Localización y Descripción en donde se desarrolló la Investigación**

El presente trabajo de investigación fue desarrollado en las facilidades de la empresa Weatherford South America L.L.C., ubicada de manera estratégica en la provincia de

Orellana, ciudad de Francisco de Orellana, debido que es el centro de las actividades hidrocarburíferas del país. Weatherford es una cooperación internacional destacada, de servicios y equipos relacionados con la energía, con operaciones en más de cien países alrededor del mundo. Sus clientes principales son operadores de petróleo y gas que compran sus productos y servicios para respaldar sus actividades de perforación, servicio de pozos, completamiento y producción costa afuera y costa adentro. (Mar y tierra)

Dentro de esta investigación el objeto de estudio fue la cáscara de plátano y como ésta nos podría ayudar a filtrar de alguna manera significativa los metales pesados presentes en agua, con el fin de mejorar la calidad de la misma, en las plantas de tratamiento de la compañía y a la vez brindar una opción tecnológica, ecológica y sustentable de tratamiento de aguas dentro de la empresa y de esta manera demostrar el interés y compromiso que tiene Weatherford en contribuir con el Medio Ambiente.

Por las facilidades con las que cuenta la empresa en Francisco de Orellana (El Coca), el proyecto investigativo se lo ha realizado en diferentes escenarios, principalmente en Base 1 y Base 2, por lo que a continuación daremos a conocer mediante fotografías satelitales cual es la ubicación exacta de estas instalaciones.

Cabe recalcar que actualmente Base 1 está abandonada, debido a que Weatherford South America L.L.C., se mudó de base en el transcurso de la ejecución de esta investigación y es justamente por esto que se ha colocado la imagen, ya que una gran parte del proyecto se lo realizó dentro de esta instalación.

Imagen1:

## UBICACIÓN DE WEATHERFORD (BASE 1)



En Base 1 se llevó a cabo las prácticas relacionadas con la deshidratación de la cáscara de plátano, toma de muestras, análisis de agua y principalmente se realizó un estudio inicial de todo el sistema de tratamiento de aguas industriales que realiza Weatherford, ya que en esta instalación se manejaba un mayor volumen de agua y por ende, a diferencia de Base 2, aquí se contaba con una planta de tratamiento mucho más grande y esto era debido al mayor número de actividades que aquí se desarrollaban.

Otro de los escenarios en donde se desarrolló esta investigación fue en Base 2, la cual está ubicada en el Kilómetro 7 ½ vía Sacha, como se puede observar en la siguiente imagen.



Imagen2:

## UBICACIÓN DE WEATHERFORD (BASE 2)



En Base 2 se desarrollaron muchas actividades que ayudaron a consolidar esta investigación, entre ellas está el análisis minucioso del sistema de tratamiento de aguas industriales que se da actualmente en este lugar, el diseño de la planta de tratamiento, el funcionamiento, el procedimiento utilizado para realizar el tratamiento, su efectividad, sus falencias; esto es muy importante ya que esta investigación permitió conocer los problemas más relevantes que se presentan a diario y a su vez esto ayudó en la realización de la propuesta para la implementación del filtro a base de cáscara de plátano, dentro del sistema final del tratamiento de aguas industriales de Weatherford South America L.L.C.

## **2.2 Diseño Metodológico E Interpretación De Resultados**

El primer paso en esta investigación fue realizar un análisis bromatológico a la cáscara de plátano con el fin de conocer la composición básica de la misma. En el análisis en mención realizado, se identificaron los siguiente parámetros: Cenizas, grasa, fibra, proteína y humedad; este último parámetro nos permitió conocer la cantidad de agua que tiene la cáscara y de esta manera pudimos tener una idea clara del nivel de deshidratación que debería alcanzar la muestra en cualquiera de los tres métodos utilizados para eliminar la humedad de la cáscara, la misma que se utilizó como elemento filtrante para reducir metales pesados presentes en agua residual.

Posteriormente se realizó un muestreo y caracterización del agua que ingresa a las plantas de tratamiento tanto de Base 1 como de Base 2, es decir antes de que el agua sea tratada ya que esto era fundamental para poder determinar en primera instancia, los contaminantes que contiene esta agua, al ser producto residual de las distintas operaciones que la empresa realiza a lo largo de sus talleres. Estas muestras se las analizaron bajo los parámetros establecidos en la tabla 4ª del Reglamento Ambiental para las Operaciones hidrocarburíferas del Ecuador (RAOHE) Decreto 1215, febrero 2001, enfatizando en los metales pesados como Bario, Plomo, Vanadio, más Cadmio y Níquel; estos últimos parámetros en estudio ayudaron a determinar si esta agua contiene en su composición dichos metales y a su vez permitió extender el alcance investigativo de este proyecto.

Luego se tomó una muestra del agua que pasó por todo el proceso de tratamiento de aguas residuales específicamente en la planta de Base 2. Es decir se tomó una muestra de agua tratada la cual se la analizó bajo los parámetros de la tabla 4ª del Reglamento Ambiental para las Operaciones hidrocarburíferas del Ecuador (RAOHE) Decreto

1215, febrero 2001. Gracias a esto pudimos conocer cuál es el nivel de eficiencia que tiene hoy el día el sistema de tratamiento de aguas industriales que mantiene Weatherford South America L.L.C., en Ecuador.

Después de recibir los resultados del análisis de laboratorio realizado a la muestra de agua tratada pudimos conocer que existen concentraciones bajas de los metales en estudio, por lo que, procedimos a contaminar la muestra de manera intencional y controladamente con Bario, Plomo, Vanadio, Cadmio y Níquel. Esto se lo realizó con la ayuda de personas especializadas en manejo de químicos las cuales trabajan en el mismo laboratorio certificado, donde se realizaron los análisis de agua (LABSU), con el fin de extender el alcance investigativo de este proyecto y a la vez conocer si se podía reducir el nivel de concentración de estos metales al pasarlos por el filtro.

Posteriormente al filtrado del agua contaminada intencionalmente se tomó una segunda muestra del agua la cual fue enviada al laboratorio para su respectivo análisis, basado en los parámetros establecidos en la tabla 4ª del Reglamento Ambiental para las Operaciones hidrocarburíferas del Ecuador (RAOHE) Decreto 1215, febrero 2001, haciendo énfasis en el Bario, Plomo, Vanadio más Cadmio y Níquel presentes en la muestra. De esta manera pudimos conocer el nivel de eficiencia que tuvo el filtro, reduciendo dichos metales pesados.

Con los resultados de la caracterización Físico Química de las muestras de agua, se procedió al análisis de los parámetros con el propósito de conocer detalladamente el porcentaje de efectividad que presentó el filtro para reducir los metales pesados presentes en las muestras.

Finalmente mediante un análisis completo del tratamiento actualmente dado por la compañía a sus aguas industriales y la interpretación de resultados de esta investigación, se buscó y desarrolló la mejor propuesta, enmarcada dentro de la factibilidad económica, viabilidad técnica y sostenibilidad ambiental, la cual permita implementar el filtro en el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales que da Weatherford South America L.L.C.

A continuación se detallan detenidamente todos los métodos y materiales utilizados en el desarrollo de este proyecto investigativo.

### ***2.2.1 Análisis Bromatológico De La Cáscara De Plátano***

Este análisis bromatológico se lo realizo con la intención de conocer la composición cualitativa y cuantitativa de los elementos principales que tiene la cáscara de plátano; analizando principalmente el porcentaje de cenizas, grasa, fibra, proteína y el más importante que es la humedad.

En esta investigación si bien es cierto, era de vital importancia para la elaboración del filtro, utilizar la cáscara totalmente libre de humedad, principalmente porque al deshidratar la cáscara esta toma una textura rígida lo que facilita el triturado de tal manera que es más fácil obtener un polvo micropulverizado, el cual, gracias a su textura y porosidad permitió una óptima circulación del fluido a través de filtro.

La cáscara de plátano como se ha venido mencionando anteriormente, está compuesta por sustancias y cualidades específicas que permiten que la reducción de los metales

pesados sea posible. Entre la composición de la cáscara podemos recalcar la presencia de Hidroxila y Carboxila de Pectina; estas sustancias son capaces de absorber metales pesados e incluso hay estudios que aseguran la absorción de compuestos orgánicos.

En las paredes internas celulares de la cáscara de plátano se encuentra la pectina; que es una fibra natural que se va desarrollando a medida de que las frutas van madurando, por lo que, el mayor nivel de esta sustancia la encontraremos en la cáscara madura. Esta sustancia contiene grupos carboxílicos que en medios ácidos se sobre hidratan, se convierten en grupos de ácido carboxílico y activa su ionización.


Es decir, la cáscara de plátano madura deshidratada y micropulverizada, al colocarla en agua con un pH menor a 7, por la pectina que contiene, actuaría como un polímero natural que gracias a las moléculas de carga negativa que aquí se desarrollan pueden atraer a las moléculas de carga positiva que tienen los metales pesados, permitiendo de esta manera la separación o filtración de los metales.

El análisis bromatológico que se llevó a cabo en el Laboratorio LASA, que mantiene un Sistema de Gestión de Calidad ACREDITADO, basado en la Norma NTE ISO/IEC 17025:2005 según Resolución OAE LE 1C 06-002, presento los siguientes resultados:

Tabla 3:

**RESULTADO DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE CÁSCARA DE PLÁTANO**

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO			
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO
Cenizas	%	1.4	PEE-LASA-FQ-10c AOAC 923.03
Fibra	%	1.4	AOAC 945.18
Grasa	%	1.0	PEE-LASA-FQ-10b AOAC 920.85
Humedad	%	88.8	PEE-LASA-FQ-10
Proteína	%	0.8	AOAC 920.87

Responsable del informe: LASA 

Ver anexo 6.1.1

### ***2.2.2 Deshidratación De La Cáscara De Plátano***

Después de realizar el análisis bromatológico se pudo determinar que la cáscara de plátano tiene un porcentaje de humedad del 88.8% por lo que el objetivo de esta práctica fue de conocer el método que ayude a alcanzar dicho porcentaje de deshidratación.

El proceso de deshidratación de la cáscara de plátano, sin duda alguna en esta investigación fue uno de los procesos que más demandó de tiempo y de supervisión, es por esto que se establecieron tres alternativas, las cuales ayuden al final a determinar cuál de los siguientes métodos tiene mayor eficiencia y eficacia.

Estas alternativas metodológicas de deshidratación consistieron en:

- ✓ Deshidratar la cáscara de plátano a Sol
- ✓ Deshidratar la cáscara de plátano en Autoclave
- ✓ Deshidratar la cáscara de plátano en el Cuarto Caliente de Bodega (Base 1) donde guardan los electrodos de soldadura.

Durante el desarrollo de estos tres ensayos y con los resultados obtenidos de todo esto, pudimos conocer el método más efectivo de deshidratar la cáscara de plátano que utilizamos en el filtrado de los metales pesados presentes en agua de este proyecto y a la vez esto nos permitió conocer la alternativa más viable económica, técnica, operativamente hablando, para que la propuesta de implementación de este estudio sea factible.

#### ***2.2.2.1 Deshidratación De La Cáscara De Plátano A Sol***

Para realizar esta práctica se tomó una muestra de 100g de cáscara de plátano, la cual fue sometida a deshidratación solar inicialmente por un tiempo indefinido, debido a que no sabíamos cuánto tiempo de exposición solar debía tener la muestra antes de alcanzar la deshidratación deseada. El peso de la muestra fue nuestro indicador de la pérdida de humedad que se daba en la cáscara de plátano, es decir, si en 100g de muestra existe 88.8% de agua, la cáscara debía alcanzar los 11.2g de peso, para tener una deshidratación total.

En este ensayo se llevó un control de temperatura promedio diario, peso inicial y el peso final de la muestra.

Sin duda uno de los mayores problemas obtenidos en esta práctica fue debido a la inestabilidad del clima que tiene la ciudad del Coca y en si todo el Oriente Ecuatoriano, por lo que esto demandó de mucha supervisión, para que de esta manera la deshidratación alcanzada durante el día, no se vea afectada por las precipitaciones que se daban repentinamente.

El monitoreo de la temperatura ambiente se la realizó tres veces al día, utilizando un termómetro digital debidamente calibrado y certificado por el laboratorio de metrología de Weatherford; la primera toma del día se lo hizo a las 8:00 am, la segunda se realizó al medio día ya que en este momento por lo general se puede receptor el pico más alto de temperatura alcanzable y la última toma se la realizo a las 6:00 pm.

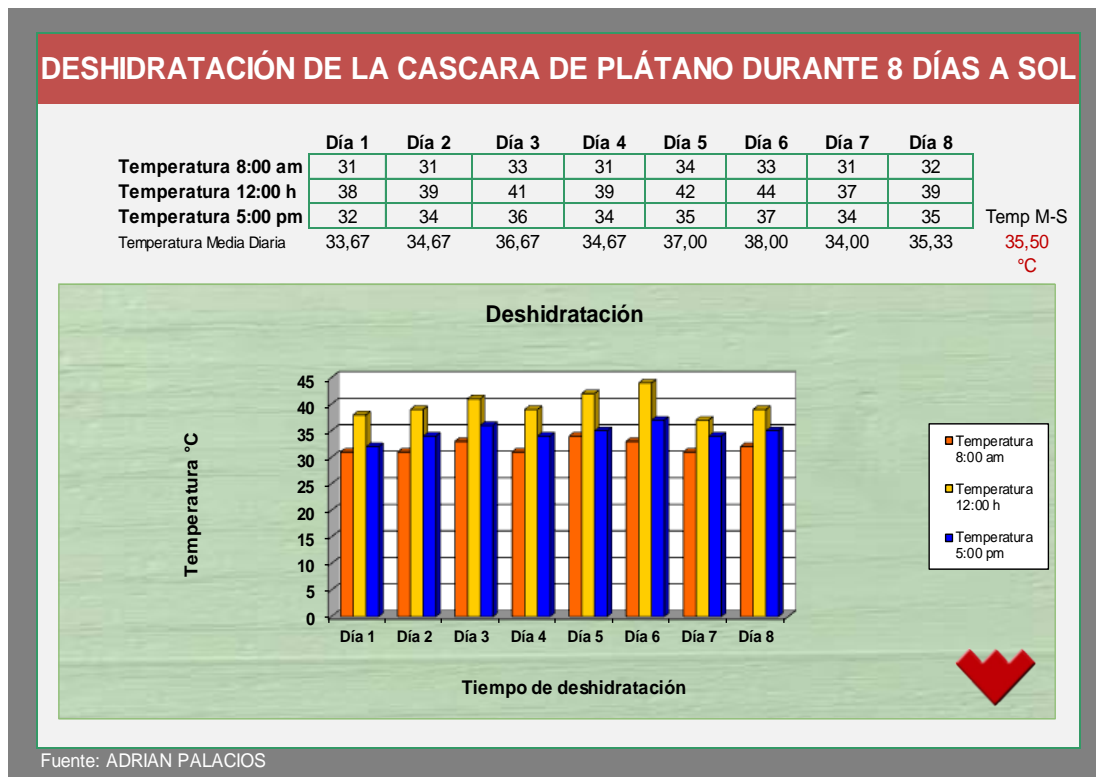
De esta manera, después de dar seguimiento al peso y temperatura durante 7 días, en el día 8 se pudo evidenciar que la deshidratación se detuvo, pese a la intensa temperatura que se dio durante todo el día el peso de la muestra se mantuvo similar al del día 7, por lo que, se suspendió la deshidratación y se sobreentendió que ese sería el nivel máximo de deshidratación que alcanzaría la cáscara de plátano, tal vez por consecuencia del nivel de humedad ambiente que existe en el Oriente Ecuatoriano.

En el siguiente grafico se puede apreciar la temperatura media y general con la que se deshidrato la cáscara de plátano durante el tiempo que duró este ensayo.



Grafico 1:

## TEMPERATURA DE LOS 8 DÍAS DE DESHIDRATACIÓN



Con una temperatura media de 35.5 °C durante los 8 días, el nivel de deshidratación obtenido fue del 68,8% ya que al final de la práctica el peso muerto de la muestra de la cáscara de plátano fue de 31,2g.

En el gráfico que se muestra a continuación se puede ver la disminución del peso y aumento en la deshidratación de la muestra, durante el periodo que duro el ensayo.

Grafico 2:

## PESO DE LA MUESTRA DURANTE LOS 8 DÍAS DE DESHIDRATACIÓN



La deshidratación de la muestra se fue notando visiblemente a medida que pasaban los días, de tal manera, que la disminución del peso y el cambio de coloración que presentaba la cáscara era evidente, todo esto asumiendo que se debía a la pérdida de humedad que iba teniendo a medida que el tiempo transcurría.

En la siguiente imagen se puede apreciar como la deshidratación de la cáscara de plátano a medida que el tiempo iba pasando, se iba haciendo cada vez más notoria.

Imagen 3:

### CÁSCARA DE PLÁTANO DESHIDRATÁNDOSE A SOL



#### *2.2.2.2 Deshidratación De La Cáscara De Plátano En Autoclave*

Para realizar esta práctica, al igual que la anterior, se tomó una muestra de 100g de cáscara de plátano la cual fue sometida a deshidratación en el Autoclave perteneciente al consultorio médico. Este ensayo mantuvo el mismo objetivo que el anterior (alcanzar una deshidratación del 88.8%), con la única diferencia que el método de deshidratación cambió ya que la muestra fue sometida a un aumento de temperatura constante de 60 °C, para de esta manera poder reducir tiempo y supervisión en el ensayo.

Es importante mencionar que la temperatura máxima para deshidratar la cáscara de plátano, fue de 60°C y fue establecido en consideración que el agua en el oriente ecuatoriano hierve entre los 70 -75°C, esto quiere decir que la humedad presente en la cáscara de plátano si llega a esta temperatura alcanzaría la ebullición, lo cual afectaría

directamente a la composición celular de la cáscara en donde se encuentra la pectina por ejemplo.

El periodo de deshidratación aquí también fue inicialmente indefinido, debido a que no se sabía cuánto tiempo tomaría someter muestra a una temperatura constante de 60°C, hasta que alcance el 88.8 % de deshidratación requerida.

Al contrario de la práctica anterior aquí no se presentaron inconvenientes por cuestiones climáticas, por lo que, sin duda alguna esta práctica demanda de menos supervisión y al mantener una temperatura constante permitió conocer de manera más exacta, el tiempo que necesitaba la muestra para alcanzar la deshidratación buscada.

En este ensayo se planificó realizar verificaciones del peso de la muestra (cada 6 horas) a medida que el ensayo iba avanzando, hasta llegar a una deshidratación aproximada del 80%, posteriormente a eso se realizó verificaciones de peso a cada hora para de esta manera poder conocer cuando la muestra dejaría de perder humedad. Todo esto con el objetivo de llevar un control en la deshidratación de la muestra hasta alcanzar el nivel buscado, y efectivamente, al mantener una temperatura mayor y a la vez constante, la deshidratación claramente se notaba que era mucho más efectiva que la obtenida en el método anterior (deshidratación a luz solar), por lo que, esto nos permitió reducir tiempo y supervisión.

Después de 32 horas la deshidratación se fue deteniendo significativamente, debido a que en el transcurso de una hora la pérdida de peso solo se daba en miligramos lo que dio a entender que ese sería el nivel máximo de deshidratación que alcanzaría la muestra. En la siguiente imagen se pude apreciar que al final de este ensayo se obtuvo

una deshidratación del 80.9% y esto se lo determino mediante el peso de la muestra de cáscara de plátano el cual fue de 19.1g

Grafico 3:

**PESO DE LA MUESTRA DURANTE LAS 32 HORAS DE DESHIDRATACIÓN**



En las siguientes imágenes se ve como a medida que se iban realizando las verificaciones del nivel de deshidratación alcanzado por la muestra, se podía evidenciar a simple vista que la cáscara presentaba una pérdida de humedad mucho más uniforme y completa que la que se dio mediante el método de deshidratación a luz solar realizado anteriormente.

Imagen 4:

### CÁSCARA DE PLÁTANO DESHIDRATÁNDOSE EN AUTOCLAVE



Sin duda alguna este método de deshidratación debido a la efectividad que presentó, sería el más oicionado al momento de realizar la propuesta de implementación del filtro dentro del sistema de tratamiento de aguas industriales en Weatherford, pero esto dependería de la disponibilidad económica que dé la empresa para que este filtro pueda ser implementado, ya que, se debería adquirir un autoclave exclusivamente para realizar este proceso. La parte operativa no sería un inconveniente porque este proceso por la poca complejidad que tiene, no requiere de personal técnico, sino cualquier persona podría luego de recibir un entrenamiento adecuado, realizarlo sin ningún problema, pero lo más indispensable para poder ejecutar el proyecto sería la gestión que se lleve a cabo para satisfacer la demanda de cáscara de plátano para que el sistema de tratamiento a proponer esté operativo todo el tiempo.

### ***2.2.2.3 Deshidratación De La Cáscara De Plátano En Cuarto Caliente De Msh, Donde Se Almacena Electrodo De Soldadura***

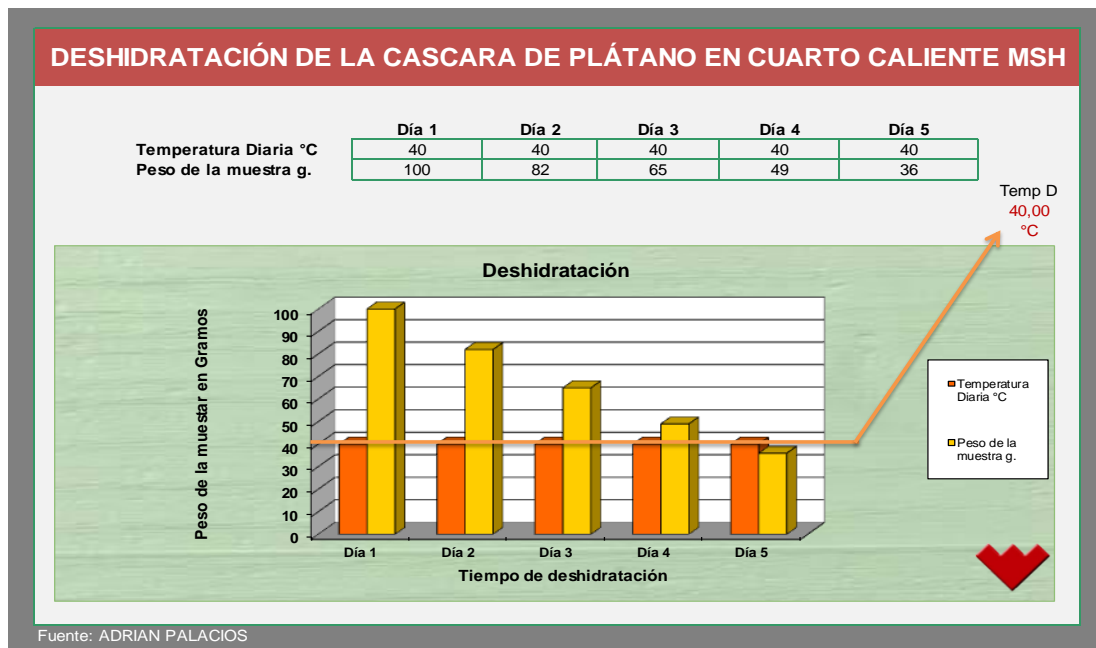
Para realizar este ensayo, al igual que en los dos anteriores, se sometió a deshidratación 100g de cáscara de plátano; esto se llevó a cabo dentro del cuarto caliente de bodega (Base 1) en donde se guardaban los electrodos de soldadura, pertenecientes a la línea de Machine Shop.

El cuarto caliente en su interior contaba con un sistema de hornos electrónicos de regulación térmica de dos tipos, cada uno con una función específica; hornos de almacenamiento de electrodos que permanecen en una temperatura promedio de 40°C y los hornos de precalentamiento de electrodos en los que se pueden alcanzar temperaturas que superan los 200°C. Esta deshidratación se la desarrollo en los hornos de almacenamiento de electrodos a 40°C por un periodo indefinido inicialmente ya que a medida que el tiempo del ensayo iba transcurriendo se verificaba el peso de la muestra, constatando de esta manera el nivel de humedad perdido, hasta que la muestra alcanzara un peso aproximado de 11.2g.

En esta práctica se planifico realizar verificaciones del peso de la muestra (1 vez al día) a medida que el ensayo iba avanzando, para de esta manera poder llevar un control en la deshidratación de la muestra, hasta llegar a la perdida de humedad buscada. Manteniendo una temperatura de 40°C durante las 24 horas del día, a partir del quinto día la muestra dejo de perder humedad ya que el peso de la muestra se mantuvo en 36g durante todo el día sexto, alcanzando de esta manera un 64% de deshidratación, como se puede ver en el siguiente gráfico.

Grafico 4:

### PÉRDIDA DE PESO DE LA MUESTRA EN CUARTO CALIENTE MSH



Pese a que la deshidratación obtenida no fue la esperada, este método tiene sus ventajas y podría ser uno de los procesos de deshidratación factibles al momento de realizar la propuesta, para implementar un tratamiento final de aguas industriales, con el filtro a base de cáscara de plátano, debido a que este ensayo no demanda de mucha supervisión, además, la mayor parte del tiempo estos hornos donde mantienen los electrodos para soldadura pasan vacíos.



Imagen 5:

## CÁSCARA DE PLÁTANO DESHIDRATÁNDOSE EN CUARTO CALIENTE DE MSH



Una vez concluidos estos tres ensayos investigativos que estaban enfocados en poder determinar de una forma clara, cuál es el método de deshidratación en el que la muestra presento una mejor perdida de humedad y a la vez conocer la demanda de supervisión que necesita cada proceso de deshidratación, lo que sin duda ayuda al momento de proponer que este filtro a base de cáscara de plátano, deshidratada y micropulverizada, se pueda implementar en el sistema de tratamiento de aguas industriales, dentro de Weatherford South America L.L.C.

La pérdida de humedad alcanzada en la muestra de cáscara de plátano deshidratada en autoclave fue la que presentó los mejores resultados técnicos y operativos por lo que se convierte en el método más viable técnicamente hablando.

### ***2.2.3 Sistema De Tratamiento De Aguas Industriales En Weatherford South America L.L.C.***

En la ciudad Francisco de Orellana (El Coca) Weatherford South America L.L.C., tiene instalaciones en las cuales se realiza: almacenamiento, manejo, limpieza, calibración y reparación de todos los equipos, herramientas, maquinarias e insumos utilizados en todas las actividades que ejecuta la Compañía en la prestación de servicios petroleros.

Dentro de la parte operativa de Weatherford también se realizan actividades que tienen que ver con: mecanizados, soldaduras, almacenamiento y reparación de herramientas, equipos e insumos utilizados en la operación en campo. Todas estas actividades generan aguas residuales diariamente y es por esto que la empresa se ve en la necesidad de buscar un plan que ayude a satisfacer la demanda diaria de agua sin que esto signifique altas inversiones y lo más importante que de alguna manera se aproveche sustentable el recurso hídrico para contribuir con el Medio Ambiente.

Uno de los varios procesos que realiza la empresa es el de dar mantenimiento a sus equipos y herramientas que han cumplido su trabajo en el campo. Para esto las herramientas y equipos deben pasar primero por un proceso de limpieza que se lo realiza dentro de las instalaciones, en las áreas de lavado.

El agua que entra a las plantas de tratamiento son el resultado de: aguas lluvia, aguas recolectadas en cada uno de los talleres a través de canales perimetrales, fosas, tanques, limpieza de campers, en fin son producto de todas las actividades que la compañía desempeña y están compuestas principalmente de lodos, aceites, grasas,

hidrocarburos, químicos, etc., Estas aguas después de ser tratadas, son utilizadas en el lavado de estos equipos y herramientas para después recircular nuevamente y volver a pasar por el proceso de tratamiento otra vez.

La implementación de plantas de tratamiento de agua en función permanente es la alternativa sustentable implementada por Weatherford para ayudar a mejorar la calidad del agua utilizada y a la vez cumplir con la demanda que tienen este recurso, dentro de las operaciones que la corporación realiza.

El tratamiento que se da actualmente es dosificado y este se lo hace en base a Cal, Polímero, Sulfato de Aluminio y Cloro principalmente. El Sistema de Tratamiento de Aguas Industriales está ya establecido, la única diferencia que se da es al momento de aplicar las dosis de productos químicos cuando se hace el tratamiento del agua y esto se debe a que las dimensiones y capacidades de las Plantas de tratamiento son distintas.

A continuación se dará a conocer de manera general el funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Industriales en Base 2; prácticamente este tratamiento está basado en un mismo procedimiento que se lo realizaba en Base 1, pero el detalle del funcionamiento de las plantas nos ayudara a entender de una mejor manera, en donde se podrá realizar la implementación del filtro a base de cáscara de plátano, dentro del Sistema de Tratamiento de la empresa.

### ***2.2.3.1 Descripción Del Sistema De Tratamiento De Aguas Industriales (Base 2)***

El Sistema de Tratamiento de Aguas residuales industriales implementado en Weatherford South America L.L.C., funciona de acuerdo al siguiente esquema:

- a) **Producción de aguas residuales industriales.-** En diferentes talleres, como subproducto de actividades de ensamblaje, desarmado, pintura, mantenimiento, revisión, pruebas, etc., al igual que en el área de lavado, se generan efluentes que están compuestos por aceites, grasas, combustibles, residuos, suelo, lodos, etc. Estos efluentes residuales son conducidos a través de canales perimetrales ubicados en los talleres, hacia trampas de grasa, contenedores subterráneos donde se retienen temporalmente las aguas residuales o son descargados directamente en la planta de tratamiento de aguas industriales la misma que tiene una capacidad de 8 m<sup>3</sup>.
  
- b) **Recolección de aguas residuales industriales.-** Cuando los contenedores subterráneos ubicados en los talleres se encuentran saturados, el operador del sistema de tratamiento de aguas residuales recolecta con la ayuda de una bomba su contenido en un tanque apropiado para ser transportado hacia celdas subterráneas ubicadas en las plantas de tratamiento. En el caso del área de lavado, ubicada junto a la plantas de tratamiento, los efluentes son recolectados por canales periféricos directamente en estas celdas subterráneas.
  
- c) **Floculación - Coagulación.-** El operador del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales incluye diferentes dosis de floculante, coagulante y cloro en las celdas subterráneas dependiendo del nivel del pH y finalmente

activa el sistema de aireación para homogeneizar y distribuir la dosificación de químicos.

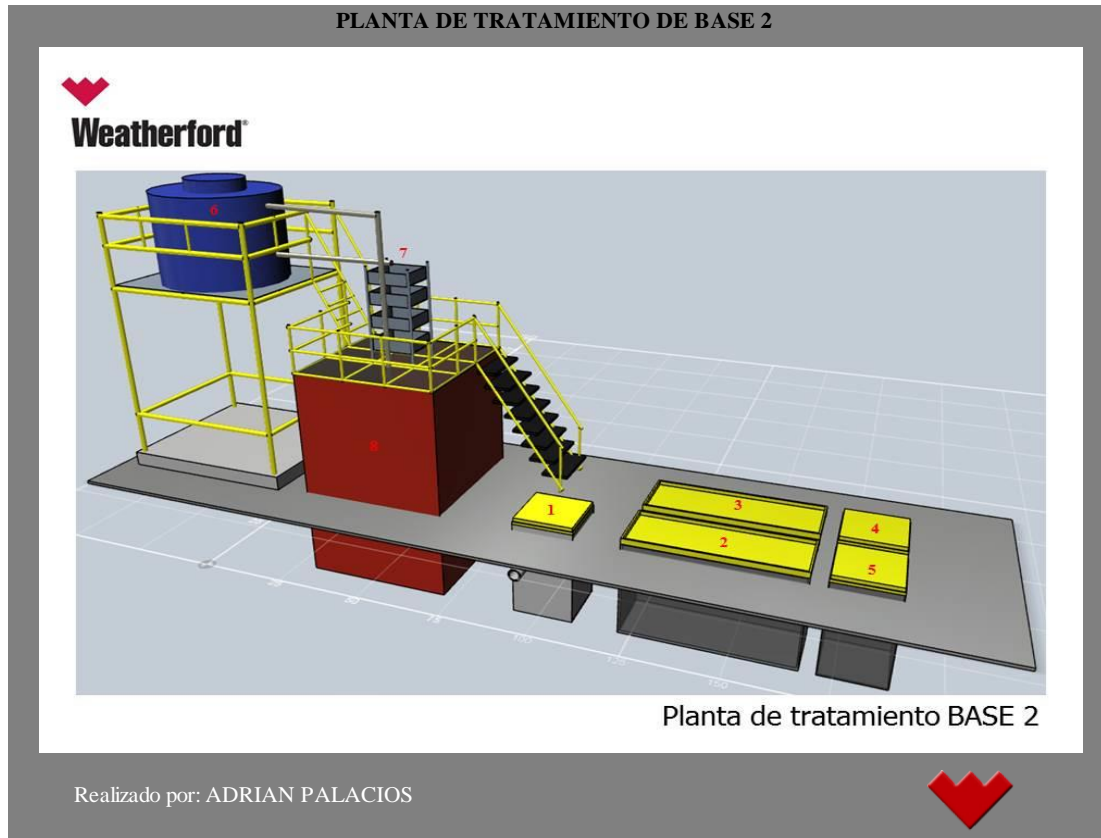
- d) **Clarificación del efluente.-** Una vez incluido el floculante, coagulante y cloro, es necesario dejar en reposo el agua residual contenida en las celdas subterráneas por un determinado tiempo, luego del cual se succiona la fase visiblemente clarificada hacia un tanque elevado, donde se dispone el agua tratada temporalmente hasta ser utilizada para el proceso de lavado de herramientas y tubería.
  
- e) **Medición y registro de calidad del efluente tratado.-** A pesar que Weatherford South America L.L.C. recicla sus efluentes industriales (es decir no los descarga hacia cuerpos de agua o sistema de alcantarillado público), tiene un programa de monitoreo mensual de la calidad del efluente tratado, para garantizar el cumplimiento de los parámetros exigidos por la normativa ambiental respectiva. Tabla 4<sup>a</sup> del Reglamento Ambiental para las Operaciones hidrocarburíferas del Ecuador (RAOHE) Decreto 1215, febrero 2001.
  
- f) **Toma de muestra de agua para análisis en laboratorio.-** El operador de la planta de tratamiento, una vez al mes toma una muestra de agua en los tanques de disposición final del agua tratada. Para el muestreo se utiliza guantes de nitrilo para no tener contacto directo con la muestra, un envase de 100 ml de vidrio color ámbar en el cual se coloca una guía custodia en la que se detalla el lugar, fecha, hora, nombre del muestreador y el tipo de análisis que se requiere.

g) **Producción y evacuación de lodos residuales.-** Producto del tratamiento de aguas residuales industriales se generan lodos contaminados que se depositan al fondo de las celdas de tratamiento. Periódicamente, dependiendo de la cantidad de sólidos presentes en los efluentes, se evacúan mensualmente estos lodos, almacenándolos en tanques de 55 galones. Estos lodos son entregados mensualmente a un gestor ambiental debidamente certificado por la autoridad correspondiente.

Para complementar y mejorar la explicación del funcionamiento del sistema de tratamiento que Weatherford da a sus aguas industriales que son producto de la operación que se realiza dentro de la empresa, a continuación se presenta la imagen de la planta de tratamiento de aguas industriales construida en Base2 y posteriormente a eso se da a conocer generalidades del Sistema de Tratamiento de Aguas.

Imagen 6:

## PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES (BASE 2)



- 1) Caja de revisión inicial
- 2) Tanque sedimentador primario
- 3) Tanque sedimentador secundario
- 4) Tanque sedimentador final
- 5) Tanque de tratamiento químico
- 6) Tanque de almacenamiento temporal
- 7) Filtro en secciones
- 8) Tanque de almacenamiento final.

El agua residual captada a lo largo de todos los talleres y áreas de lavado llega a la caja de revisión inicial para posteriormente pasar a los tanques de sedimentación; dentro de estas fosas la sedimentación se va dando por acción de la gravedad. Los lodos residuales resultantes de la sedimentación son evacuados periódicamente y enviados a un gestor certificado por el Ministerio del Ambiente para su respectivo tratamiento y disposición final.

Luego que la sedimentación por acción física se da, el agua pasa al tanque de tratamiento químico; que está basado en la aplicación de sulfato de aluminio, cal, polímero y cloro. Cabe mencionar que todos los tanques de sedimentación y el tanque de tratamiento químico tienen un sistema de aireación, el cual nos permite inyectar aire proporcionalmente de acuerdo a las necesidades ya sea para homogenizar el químico, evitar la eutrofización del agua o simplemente para evitar la descomposición de la misma.

El primer paso para proceder con la dosificación química en el tratamiento de agua es la medición del pH, en el que por regla global se compara en la escala ya establecida que va de 0 a 14; siendo de 0 a 6.9 ácido, 7 neutro y de 7.1 a 14 alcalino. El resultado de esta medición es importante ya que de esta manera se puede proceder a la aplicación de cal para dejar el pH levemente ácido, neutro o levemente alcalino.


Para tener una mejor referencia de la dosificación en el tratamiento establecido por Weatherford South America L.L.C. a continuación se presentan las cantidades de producto químico que se debe utilizar según el volumen de agua a tratar.



Tabla 4:

DOSIFICACIÓN DE CAL DEPENDIENDO DEL PH

APLICACIÓN DE CAL EN 8m3 DEPENDIENDO DEL PH	
pH	CAL / Kg
4	3.0
5	2.5
6	2.0
7	1.5
8	1.0


Realizado por: ADRIAN PALACIOS 

Cuando el pH del agua es débilmente ácido, neutro o débilmente alcalino, el sulfato de aluminio precipita arrastrando las partículas en suspensión, dejando el agua transparente. Esta propiedad es comúnmente usada en piscinas y para tratamiento de aguas industriales. Luego de la aplicación de sulfato de aluminio el agua en tratamiento se acidifica, por lo que, es necesario nuevamente realizar una medición de pH, para posteriormente realizar la neutralización con cal.

Tabla 5:

DOSIFICACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO

APLICACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO	
m3	Kg
5	3.0
6	3.5
7	4.0
8	4.5
9	5.0


Realizado por: ADRIAN PALACIOS 

Para complementar el trabajo del Sulfato de aluminio que consiste en sedimentar o aclarar el agua, se añade al agua polímero para potenciar la etapa de decantación o espesado en la que las partículas en suspensión deben separarse del agua.

Tabla 6:

#### DOSIFICACIÓN DE POLÍMERO

APLICACIÓN DE POLÍMERO	
m <sup>3</sup>	ml
5	400
6	600
7	800
8	1000
9	1500

Realizado por: ADRIAN PALACIOS 

Después de la dosificación química el agua tratada es bombeada al tanque de almacenamiento temporal y finalmente es liberada por acción de la gravedad a través del filtro en secciones, el mismo que está compuesto con; arena, piedras, zeolita, mallas y carbón activado para que mediante el paso del fluido por esta sección, pueda quedarse cualquier tipo de residuo que no haya sido retenido o separado en el proceso dado hasta ese momento.

Finalmente el agua tratada y filtrada ingresa al tanque de almacenamiento final, en donde se almacena temporalmente el agua que está lista para ser utilizada nuevamente en procesos de lavado.

### ***2.2.3.2 Caudal A Tratar***

El caudal que llega a la planta de tratamiento específicamente a la trampa de grasa en donde se descarga todo el agua recolectada de las, canaletas, cajas recolectoras, trampas ciegas y la utilizada en el área de lavado de herramientas y equipos, varía de acuerdo a la operación, época del año, o simplemente debido a la característica propia del Oriente Ecuatoriano en cuanto al alto nivel de precipitaciones que este presenta. En la época de invierno en donde las precipitaciones fluviales son mayores, el caudal a tratar en la planta de tratamiento aumenta y esto se debe a que muchas de las canaletas a lo largo de toda la base están directamente expuestas a las precipitaciones, lo que hace que el agua lluvia se mezcle con la grasa o aceite recolectado, aumentando de esta manera el agua a tratar.

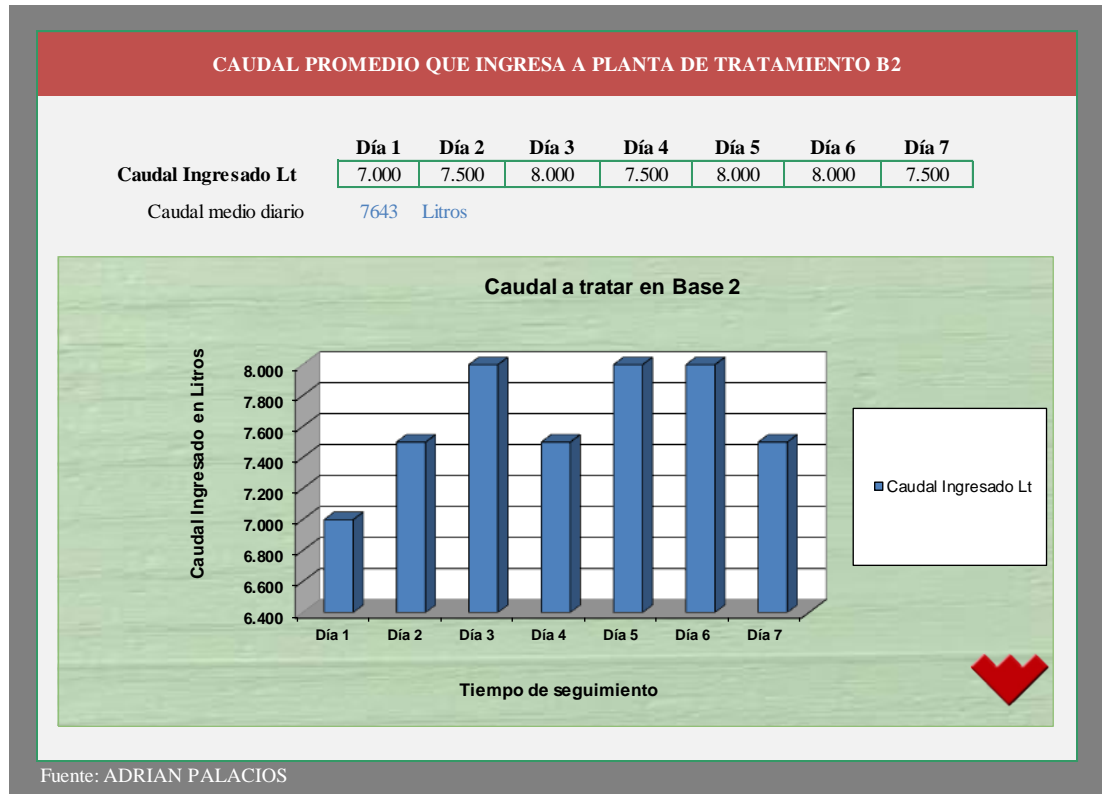
No podemos dar un dato exacto de la cantidad de agua que ingresa a tratamiento diariamente, debido a que el caudal es proporcional al desarrollo de las operaciones, pero realizamos una medición aproximada del caudal que entra a la planta de tratamiento de Base 2, durante 7 días de operación normal y continua para de esta manera tener un estimado del total de agua que se trata a diario.

Para esta medición se tomó como referencia el nivel diario de agua que alcanzaron los tanques de almacenamiento de la planta de tratamiento; que en conjunto tienen una capacidad para almacenar  $8 \text{ m}^3$  de agua.

Después de los 7 días de haber monitoreado el nivel de fluido que ingresa a tratamiento y de constatar de manera visual la cantidad de agua, estos fueron los resultados estimados obtenidos:

Grafico 5:

### CAUDAL PROMEDIO DE AGUA QUE REQUIERE TRATAMIENTO



#### ***2.2.4 Filtro A Base De Cáscara De Plátano Para Descontaminar Agua Que Contiene Metales Pesados***

Los tres métodos probados anteriormente para deshidratar la cáscara de plátano y desarrollados dentro de las facilidades de la empresa, se los planifico pensando en encontrar la manera más efectiva, que nos ayude a alcanzar una pérdida de humedad del 88.8% contenida en la cáscara de plátano. Sin duda alguna la efectividad de la deshidratación podría influenciar mucho en los resultados de la investigación, es por eso que para el filtrado de agua se utilizó la cáscara deshidratada en el autoclave debido a que esta muestra después de ser sometida a 60 °C durante 32 horas

continuas, alcanzo una deshidratación del 80,9% convirtiéndose de esta manera en el método que brindo los resultados más positivos en base a lo buscado.

La pérdida de humedad es directamente proporcional a su peso, es decir que entre menos peso tenía la muestra, mayor era la cantidad de humedad que había liberado.

#### ***2.2.4.1.- Generalidades Del Filtro***

El filtro utilizado en este proyecto no podría ser considerado como un instrumento de tamizado; su aplicación para el tratamiento de aguas industriales contaminadas con metales pesados, está encaminada más bien como un lecho filtrante en función al electromagnetismo, entre los iones de carga positiva que contienen los metales pesados y los iones de carga negativa que se genera en la cáscara de plátano, lo que permite que los metales presentes en el fluido contaminado queden adheridos a la biomasa (cáscara de plátano) colocada en medio de un soporte fijo.

Tenía como objetivo principal reducir el nivel de metales pesados presentes en efluentes contaminados con estos elementos. El concepto fundamental en el funcionamiento del filtro es que el fluido contaminado sea regado sobre el lecho filtrante (cáscara de plátano) y se deje percolar.

Por ello, una característica que debe tener el lecho filtrante percolador a base de cáscara de plátano, es que debe ser un medio altamente permeable, al cual los metales pesados queden adheridos y por el cual el agua contaminada se infiltre.

El filtro está compuesto principalmente por una unidad compacta de polipropileno<sup>4</sup> de 10" de alto por 4.5" de ancho, la cual tiene una porosidad<sup>5</sup> de 50 micras que ayudó a retener la cáscara de plátano micropulverizada, colocada en el compartimiento interior del filtro<sup>3</sup> y a la vez permitió el paso únicamente del fluido contaminado, sin influenciar en el filtrado de los metales pesados ya que esta unidad compacta solo retenía las partículas cáscara de plátano puesto a que estas superaban las 80 micras de diámetro y los metales pesados disueltos en agua únicamente tenían partículas menores a las 2.5 micras.

El proceso de filtrado es únicamente posible gracias a los principios del electromagnetismo que se da entre los iones de carga positiva que tienen los metales pesados y los iones de carga negativa que se genera en la cáscara de plátano al introducirla en medios levemente ácidos.

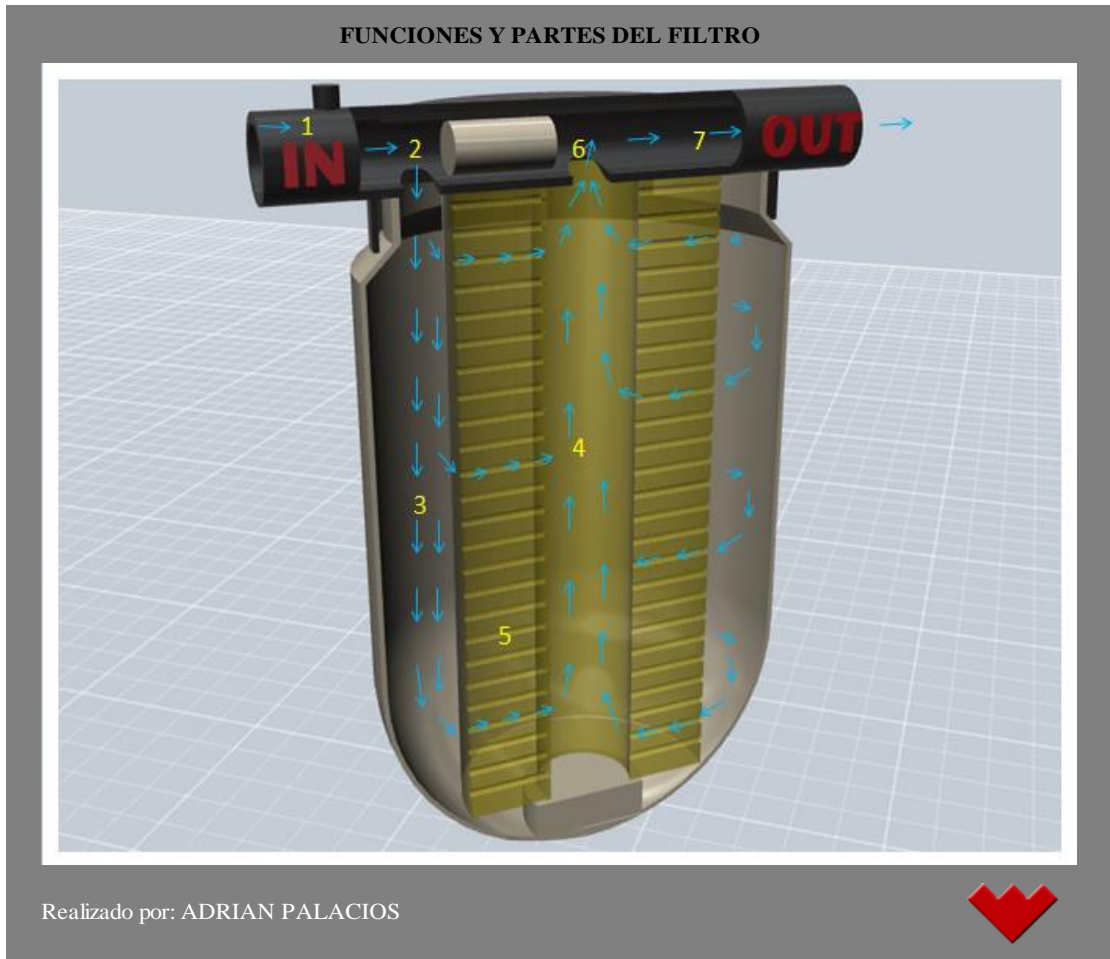
La parte externa del filtro está compuesta por una carcasa de 10" de alto por 1" de ancho y una tapa que tiene un sistema de cañería por la que ingresa el agua<sup>in</sup>, la distribuye hacia el interior del filtro y finalmente permite que el agua salga por el lado opuesto<sup>out</sup>. Es muy importante que el agua que ingresa al filtro circule despacio o el caudal sea bajo, para que la cáscara de plátano pueda realizar el proceso de captación de los metales pesados. La recirculación podría ser considerada porque tiene la ventaja de aumentar la remoción de los metales.

En el compartimiento interno<sup>3</sup> en donde específicamente por cuestiones del proyecto se dejó espacio suficiente, según la cantidad de agua a filtrar, para colocar la cáscara de plátano micropulverizada y de esta manera pueda el fluido contaminado percolar a través de este y realizar la retención de los metales pesados.

En la siguiente imagen se puede ver el diseño del filtro que fue utilizado en este proyecto investigativo.

Imagen 7:

#### GENERALIDADES DEL FILTRO



- 1) Entrada del fluido al filtro
- 2) Ingreso a compartimiento interior
- 3) Compartimiento interior de filtro en donde se coloca la cáscara de plátano
- 4) Unidad compacta de polipropileno
- 5) Porosidad o ductos de 50 micras

- 6) Salida del fluido del compartimiento interno
- 7) Salida del filtro

Para hacer posible todo el sistema de filtrado del agua contaminada con metales pesados, se tuvo que adicionar algunas conexiones al filtro, en donde se utilizó los siguientes materiales:

- ✓ 1 caja metálica con capacidad de 7 litros
- ✓ 1 válvula para paso de  $\frac{1}{2}$
- ✓ 2 metros de manguera de  $\frac{3}{8}$
- ✓ 1 válvula esférica Pnt.  $\frac{3}{8}$
- ✓ 1 unidad Bushung 1ps de  $\frac{3}{4}$  por  $\frac{1}{2}$
- ✓ 1 unidad conectora macho de  $\frac{3}{8}$  qf por  $\frac{1}{4}$  Pnt.

### ***2.2.5 Muestreo De Agua***

La toma de muestras de agua que se realizaron en este proyecto investigativo, se enmarcaron dentro de las normas y métodos de muestreo, bajo un alto control de calidad, con la finalidad de asegurar la confiabilidad y exactitud de los resultados.

Las muestras se las recolectaron en recipientes de vidrio de 1 litro, color ámbar, debidamente etiquetados, (código de la muestra, fecha, hora, fuente de agua residual, nombre del laboratorio a dirigirse, etc.) con tapas que proporcionaron un cierre hermético para posteriormente meterlas en una caja hermética (cooler) que ayudo a



preservar la muestra a una temperatura de 4°C según lo recomendado por el TULSMA y el RAOHE.

El muestreo de aguas en este proyecto investigativo consistió en la toma de 5 muestras de agua, en puntos específicos detallados a continuación:

**Punto 1 y 2.-** Estas muestras de agua se las tomó en los puntos de ingreso de las planta de tratamiento de Base 1 y Base 2, es decir el muestreo fue del agua contaminada producto residual de las operaciones que realiza la empresa a lo largo de sus instalación, para de esta manera poder determinar en cuál de las dos bases existe un mayor nivel de contaminantes.

La caracterización físico, química de estas muestras basada en la tabla 4a del RAOHE (Parámetros de monitoreo para descargas de aguas industriales), fue realizada en el laboratorio LABSU, el cual es un laboratorio ACREDITADO por el OAE, con acreditación N° OAE LE 2C 07-003, que tiene implementado un sistema de gestión de calidad acorde a la Norma ISO / IEC 17025:2005 por lo que sin duda esto garantizó la trazabilidad de los análisis que ayudaron a determinar la composición de los efluentes industriales que ingresan a las plantas de tratamiento de agua. (Ver anexo 6.1.2 y 6.1.3)

Además de la caracterización físico química de estas muestras basada en la tabla 4ª del RAOHE, se analizaron dos parámetros adicionales; Cadmio y Níquel específicamente en el agua residual de Base 2, debido a que análisis realizados anteriormente por la empresa muestran que la composición de este efluente a diferencia del agua residual de Base 1 presenta un nivel más elevado de

contaminación, con el fin de determinar si en la composición del agua residual existen dichos contaminantes y a la vez esto permitió extender el alcance investigativo de este proyecto. (Ver anexo 6.1.4)

**Punto 3.-** Este muestreo fue del agua que ha pasado por todo el proceso de remediación o recuperación; es decir, la muestra tomada fue de agua tratada. De esta manera se buscaba conocer el nivel de eficiencia que hoy en día tiene el Sistema de Tratamiento de Aguas que da Weatherford aquí en el Ecuador. (Ver anexo 6.1.5)

**Punto 4.-** Después de realizar los primeros análisis se pudo determinar que no existe en las muestras analizadas un nivel considerable de los metales pesados en estudio (Ver punto 2.2.5.1 y 2.2.5.), por lo que se procedió a tomar una muestra de 10 litros de agua tratada, para posteriormente enviarla al laboratorio LABSU y con la ayuda de especialistas en el manejo de químicos, se contaminó una muestra intencionalmente con Bario, Cadmio, Cromo, Plomo, Níquel y Vanadio. (Ver anexo 6.1.6)

**Punto 5.-** La última muestra tomada y enviada al laboratorio fue del agua resultante de la filtración de la muestra de agua contaminada intencionalmente a través de la cáscara de plátano, con el fin de conocer a ciencia cierta el nivel de efectividad que tiene para filtrar los metales pesados en estudio. (Ver anexo 6.1.7)

### ***2.2.5.1 Muestreo Y Caracterización Del Agua Que Ingresa A Las Plantas De Tratamiento En Base 1 Y Base 2 (Agua Contaminada, Punto 1 Y 2)***

La diversidad de operaciones que maneja Weatherford, debido a las distintas actividades que realiza cada Línea de Producción, hace que el agua utilizada en todos los procesos productivos tengan composiciones distintas de contaminantes; es por esto que se realizó un muestreo para de esta manera poder establecer una línea base y conocer cuál es la composición de los efluentes que ingresan a las plantas de tratamiento diariamente.

Para dichos análisis se tomaron dos muestras de 100ml de agua en cada Base, posteriormente las muestras fueron enviadas en un cooler para mantenerlas en un ambiente fresco, evitando de esta manera que haya algún tipo de alteración en la composición del agua, hasta que llegue al laboratorio en el cual se realizó el análisis. El muestreo se lo realizó tomando las medidas de control y calidad adecuadas, en envases de vidrio estéril concedidos por el mismo laboratorio.

El Informe de resultados del ensayo N° 86 217 perteneciente a la muestra de Base 1, se lo presenta a continuación.

## Grafico 6:

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA CONTAMINADA DE BASE 1

**MUESTRA DE AGUA CONTAMINADA , BASE 01 código B-1-001**


Resultados  
a 81 521

Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

■ Dentro de parámetro  
■ Fuera de parámetro

Parámetro	Expresado en	Unidad	a 81 521	Tabla # 4a Límites permisibles	PEE - LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Potencial Hidrógeno	pH	---	6.79	5 - 9	PEE-LABSU-02	SM 4500 - H+B	± 0,02
Conductividad Eléctrica	CE	uS/cm	775	<2 500	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 5 %
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	48.40	<20	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 6 %
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	132.12	<120	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
Sólidos Totales	ST	mg/l	1401.68	<1 700	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10 %
Bario	Ba	mg/l	0.36	<5	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111D	± 32 %
Cromo (total)	Cr	mg/l	< 0.10	<0, 5	PEE-LABSU-21	SM 3030 B, 3111B	± 40 %
Plomo	Pb	mg/l	< 0.15	<0, 5	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111B	± 30 %
Vanadio	V	mg/l	< 0.40	<1	PEE-LABSU-25	SM 3030 B, 3111D	± 30 %

Fuente: Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas Decreto No. 1215, febrero 2001:  
 Tabla # 4: Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas)



En la muestra de agua contaminada tomada en Base 1 se analizaron 9 parámetros, de los cuales 2 no están dentro de los límites permisibles señalados en la tabla 4<sup>a</sup> del RAOHE como se lo puede ver en la tabla anteriormente presentada.

La segunda muestra tomada fue del agua residual de las operaciones pertenecientes a Base 2 y a continuación se presenta los resultados según informe N° 86 220 entregado por el laboratorio LABSU en donde se realizó el análisis físico químico de la muestra.

## Grafico 7:

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA CONTAMINADA DE BASE 2

**Resultados**

**MUESTRA DE AGUA CONTAMINADA, BASE 02 código B-2-001**

a 81 524


Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

■ Dentro de parámetro  
■ Fuera de parámetro

Parámetro	Expresado en	Unidad	a 81 524	Tabla # 4a Límites permisibles	PEE - LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Potencial Hidrógeno	pH	---	4.23	5 - 9	PEE-LABSU-02	SM 4500 - H+B	± 0,02
Conductividad Eléctrica	CE	uS/cm	290	<2 500	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 5 %
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	106.27	<20	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 6 %
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	520.03	<120	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
Sólidos Totales	ST	mg/l	7096.07	<1 700	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10 %
Bario	Ba	mg/l	0.30	<5	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111D	± 32 %
Cromo (total)	Cr	mg/l	< 0.10	<0, 5	PEE-LABSU-21	SM 3030 B, 3111B	± 40 %
Plomo	Pb	mg/l	< 0.15	<0, 5	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111B	± 30 %
Vanadio	V	mg/l	< 0.40	<1	PEE-LABSU-25	SM 3030 B, 3111D	± 30 %

Fuente: Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas Decreto No. 1215, febrero 2001;  
 Tabla # 4 a: Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas)

Responsable del informe: LABSU



Al igual que en el análisis anterior, en esta muestra de agua contaminada perteneciente al efluente residual de Base 2 también se analizaron 9 parámetros, de los cuales 4 de ellos no están dentro de los límites permisibles estipulados en la tabla 4ª del RAOHE, según informe entregado por el laboratorio.

Sin embargo, después de conocer que la muestra de agua de base 2 presenta los niveles más elevados de contaminación, en el informe emitido por el laboratorio se puede evidenciar que los niveles de los metales pesados en estudio permanecen dentro de los parámetros permisibles, por lo que con la ayuda de personal altamente calificado en el manejo de productos químicos se procedió a contaminar una muestra de agua intencional y controladamente con metales pesados para extender el alcance investigativo de este proyecto. (Ver anexo 6.1.7)

Cabe mencionar que a pesar del bajo nivel de metales pesados que contiene el efluente industrial de la empresa y pese a permanecer dentro de los parámetros permisibles establecidos en el RAOHE, a simple vista se puede apreciar que después de realizar el lavado de herramientas equipos y tubería, con el agua tratada, la corrosión es uno de los problemas principales que afectan la calidad de la tubería principalmente.

#### ***2.2.5.2 Muestreo Y Caracterización Del Agua Tratada (Punto 3)***

Con la gran variedad de métodos de tratamiento de agua industriales que existe hoy en día, muchas industrias intentan minimizar el uso desmesurado de los recursos naturales, disminuir la generación de efluentes contaminantes y reciclar en lo posible los residuos luego de su producción.

Weatherford South America L.L.C., en Ecuador maneja un método de reaprovechamiento del recurso agua utilizada en los procesos productivos industriales principalmente de lavado de herramientas, tubería, equipos y aguas residuales recolectadas a lo largo de todos sus talleres. Este método consiste en la reutilización del agua a través de una técnica de depuración físico-química, que está enfocada en la reducción máxima posible de los contaminantes contenidos en el agua residual por la combinación de métodos químicos (adición de productos químicos para conseguir la precipitación, volumen y peso adecuados de los lodos) y métodos físicos (decantación y flotación), reafirmando de esta manera el compromiso básico de la compañía para la protección del medio ambiente y la búsqueda de la mejora continua en el desempeño ambiental.

Una vez obtenidos los resultados de los análisis realizados anteriormente (caracterización físico química del agua contaminada de Base 1 y Base 2) se pudo conocer que en Base 2 el nivel de contaminación del efluente que ingresa a la planta de tratamiento, es más elevado principalmente en Hidrocarburos totales, Solidos totales, Demanda química de oxígeno y el pH está fuera de los rangos permisibles. (Ver anexo 6.1.3)

Pese a no hacer ningún tipo de descarga, el tratamiento físico-químico dado por Weatherford busca mejorar la calidad del agua contaminada para poderla reutilizar e intenta que los contaminantes mencionados anteriormente vuelvan a permanecer dentro de los parámetros permisibles.

A continuación se muestran los resultados de análisis físico químico realizado en el laboratorio a la muestra del efluente tratado de Base 2.

## Grafico 8:

### RESULTADOS DEL TRATAMIENTO AL AGUA CONTAMINADA DE BASE 2

Resultados		MUESTRA DE AGUA TRATADA , BASE 02 código B-2-010					
a 77 115		Resultados / Parámetros y métodos / referencias:		Resultados		<input type="checkbox"/> Dentro de parámetro <input type="checkbox"/> Fuera de parámetro	
Parámetro	Expresado en	Unidad	AGUA TRATADA	Tabla # 4a Límites permisibles	PEE - LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Potencial Hidrógeno	pH	---	8.05	5 - 9	PEE-LABSU-02	SM 4500 - H+B	± 0,02
Conductividad Eléctrica	CE	uS/cm	209	<2 500	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 5 %
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	< 0.2	<20	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 6 %
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	10.61	<120	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
Sólidos Totales	ST	mg/l	184.73	<1 700	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10 %
Bario	Ba	mg/l	< 0.30	<5	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111D	± 32 %
Cromo (total)	Cr	mg/l	< 0.10	<0, 5	PEE-LABSU-21	SM 3030 B, 3111B	± 40 %
Plomo	Pb	mg/l	< 0.15	<0, 5	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111B	± 30 %
Vanadio	V	mg/l	< 0.40	<1	PEE-LABSU-25	SM 3030 B, 3111D	± 30 %

Fuente: Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas Decreto No. 1215, febrero 2001:  
 Tabla # 4 a: Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas)

Responsable del informe: LABSU

La depuración físico-química dada por Weatherford si bien es cierto no elimina los contaminantes en su totalidad pero si permite que el efluente industrial luego del tratamiento permanezca dentro de los límites permisibles establecidos en la ley.

#### 2.2.5.3 Muestreo Y Caracterización Del Agua Contaminada Intencional Y Controladamente (Punto 4)

Conocida la composición del flujo residual de entrada al proceso de remediación y la efectividad del tratamiento empleado por Weatherford, se pudo determinar que el agua utilizada en el proceso de lavado de herramientas y equipos no tiene niveles considerables de los metales pesados en estudio, por lo que, con ayuda de personal altamente calificado en el manejo de químicos se procedió a contaminar una muestra



de agua de manera controlada e intencionalmente a nivel de laboratorio para posteriormente percolar la muestra por el filtro elaborado en esta investigación y conocer la efectividad de la cáscara de plátano, utilizada como elemento para filtrar metales pesados presentes en agua.

Es importante mencionar que las dosificaciones de metales pesados adicionados a la muestra fueron altas, de tal manera, que casi en ninguna industria se puede encontrar al mismo tiempo un nivel elevado similar de contaminantes, por lo que, sin duda alguna esto significo que la cáscara de plátano fue puesta a una prueba muy exigente, en la que los resultados nos ayudaron a determinar la viabilidad de poder aplicar este proyecto a escala industrial.

Grafico 10:

MUESTRA DE AGUA CONTAMINADA INTENCIONAL Y CONTROLADAMENTE CON METALES PESADOS

**Resultados** MUESTRA DE AGUA CONTAMINADA INTENCIONAL Y CONTROLADAMENTE CON METALES PESADOS

a 82 811

Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

■ Dosificación de metales adicionados  
■ Fuera de parámetro

Parámetro	Unidad	Resultados a 82 811	Tabla # 4 a	Concentración adicionada a la muestra	PEE - LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Bario	mg/l	1,00	<5	1,00	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111D	± 32 %
*Cadmio	mg/l	0,47	**	0,50	PEE-LABSU-20	SM 3030 B, 3111B	~
Plomo	mg/l	1,11	<0,5	1,00	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111B	± 30 %
Níquel	mg/l	1,78	**	1,00	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111B	~
Vanadio	mg/l	1,16	<1	1,00	PEE-LABSU-25	SM 3030 B, 3111D	± 24 %

Responsable del informe: LABSU



### ***2.2.6 Filtrado De Agua***

Una vez armado el filtro, instalada la mesa de ensayo y hechas las respectivas conexiones, se tomó una muestra de 10 litros de agua, la cual pasó por todo el proceso de tratamiento dado por Weatherford; que consistió en:

- Determinar la cantidad de agua que ingresó a la planta de tratamiento el día que se realizó la toma de la muestra y el caudal a tratar fue aproximadamente de  $7.8 \text{ m}^3$ .
  
- Después de identificar la cantidad del efluente a tratar se procedió a medir el pH, para determinar la dosis de cal que debía utilizar con el fin de neutralizar en lo posible el fluido residual. La decisión de la aplicación de dosificaciones del químico para tratar, requiere de un previo conocimiento del flujo contaminado; por tanto, la finalidad que se concede a estos tratamientos químicos, pasa, por una parte en disminuir o anular la toxicidad y por otra parte podría cubrir la etapa de pretratamiento o acondicionamiento previo a un proceso de tratamiento físico, que concluya con la recuperación máxima posible del efluente contaminado para poder volverlo a utilizar.

El proceso de neutralización además de ser recomendable hacerlo en tanques resistentes a la corrosión (reactor), requiere de una agitación intensa para que la reacción ocurra de forma homogénea, así como para facilitar el desprendimiento de calor de estas reacciones, normalmente exotérmicas.

El tiempo de residencia en el reactor, del residuo y del agente neutralizante, oscila entre 5 y 15 minutos, para que la reacción sea efectiva, siendo preciso, en los casos en que se formen compuestos insolubles, someter posteriormente, el flujo residual a un proceso físico de sedimentación.

En el tratamiento de aguas industriales dado por Weatherford se utiliza lechada de cal o hidróxido de calcio que es un producto químico muy utilizado en reacciones de neutralización debido a su bajo precio, aunque presenta inconvenientes por su baja solubilidad en agua, su lenta velocidad de reacción y la formación de precipitados, como es el caso de los residuos conteniendo ácido sulfúrico, al originarse sulfato cálcico lo que obliga a acudir a la decantación posteriormente.

El pH en el efluente residual, el día que se tomó la muestra para contaminarla de manera controlada e intencionalmente, presentó una acidez de 5.72, por lo que, se requirió la aplicación de 2.25 Kg de Cal aproximadamente para neutralizar levemente el pH e iniciar con la aplicación de químicos.

- Posterior a la aplicación de Cal, el pH del agua llegó a 6.8 y se pudo iniciar la aplicación de 4.4 kg sulfato de aluminio. El sulfato de aluminio es ampliamente utilizado en la industria comúnmente como coagulante en el tratamiento de aguas. Cuando el pH del agua es débilmente ácido, neutro o débilmente alcalino, precipita arrastrando las partículas en suspensión, dejando el agua transparente.

El sulfato de aluminio acidifica el pH, por lo que, luego de la aplicación de este coagulante fue necesario introducir nuevamente Cal en una dosis de 2.5 Kg para neutralizar el efluente en tratamiento.

- Para complementar el proceso de separación sólido-líquido del efluente industrial, se añadió 1000ml de polímero (SF SD-2080), el cual es un floculante especialmente recomendado para el uso el tratamiento de fluidos residuales.

A continuación se presentan imágenes del ensayo, del tratamiento químico a escala, realizado al efluente industrial antes mencionado, para de esta manera apreciar de manera visual, la efectividad que tiene el método de recuperación de agua residuales aplicado por Weatherford.

Imagen 8:

ENSAYO DE TRATAMIENTO QUÍMICO DADO AL AGUA RESIDUAL



Finalizado el tratamiento dado al agua industrial como se mencionó anteriormente, se tomó una muestra de 10 litros de agua la cual fue llevada al laboratorio LABSU y con ayuda de profesionales altamente capacitados en el manejo de químicos se procedió a contaminar la muestra de manera controlada e intencionalmente con los metales pesados. Luego de contaminar la muestra en el laboratorio se la llevó al lugar del proyecto para percolarla a través del filtro a base de cáscara de plátano. Esta muestra de agua se colocó en el tanque de metal (receptor de la muestra), que tiene una capacidad de 7 litros; cabe recalcar que el agua se lo coloco poco a poco, a medida que el agua iba pasando hacia el filtro por las conexiones, permitiendo de esta manera dejar que la cáscara de plátano actúe sobre los metales pesados, gracias a la acción electromagnética de los iones opuestos que tienen estos dos elementos.

Imagen 9:

#### PERCOLADO DE AGUA CONTAMINADA CON METALES PESADOS A TRAVÉS DEL FILTRO




Después de realizar el filtrado se procedió a enviar la muestra de agua percolada a través del filtro a base de cáscara de plátano, al laboratorio para que se realice el análisis respectivo y de esta manera poder conocer el nivel de efectividad que tuvo el presente proyecto investigativo.

En el grafico presentado a continuación, se muestran los niveles de efectividad en la reducción de metales pesados presentes en la muestra de agua que fue contaminada intencionalmente.

Grafico 11:

### MUESTRA DE AGUA CONTAMINADA FILTRADA A TRAVÉS DE CÁSCARA DE PLÁTANO

Resultados		MUESTRA DE AGUA CONTAMINADA INTENCIONAL Y CONTROLADAMENTE CON METALES PESADOS, PERCOLADA A TREVÉS DEL FILTRO A BASE DE CASCARA DE PLÁTANO					
a 82 873						<span style="color: green;">■</span> Dosificación de metales adicionados <span style="color: red;">■</span> Fuera de parámetro	
Resultados / Parámetros y métodos / referencias:							
Parámetro	Unidad	MUESTRA CONTAMINADA	MUESTRA FILTRADA	Tabla # 4 -	PEE - LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
Bario	mg/l	1,00	0,30	<5	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111D	± 32 %
*Cadmio	mg/l	0,47	0,03	**	PEE-LABSU-20	SM 3030 B, 3111B	~
Plomo Total	mg/l	1,11	0,10	<0,5	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111B	± 30 %
Níquel	mg/l	1,78	0,11	**	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111B	~
Vanadio	mg/l	1,16	0,40	<1	PEE-LABSU-25	SM 3030 B, 3111D	± 24 %

Responsable del informe: LABSU 

Como se ha venido mencionando anteriormente; el agua residual tratada con el método convencional hoy en día utilizado por Weatherford, pese a no ser descargada sino reutilizada, mensualmente se hace un muestreo para analizarla en un laboratorio certificado por la OAE, para poder llevar una estadística del agua utilizada para lavado de herramienta y equipos de la industria petrolera. Sin embargo a pesar de que

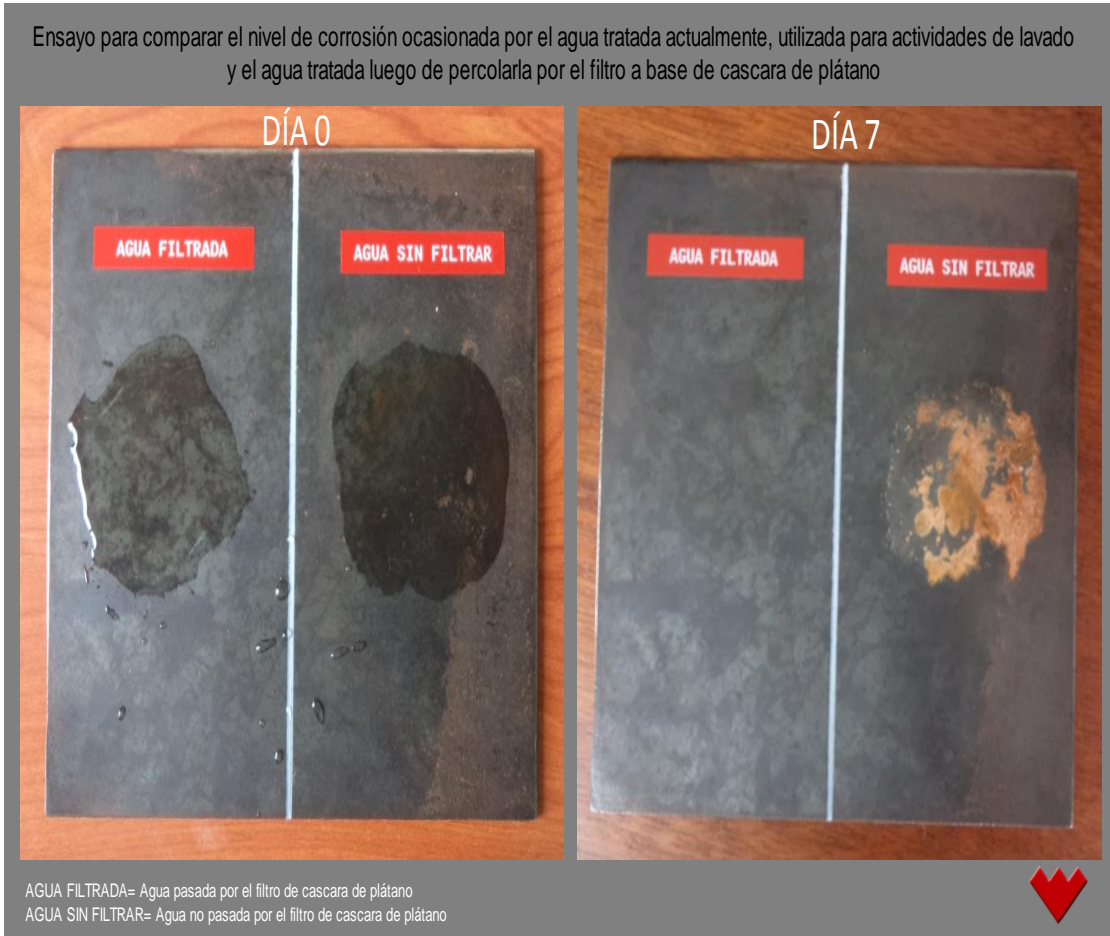
el agua permanece dentro de los parámetros establecidos en la Tabla 4 a del RAOHE y después de conocer que el agua tratada no presenta un nivel elevado de los metales pesados en estudio (ver gráfico 9) , la corrosión que aparece en las herramientas es considerable momentos después del lavado.

Después de percolar el agua contaminada de manera intencionalmente con metales pesados y conocido el nivel de eficiencia que tiene la cáscara de plátano para reducir los contaminantes en estudio, se procedió a realizar un ensayo demostrativo, del nivel de corrosión que se podría evitar en; equipos, tubería y herramientas lavadas con el agua tratada en base al método actualmente utilizado, si un filtro a base de cáscara de plátano a escala industrial, fuera introducido al sistema de tratamiento de aguas industriales de Weatherford Ecuador.

En la imagen mostrada a continuación podemos apreciar el nivel de corrosión producido por el agua utilizada actualmente en las actividades de lavado y la disminución notoria de corrosión que se pudo obtener con la misma muestra de agua, luego de haber pasado por el filtro a base de cáscara de plátano.

Imagen 10:

## ENSAYO COMPARATIVO DE CORROSIÓN ENTRE AGUA FILTRADA POR LA CÁSCARA DE PLÁTANO Y AGUA SIN FILTRAR



### 2.2.7 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La metodología de esta investigación se fundamentó en 4 pasos que sirvieron como pilares esenciales en el desarrollo de este proyecto.



El primer paso fue realizar un análisis bromatológico a la cáscara de plátano con el fin de conocer la composición básica de la misma, en donde se analizaron los siguiente parámetros: Cenizas, grasa, fibra, proteína y humedad; este último parámetro nos permitió conocer que la cáscara de plátano tiene 88.8% de humedad y de esta manera pudimos tener una idea clara del nivel de deshidratación que debió alcanzar la muestra en los ensayos realizados donde se pretendía eliminar en lo posible la mayor cantidad de la humedad contenida en la cáscara de plátano. Siendo el método de deshidratación en Autoclave el más eficiente debido a que alcanzo el 80.9% en la perdida de humedad retenida por la muestra, superando notablemente al método de deshidratación solar que alcanzo un 68.8% y al método de deshidratación dada en el cuarto caliente perteneciente a Machine Shop que alcanzo el 64% en la reducción de humedad.

El segundo paso consistió en realizar un análisis físico químico del agua que ingresa a las plantas de tratamiento tanto de Base 1 como de Base 2, ya que esto fue fundamental para poder determinar los contaminantes que contienen dichas aguas, al ser producto residual de las distintas operaciones que la empresa realiza a lo largo de sus talleres. Estas muestras se las analizaron bajo los parámetros establecidos en la tabla 4<sup>a</sup> del RAOHE, enfatizando en los metales pesados como Bario, Plomo y Vanadio para determinar si esta agua contiene en su composición dichos metales, en donde, según el informe entregado por LABSU aseguró que el nivel de los metales pesados en estudio son bajos y permanecen dentro de los parámetros permisibles.

El tercer paso fundamental de esta investigación se basó en la toma de una muestra del agua que pasó por todo el proceso de tratamiento de aguas residuales específicamente en la planta de Base 2. Es decir se tomó una muestra de agua tratada la cual se la analizó bajo los parámetros de la tabla 4<sup>a</sup> del Reglamento Ambiental para las Operaciones hidrocarburíferas del Ecuador (RAOHE) Decreto 1215, febrero 2001. Gracias a esto pudimos conocer cuál es el nivel de eficiencia que tiene hoy el día el

sistema de tratamiento de aguas industriales que mantiene Weatherford South America L.L.C., en Ecuador, el cual se lo presenta en el siguiente gráfico.

Grafico 9:

PORCENTAJES DE EFECTIVIDAD DEL TRATAMIENTO DADO AL AGUA CONTAMINADA DE BASE 2

<b>EFFECTIVIDAD DE TRATAMIENTO SEGUN INFORME DE ENSAYO N° 81 371</b>			
<b>PARAMETRO MEDIDOS</b>	<b>ANTES DE TRATAMIENTO</b>	<b>DESPUÉS DE TRATAMIENTO</b>	<b>% DE NEUTRALIZACIÓN</b>
pH	4,23	8,5	50,24%
<b>PARAMETROS MEDIDOS</b>	<b>ANTES DE TRATAMIENTO</b>	<b>DESPUÉS DE TRATAMIENTO</b>	<b>% DE REDUCCIÓN</b>
Hidrocarburos Totales	106,27	0,2	99,81%
Demanda Química de Oxígeno	520,03	10,61	97,96%
Sólidos Totales	7096,07	184,73	97,40%

Si bien es cierto, la eficiencia que tiene el sistema de tratamiento de aguas residuales dado por Weatherford se da sobre los parámetros principalmente de turbidez del agua, mas no actúa sobre los metales pesados en estudio.

A la muestra de agua tratada además de analizar los parámetros establecidos en la tabla 4 a del RAOHE, principalmente Bario, Plomo y Vanadio se analizó el nivel de Cadmio y Níquel; estos últimos parámetros fueron analizados bajo los límites permisibles establecidos en la Tabla 11 de TULSMA, ayudando a determinar de esta manera si el agua residual tratada, contiene en su composición dichos metales con el fin de extender el alcance investigativo del proyecto, en donde, según el informe entregado por LABSU aseguró que el nivel de los metales pesados en estudio son bajos y permanecen dentro de los parámetros permisibles.

Después de recibir los resultados del análisis de laboratorio realizado a las muestras de agua residual de Base 1 y Base 2, además del análisis realizado al agua tratada, se pudo conocer que existen concentraciones bajas de los metales en estudio, por lo que, se procedió a contaminar una muestra del agua tratada, de manera intencional y controladamente con Bario, Plomo, Vanadio, Cadmio y Níquel. Esto se lo realizó con la ayuda de personas especializadas en manejo de químicos del laboratorio LABSU, con el fin de extender el alcance investigativo de este proyecto y a la vez conocer si se podía reducir el nivel de concentración de estos metales al pasarlos por el filtro.

Finalmente se procedió a filtrar el agua contaminada intencionalmente y posterior a esto se tomó una segunda muestra del agua que paso a través del filtro, la cual fue enviada al laboratorio para su respectivo análisis, basado en los mismos parámetros establecidos en la tabla 4a del Reglamento Ambiental para las Operaciones hidrocarburíferas del Ecuador (RAOHE) Decreto 1215, febrero 2001, haciendo énfasis en el Bario, Plomo, Vanadio más Cadmio y Níquel presentes en la muestra; estos últimos parámetros fueron analizados bajo los límites permisibles establecidos en la Tabla 11 de TULSMA. De esta manera pudimos conocer el nivel de eficiencia que tuvo el filtro, reduciendo cada uno de los metales pesados en estudio.

Con los resultados de la caracterización Físico Química de las muestras de agua, se procedió al análisis de los parámetros con el propósito de conocer detalladamente el porcentaje de efectividad que presentó el filtro para reducir los metales pesados presentes en la muestra.

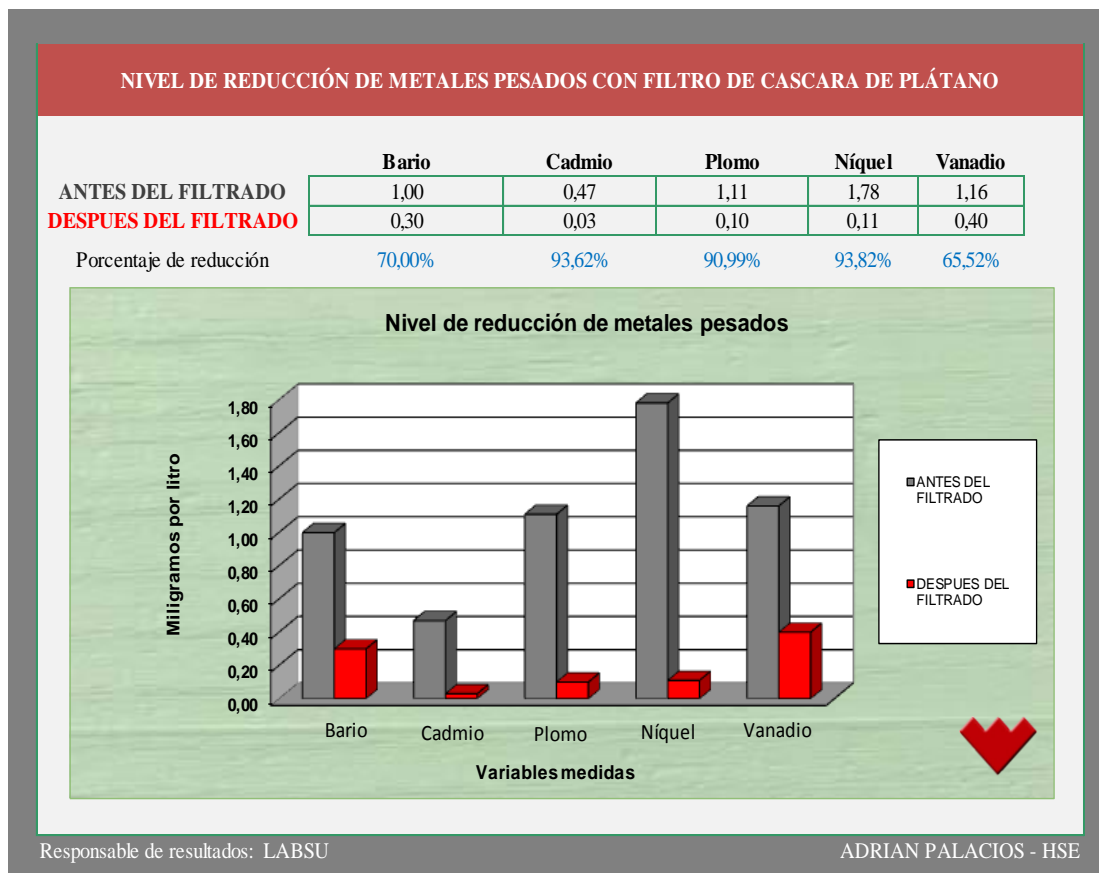
Después de realizar la caracterización de los resultados entregados por el laboratorio, de la muestra de agua pasadas a través del filtro, en el que el elemento principal de estudio fue la cáscara de plátano, se pudo constatar el nivel de efectividad alcanzado en este proyecto ambiental, tecnológico y sustentable de aprovechamiento, de como

algo tan simple puede brindar soluciones increíbles en la lucha constante de la mitigación de los impactos ambientales que cada vez más son mayores.

Gracias a los componentes de la cáscara de plátano; carboxila, hidroxila de pectina y a las partículas de carga negativa que se desarrollan en medios levemente ácidos, pudimos obtener el siguiente porcentaje de reducción en las variables analizadas.

Grafico 12:

**NIVEL DE EFECTIVIDAD DEL PROYECTO**



Como se puede ver en la tabla de resultados anteriormente presentada, este proyecto investigativo donde el objeto de estudio es la cáscara de plátano, presenta increíbles

resultados de eficiencia en la reducción de metales pesados presentes en agua, que, en comparación con los métodos más utilizados actualmente a nivel mundial para descontaminar este tipo de efluentes industriales, la superioridad de efectividad de descontaminación es algo que se debería tomar en cuenta, puesto a que, el tratamiento a base de cáscara de plátano de manera industrial, podría ayudar a dar solución a uno de los problemas de contaminación que más afecta al medio ambiente hoy en día a nivel mundial.

## **CAPITULO III**

### **3 PROPUESTA PARA TRATAMIENTO FINAL DE AGUA A BASE DE CÁSCARA DE PLÁTANO, EN ÁREAS DE LAVADO (PLANTAS DE TRATAMIENTO) DE WEATHERFORD SOUTH AMERICA L.L.C.**

Después de haber realizado la evaluación del comportamiento de la cáscara de plátano utilizada como elemento para filtrar metales pesados y analizados los resultados de los muestreos se procede a plantear una alternativa adicional de tratamiento, la cual puede ayudar a permanecer de mejor manera dentro de los parámetros altos relacionados con la normativa ambiental. Además que, al proveer una opción tecnológica de aprovechamiento sustentable de la cáscara de plátano, esta permita reducir las cantidades de residuos generados dentro de la empresa, por lo que, esto sin duda alguna catapultaría a Weatherford Ecuador como una empresa pionera en investigación ambiental, no solo regionalmente sino también a nivel mundial, reafirmando de esta manera el compromiso básico de la compañía para la protección del medio ambiente y la búsqueda de la mejora continua en el desempeño ambiental.

Las alternativas que se plantean a continuación pueden ser modificadas parcialmente, de acuerdo a la necesidad de Weatherford South America LLC., además de los aspectos económicos, viabilidad técnica y operativa que conlleve la implementación de un filtro a base de cáscara de plátano para reducir metales pesados en el tratamiento final de aguas residuales.

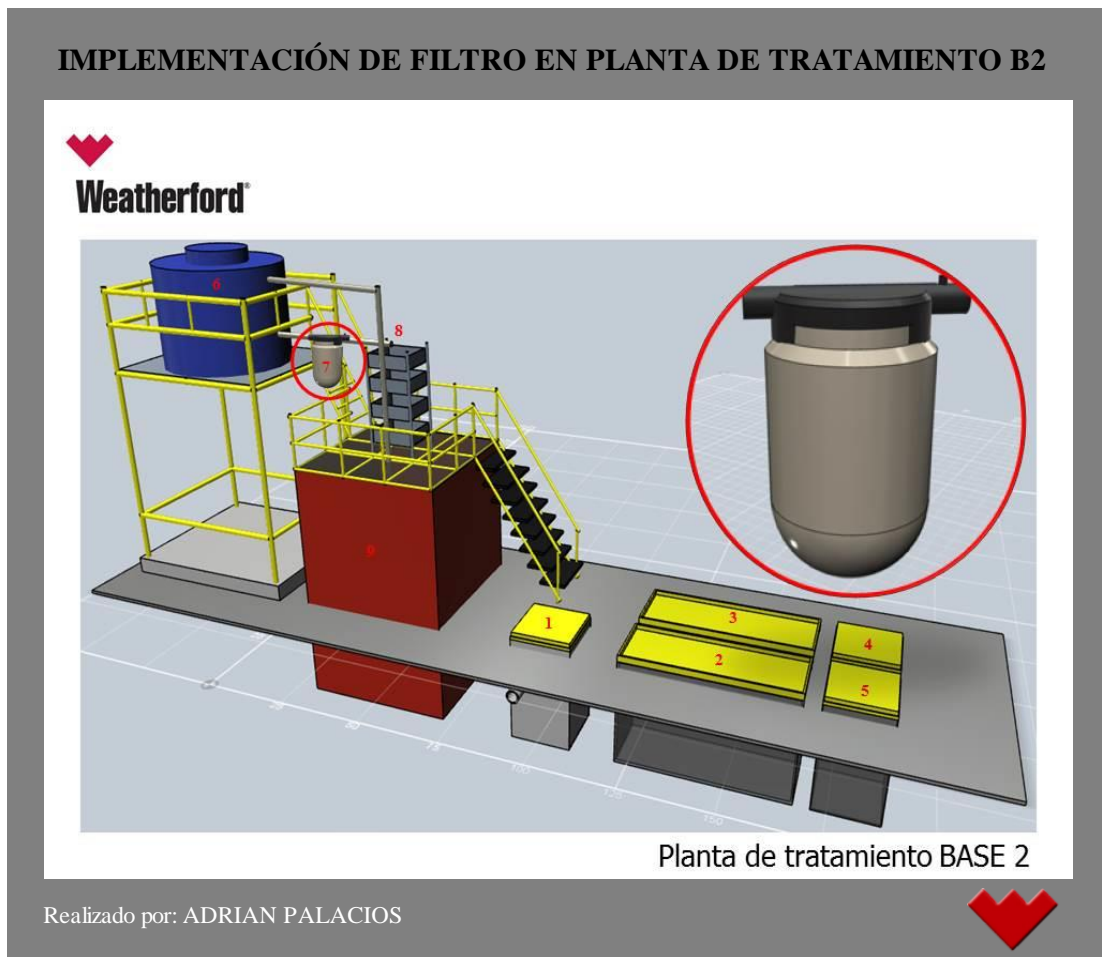
### **3.1 Implementación De Un Filtro A Base De Cáscara De Plátano En El Tratamiento Final Del Agua En Las Plantas De Tratamiento De Weatherford South America L.L.C.**

Una vez conocida cual es la efectividad que tiene la cáscara de plátano, como elemento para filtrar metales pesados presentes en el agua y haber analizado el sistema de tratamiento de aguas industriales actualmente implementado por Weatherford; su infraestructura, métodos de tratamiento y la efectividad del mismo, se estudió la viabilidad de la implementación de un filtro similar al utilizado en el proyecto investigativo, pero en escalas industriales, para de esta manera darle un tratamiento final al agua residual industrial, el cual permita mejorar las características físico químicas de esta, al remover en lo posible los metales pesados que pese a permanecer dentro de parámetros y dejar de ser un problema para el medio ambiente, pasa a ser un problema notorio para las operaciones de la empresa, ya que, claramente se puede observar que después de haber realizado el proceso de limpieza de las herramientas y tubería principalmente, en cuestiones de horas es visible el inicio notable de corrosión, afectando directamente a los procesos pos lavado y a la calidad de estas herramientas y equipos.

Para poder satisfacer las necesidades que demanda la operación de la empresa, específicamente por el lavado continuo de tubería y herramientas que se da día a día y como consecuencia de esto, el uso permanente del elemento agua, buscamos el lugar más adecuado para poder instalar el filtro, sin generar inconvenientes con la disponibilidad del agua necesaria para procesos de lavado. Tomando en cuenta todo esto, el punto más indicado para la colocación del filtro se enfoca en la parte final del tratamiento; en la descarga de agua que se da en el último tanque de almacenamiento de agua, como se señala en la siguiente imagen.

Imagen 11:

LUGAR DONDE EL FILTRO PODRÍA SER IMPLEMENTADO





- 1) Caja de revisión inicial
- 2) Tanque sedimentador primario
- 3) Tanque sedimentador secundario
- 4) Tanque sedimentador final
- 5) Tanque de tratamiento químico
- 6) Tanque de almacenamiento temporal
- 7) Filtro a base de cáscara de plátano
- 8) Filtro en secciones
- 9) Tanque de almacenamiento final

En la imagen anterior se muestra el lugar en donde el filtro podría ser implementado, dentro del sistema de tratamientos de aguas residuales industriales.

El objetivo fundamental de propuesta para la implementación de un filtro en el sistema de tratamiento de Weatherford, es que, este proyecto investigativo pueda ayudar a reducir de manera significativa el nivel de corrosión que sufre la tubería, equipos y herramientas luego que pasan por el proceso de lavado, además, con la utilización sustentable de los residuos orgánicos generados por el servicio de catering se pretende minimizar el precio que Weatherford debe pagar a un gestor ambiental, por dar una disposición final adecuada a los desechos.

Debido a que no existe una investigación similar en nuestro país, la industrialización del filtro se vuelve un trabajo complejo y no garantiza en su totalidad la viabilidad técnica y operativa de utilizar la cáscara de plátano como un elemento filtrante, el cual permita dar un tratamiento final a grandes volúmenes de efluentes contaminados con metales pesados debido a que la demanda de la cáscara es considerable. Sin embargo, si este tratamiento se llega a perfeccionar Weatherford sería una de las

empresas pioneras dentro de la industria en la ejecución e implementación de proyectos ambientales investigativos y novedosos lo que ratificaría el compromiso ambiental que tiene la corporación a nivel mundial.

### **3.2 Procedimiento Tentativo Para La Implementación Del Filtro A Base De Cáscara De Plátano En El Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales Industriales**

Actualmente Weatherford mantiene un procedimiento para dar tratamiento a las aguas industriales que son producto residual de las operaciones que se realizan a lo largo de sus instalaciones, pero, por los resultados altamente positivos obtenidos en esta investigación, se propone el siguiente procedimiento para que después de analizar la viabilidad técnica, operativa y sustentabilidad ambiental, quede a disposición de la compañía su implementación.

#### ***3.2.1 Propósito***

El propósito que tiene este procedimiento es describir todo el proceso de tratamiento de aguas residuales industriales mediante la implementación de un filtro a base de cáscara de plátano y detallar las acciones específicas necesarias para poder mantener operativamente eficiente este sistema de recuperación y reutilización de aguas residuales industriales producto de las actividades realizadas por la compañía.

### ***3.2.2 Alcance***

Este procedimiento sería aplicable en las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales utilizadas en las bases de Weatherford o en cualquier locación en donde la empresa mantenga sistemas para recuperar efluentes residuales generados en operaciones y poder de esta manera minimizar, mitigar o evitar posibles impactos ambientales por el uso del agua.

### ***3.2.3 Responsabilidades***

**Gerente QHSSE:** Seria de responsabilidad del Gerente QHSSE verificar que se cumpla con lo establecido en este procedimiento, así como en la normativa ambiental aplicable.

**Gerente de Base:** El Gerente de Base seria el responsable de administrar y designar los recursos para el cumplimiento de este procedimiento, con la finalidad de mantener en condiciones operativas las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales de Weatherford South America LLC.

**Coordinador HSE:** El coordinador HSE tendría la responsabilidad de realizar la evaluación de la implementación del presente procedimiento y del seguimiento del tratamiento de aguas residuales industriales, con el objeto de identificar oportunidades de mejora y constatar el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable.

**Supervisor HSE:** El supervisor HSE deberá verificar que se realice el tratamiento de aguas industriales cada vez que sea necesario y de gestionar en conjunto con el departamento de compras la adquisición de los productos químicos que demande la operación.

**Operador de la Planta:** Seria de responsabilidad del Operador de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales, conocer este documento, así como entender las actividades que debe realizar para mantener el sistema de tratamiento de aguas residuales bajo condiciones óptimas de funcionamiento. Reportando inmediatamente al departamento de HSE cualquier alteración en el proceso, tales como mal funcionamiento de equipos, necesidad de mantenimiento, deterioro de materiales, incidentes ambientales, etc.

### ***3.2.4 Procedimiento***

#### ***3.2.4.1 Descripción Del Sistema De Tratamiento***

El sistema de tratamiento de aguas residuales industriales utilizado en Weatherford South America LLC., funciona de acuerdo al siguiente esquema:

- a) **Producción de aguas residuales industriales.-** En diferentes talleres, como subproducto de actividades de ensamblaje, desarmado, pintura, mantenimiento, revisión, pruebas, etc., al igual que en el área de lavado de tubería, se generan efluentes conteniendo aceites, grasas, combustibles, residuos de cemento, suelo, lodos, viruta etc. Estos efluentes son conducidos a

través de canales perimetrales ubicados en los talleres, hacia trampas de grasa y contenedores subterráneos, donde se retienen temporalmente las aguas residuales.

- b) Recolección de aguas residuales industriales.-** Cuando los contenedores subterráneos ubicados en los talleres se encuentran saturados, el operador del sistema de tratamiento de aguas residuales recolecta con la ayuda de una bomba su contenido en un tanque apropiado para ser transportado hacia celdas subterráneas ubicadas en las plantas de tratamiento. En el caso de las áreas de lavado, ubicadas junto a las plantas de tratamiento, los efluentes son recolectados por canales periféricos directamente en estas celdas subterráneas.
  
- c) Determinación del pH.-** El operador del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, luego de que el agua producto residual de las operación que ingresó a la planta de tratamiento haya pasado por las celdas subterráneas destinadas a sedimentación y separación de grasas, debe medir el pH utilizando cualquier instrumento o elemento de medición, con el fin de conocer el nivel del pH que tiene el efluente contaminado que va a tratarse y de esta manera proceder con la dosificación de Cal para dejar el pH en un nivel levemente ácido, neutro o levemente alcalino.
  
- d) Aplicación de Cal.-** Si después de que el operador realiza la medición del pH, detecta que el efluente es ácido, introducirá dosis de cal con el fin de neutralizarlo en lo posible el agua en tratamiento, para posteriormente aplicar Sulfato de aluminio el mismo que actuara como coagulante. La aplicación de sulfato de aluminio acidifica nuevamente el efluente por lo que se debe


realizar una nueva medición del pH para aplicar cal y volver a neutralizar el agua en tratamiento.

**e) Aplicación de sulfato de Aluminio.-** El operador del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales incluye diferentes dosis de este coagulante en las celdas subterráneas y activa el sistema de aireación para homogeneizar su concentración.

**f) Aplicación de polímero.-** Para complementar el proceso de separación solido-liquido del efluente industrial, el operador del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, introducirá polímero el cual actúa como floculante.

**Nota:** Las dosificaciones de cal, sulfato de aluminio y polímero dependerán de efluente a tratar y las condiciones del mismo. A continuación se adjuntan tablas **referenciales** de las dosis de estos químicos; sin embargo es recomendable hacer un ensayo previo al tratamiento (prueba de jarras) para poder determinar la demanda de químicos necesaria para tratar el efluente industrial.

APLICACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO		APLICACIÓN DE CAL EN 8m <sup>3</sup> DEPENDIENDO DEL PH		APLICACIÓN DE POLÍMERO	
m <sup>3</sup>	Kg	pH	CAL /Kg	m <sup>3</sup>	ml
5	3.0	4	3.0	5	400
6	3.5	5	2.5	6	600
7	4.0	6	2.0	7	800
8	4.5	7	1.5	8	1000
9	5.0	8	1.0	9	1500

Dosificación referencial de productos químicos para tratamiento de aguas industriales generadas en WFT 

**g) Clarificación del efluente.-** Una vez incluido el coagulante, floculante y haber homogenizado sus concentraciones, es necesario dejar en reposo el agua residual contenida en las celdas subterráneas por un determinado tiempo, luego, del cual se succiona la fase visiblemente clarificada hacia un tanque elevado, donde se dispone el agua tratada temporalmente hasta ser utilizada para el proceso de lavado de herramientas y tubería.

**h) Deshidratación de cáscara de plátano.-** El operador de la planta de tratamiento de aguas industriales deberá pesar el total de la cáscara de plátano y deshidratar en autoclave hasta que la muestra haya perdido el 80% de su peso. La cáscara deshidratada deberá micro pulverizarse (moler) y almacenarse en un recipiente a temperatura ambiente.

**i) Dosificación de cáscara de plátano para tratamiento de aguas.-** El operador de la planta de tratamiento de aguas residuales deberá colocar una proporción de 10 ml de cáscara de plátano micropulverizada, por litro de agua a tratar. La efectividad de la cáscara de plátano micropulverizada disminuye a

partir de que el agua contaminada (dependiendo de la concentración de metales pesados) haya pasado aproximadamente 10 veces por el filtro.

**j) Mantenimiento del filtro a base de cáscara de plátano.-** Dependiendo de la demanda de las operaciones que tenga la compañía, el tratamiento de agua residuales industriales podría realizarse entre una o dos veces diarias, es por esto que, el operador de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales deberá cambiar la cáscara de plátano después de que el agua haya sido tratada 10 veces y realizar una limpieza del filtro.

**k) Medición y registro de calidad del efluente tratado.-** A pesar que Weatherford South América LLC. recicla sus efluentes industriales (es decir no los descarga hacia cuerpos de agua o sistema de alcantarillado público), El operador de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales realizara un monitoreo mensual de la calidad del efluente tratado, para garantizar el cumplimiento de los parámetros exigidos por la normativa ambiental respectiva. *Tabla # 4 a del RAOHE.*

**l) Toma de muestra de agua para análisis en laboratorio.-** El operador de la planta de tratamiento, realizará el muestreo de agua en el tanque de disposición final. Para la toma de muestras se utilizaran: guantes de nitrilo para evitar tener contacto directo con la muestra, un envase de 100 ml de vidrio en el cual se coloca una guía custodia en la que se detallara el lugar, fecha, hora, nombre del muestreador y el tipo de análisis que se requiere.



**m) Producción y evacuación de lodos residuales.-** Producto del tratamiento de aguas residuales industriales se generan lodos contaminados los mismos que se depositan al fondo de las celdas de tratamiento. Periódicamente, dependiendo de la cantidad de sólidos presentes en los efluentes, se evacúan manualmente estos lodos, almacenándolos en tanques de 55 galones. Estos lodos son entregados mensualmente a un gestor ambiental debidamente certificado por la autoridad correspondiente.

#### 3.2.4.2.- Descripción De Actividades

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	PERIODICIDAD
<p><b>Recolección de aguas residuales industriales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armar el equipo de succión (mangueras y bomba de succión)</li> <li>- Succiónar los efluentes industriales de los contenedores, trampas de grasa ubicados en las periferias de los talleres. Utilizar un tanque móvil como receptor del fluido succionado.</li> <li>- Con la ayuda de un montacargas, transportar el tanque que contiene el efluente succionado hacia la planta de tratamiento. Verter el contenido del tanque en la celda inicial de tratamiento.</li> </ul>	<p>Operador del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.</p>	<p>Indistinto. Dependiendo de la generación de efluentes contaminados producto de la operación.</p>

<p><b>Adición de coagulante, floculante y neutralizador de pH</b></p> <p>Para el tratamiento de aguas industriales se debe adicionar dosis de químicos en referencia a lo descrito en el punto 5.1 literal (f) de este procedimiento.</p> <p>Sin embargo, se recomienda realizar un ensayo (prueba de jarras) antes de hacer el tratamiento de aguas residuales industriales, para de esta manera, determinar la cantidad de químicos que se requiere según el volumen de agua a tratar.</p>	<p>Operador del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.</p>	<p>Indistinto.</p> <p>Dependiendo de la generación de efluentes contaminados y la demanda de agua para actividades de lavado.</p>
<p><b>Clarificación del efluente.</b></p> <p>Una vez añadidos los productos mencionados en el anterior punto y homogeneizado el cuerpo de agua contenido dentro de la celda, dejar actuar durante 5 horas. Al término de este período se podrá diferenciar dos fases, un cuerpo de agua transparente y al fondo una capa de sedimentos (lodos).</p>	<p>Operador del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.</p>	<p>En cada tratamiento de agua realizado</p>
<p><b>Succión del agua tratada.</b></p> <p>Succionar el agua clarificada mediante la activación manual de una bomba hacia un tanque elevado.</p>	<p>Operador del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.</p>	<p>En cada tratamiento de agua realizado</p>

<p><b>Obtención de cáscara de plátano.</b></p> <p>1.- Generar una dieta balanceada con la gente encargada del Catering, en donde se deba utilizar a menudo plátano, para de esta manera poder aprovechar los desechos generados (cáscaras)</p>	<p>Médico Ocupacional</p>	<p>Semanalmente</p>
<p><b>Deshidratación de cáscara de plátano</b></p> <p>1.- Pesar el total de la cáscara de plátano a deshidratar y en autoclave someter a deshidratación hasta que la muestra haya perdido el 80% de su peso.</p> <p>2.- La cáscara deshidratada deberá micro pulverizarse (moler) y almacenarse en un recipiente hermético a temperatura ambiente.</p>	<p>Operador del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.</p>	<p>Cada que exista desechos de cáscara de plátano originados en el comedor</p>

<p><b>Dosificación de cáscara de plátano para tratamiento de aguas</b></p> <p>Colocar una proporción de 10 ml de cáscara de plátano micropulverizada, por litro de agua a tratar.</p>	<p>Operador del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.</p>	<p>Después de 10 tratamientos de agua realizados.</p>
<p><b>Evacuación de lodos residuales.</b></p> <p>Una vez evacuada el agua clarificada, la fase semisólida o lodos residuales permanecerán al fondo de la celda de</p>	<p>Operador del sistema de tratamiento de aguas residuales</p>	<p>Cada que la operación lo amerite</p>

<p>tratamiento.</p> <p>1.- Evacuar manualmente (con la ayuda de una pala) este residuo, almacenarlo en tanques de 55 galones y disponer estos depósitos en el área de almacenamiento de desechos.</p> <p>2.- Cada que haya necesidad se coordinara para que una empresa gestora de desechos sólidos, debidamente certificada por la autoridad ambiental competente, se encargará de su evacuación y tratamiento.</p> <p>3.- Archivar los registros y certificados emitidos por la empresa gestora.</p>	<p>industriales.</p> <p>(Actividad 1,2 y 3)</p> <p>Supervisor HSE (Actividad 2 y 3)</p> <p>Coordinador HSE (Actividad 2 y 3)</p>	
<p><b>Muestreo del efluente tratado.</b></p> <p>1.- Tomar una muestra del efluente tratado.</p> <p>2.- Rotular adecuadamente (según el <b>“Etiqueta” correspondiente</b>) y enviar al laboratorio para su análisis.</p> <p>3.- Llenar el formato de “Guía de Remisión de muestras para análisis de laboratorio” 7-4-LA-ECGL-00023. Los parámetros a analizarse son: potencial hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, sólidos totales, demanda química de oxígeno, Bario, Cromo total, Plomo, Vanadio, hidrocarburos totales (Tabla 4 a RAOHE).</p>	<p>Operador del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.</p>	<p>Mensualmente</p>

<p><b>Registro de los análisis de laboratorio.</b></p> <p>El laboratorio emitirá periódicamente los reportes de análisis de las muestras enviadas, contrastando los resultados con lo requerido según la tabla 4 a del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador (RAOHE 1215).</p> <p>1.- Archivar en orden cronológico el documento físico en la carpeta respectiva</p> <p>2.- Ingresar los datos en el formato estandarizado de acuerdo al formato “Monitoreo de Análisis de Aguas Tratadas” 7-4-LA-EC-GL-00024.</p> <p>3.- Incluir este formato actualizado en informe mensual de HSE.</p>	<p>Coordinador HSE (Actividad 1,2,3)</p> <p>Supervisor HSE (Actividad 1,2,3)</p> <p>Operador del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales. (Actividad 1 y 2)</p>	<p>Mensualmente</p>
---	---	---------------------

## 4 CONCLUSIONES

- Después de recibir los resultados del análisis de laboratorio realizado a la muestras de agua residual de Base 1 y Base 2, además del análisis realizado al agua tratada, se pudo conocer que existen concentraciones bajas de los metales en estudio. A pesar del bajo nivel de metales pesados que contiene el efluente industrial de la empresa y pese a permanecer dentro de los parámetros permisibles establecidos en el RAOHE y TULSMA dejando de ser un problema ambiental, pasa a ser un problema notorio para las operaciones de la empresa, ya que, claramente se puede observar que después de haber realizado el proceso de limpieza de las herramientas y tubería principalmente, en cuestiones de horas es visible el inicio notable de corrosión, afectando directamente a los procesos pos lavado y a la calidad de estas herramientas y equipos.
- La cáscara de un plátano de tamaño promedio (banana) pesa aproximadamente 50g y después de someterla a deshidratación con una temperatura de 60°C en autoclave se puede obtener alrededor de 10g de cáscara micropulverizada, que es equivalente a proporción estimada de 5ml que sirven para descontaminar medio litro de agua. Al utilizar una proporción de 10ml de cáscara micropulverizada para filtrar un litro de agua contaminada con metales pesados, se logró la reducción del 70% en Bario, el 93.62% en Cadmio, el 90.99% en Plomo, el 93.82% en Níquel y el 65.52% de reducción de Vanadio.
- La implementación de un filtro a base de cáscara de plátano en el Sistema de Tratamiento de Agua residuales, permitiría complementar el proceso de

recuperación de efluentes industriales actualmente dado por la empresa, mejorando notablemente la calidad del agua utilizada en los procesos de lavado, reduciendo de esta manera la afectación que se da principalmente por problemas de corrosión y a la vez ratificaría el compromiso que tiene la corporación en contribuir con el medio ambiente.

## 5 RECOMENDACIONES

- Es recomendable deshidratar la cáscara de plátano a una temperatura menor a los 60°C, puesto a que, hay que considerar que el agua en el Oriente Ecuatoriano hierve entre los 70-75°C, esto quiere decir, que la humedad presente en la cáscara de plátano si llega a superar esta temperatura alcanzaría la ebullición, lo cual afectaría directamente a la composición celular de la cáscara en donde se encuentra la pectina por ejemplo.
- Una característica que debe tener el lecho filtrante percolador a base de cáscara de plátano, es que debe ser un medio altamente permeable para que los metales pesados queden adheridos y por el cual el agua contaminada se infiltre. Es muy importante que el agua contaminada que ingresa al filtro circule despacio o el caudal sea bajo, para que la cáscara de plátano pueda realizar el proceso de captación de los metales pesados y finalmente la recirculación podría ser considerada porque tiene la ventaja de aumentar la remoción de los metales.
- Para que la propuesta de implementación de un filtro a base de cáscara de plátano, dentro del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de Weatherford, a escala industrial, sea técnica y operativamente viable, se recomienda conseguir un proveedor que se dedique hacer subproductos del banano, para que los desechos que ellos generan, se nos sean entregados y poder utilizarlo como materia prima para mantener en constante funcionamiento al filtro.



## **5 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **5.1 Bibliografía Consultada Libros Impresos**

- ❖ DREVER, Walter. Control de la Calidad del Agua Procesos Físicoquímico. Ed.1, Madrid, España, 2002.
- ❖ HEINKE, Wolter. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización. Ed. Labor. Segunda Edición, Austria, 2006.
- ❖ PUGA, Ania. Aguas Residuales Orígenes y Sistemas de Tratamiento. Vol. # 2 No 12 pp. 157 – 163, Ed. Lien, primera edición, Argentina, 2013.
- ❖ WOOD, Robert. Metales Pesados, Ed. Waset, cuarta edición, Londres, 2005.
- ❖ MANZANARES, Metales Pesados, Origen, Fuentes y Tratamientos. Ed. Origen, sexta edición, México, 2007.
- ❖ BRANCO Joule – MURGEL Tomas. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Vol. II. Ed. Limusa, cuarta edición, México, 2004.
- ❖ ALVAREZ, Galo. Banano Fruto Completo, Ed. Cartie, tercera edición, Brasil, 2013.
- ❖ CRUZ, Jhon. El Platano Rey de Frutos, Ed. Hillas, primera edición, Colombia, 2013.

- ❖ ARROYO, Andres. Contenido Nutricional De Las Frutas, Ed. Culto, Sexta edición, México, 2011.

## **5.2 Libros Electrónicos**

- ❖ ESCOBAR, Luis. Manual del Agua. Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. Nalco Chemical Company. Editorial Mc Graw Hill, México, 2007.
- ❖ ECHARRI, Kerry. Tratamiento, Evacuación y Reutilización de Aguas Residuales. Ed. Labor, Segunda Edición, Chile, 2007.
- ❖ PELAES. Luis, Metales Pesados, Ed. Linos, sexta edición, México, 2008.
- ❖ VERGARA, Carlos. Origen e Historia del Plátano, primera edición, Medellín, Colombia, 11 diciembre, 2010.

## **5.3 Páginas Electrónicas**

<http://apiciusyslibros.blogspot.com/2010/12/origen-e-historia-del-platano-musa.html>

<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21668/Capitulo2.pdf>

[http://www.slideshare.net/ELIO\\_CARIDAD/perforacion-petrolera](http://www.slideshare.net/ELIO_CARIDAD/perforacion-petrolera)

<http://www.ekosnegocios.com/empresas/empresas.aspx?ide=312>

[http://www.efemerides.ec/1/marzo/h\\_petroleo.htm](http://www.efemerides.ec/1/marzo/h_petroleo.htm)

[http://www.wirtherkelenz.de/fileadmin/resources/pdf/Oil\\_and\\_Gas/Oilfield\\_Drilling\\_Equipment\\_spanisch.pdf](http://www.wirtherkelenz.de/fileadmin/resources/pdf/Oil_and_Gas/Oilfield_Drilling_Equipment_spanisch.pdf)

<https://plus.google.com/112009976689085002401/posts>

<http://yaoumachinery.es/>

<http://es.scribd.com/doc/20184823/Herramientas-de-Perforacion>

<http://www.youtube.com/watch?v=-riz1bIhAVY>

[http://www.minagri.gob.ar/SAGPyA/pesca/acuicultura/01=Cultivos/03Otros\\_Sistemas/\\_archivos/000003Sistemas%20de%20recirculaci%C3%B3n%20y%20tratamiento%20de%20agua.pdf](http://www.minagri.gob.ar/SAGPyA/pesca/acuicultura/01=Cultivos/03Otros_Sistemas/_archivos/000003Sistemas%20de%20recirculaci%C3%B3n%20y%20tratamiento%20de%20agua.pdf)

<http://roderic.uv.es/handle/10550/23403>

<http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008/02/02/83698>

<http://apiciuslibros.blogspot.com/2010/12/origen-e-historia-del-platano-musa.html>

<http://www.ecosfera.com>

<http://www.em.doe.gov/define/techs/remdes2.html>

<http://www.wordreference.com/definicion/>

<http://www.madrimasd.com>

<http://www.foro.univision.com>

<http://www.claneco.com>

<http://www.labin.net/es/cultivos/platanos/15>

<http://www.ideam.gov.co/publica/hidrologia/guia.xls>

<http://es.epa.gov/cooperative/other/andean/verduras.html>

[http://www2.ubu.es/byca/ingquim/inv\\_aguas.shtml](http://www2.ubu.es/byca/ingquim/inv_aguas.shtml)

<http://cinara.univalle.edu.co>

<http://www.dietaynutricion.net/informacion-nutricional-de/platano/>

<http://maringatova.blogspot.com/>

<http://www.augura.com>

## 6 ANEXOS Y GRÁFICOS

### 6.1 Informes De Laboratorio

6.1.1.- Informe de resultados del análisis bromatológico realizado a la cáscara de plátano



#### INFORME DE RESULTADOS

**SOLICITADO POR:** WEATHERFORD SOUTH AMERICA LLC.  
**DIRECCION:** AV. ALEJANDRO LABAKA KM 1/2 FRANCISCO DE ORELLANA  
**TELEFONO:** 3942432/ 0998363764/1  
**TIPO DE MUESTRA:** Alimento  
**PROCEDENCIA:** COCA  
**IDENTIFICACION:** CÁSCARA DE PLATANO

INF. LASA 10-02-14-0240  
ORDEN DE TRABAJO No. 000318-14

**FECHA DE RECEPCION:** 03/02/2014  
**FECHA DE ANALISIS:** 03/02 - 10/02/2014  
**FECHA DE ENTREGA:** 10/02/2014  
**NUMERO DE MUESTRAS:** Una (1)  
**MUESTREO POR:** Solicitante

**COD. DE MUESTRA:** 1604-14

**SM** 001372-14

#### ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO DE ENSAYO
Cenizas	%	1.4	PEE-LASA-FQ-10c AOAC 923.03
Fibra	%	1.4	AOAC 945.18
Grasa	%	1.0	PEE-LASA-FQ-10b AOAC 920.85
Humedad	%	88.8	PEE-LASA-FQ-10
Proteina	%	0.8	AOAC 920.87

  
Dr. Marco Gujarrro Ruales  
GERENTE DE LABORATORIO



LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio. Las incertidumbres de los resultados para los ensayos se encuentran disponibles en los registros de Laboratorios LASA. Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012  
Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815

Page 1 of 1



6.1.2.- Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua contaminada de Base 1

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelo, Aguas y Plantas</p>	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		 <p><b>ode</b> LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 07-003</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 86 217</b>		
	SPS: 14 - 1 417	Análisis de agua	

Coca, 26 de febrero de 2014

**WEATHERFORD.**

Atn: Ing. María Fernanda Cobos.  
Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por.....Sr. Geovanny Pérez.  
 Fecha hora de toma de muestra.....2 014 02 21 08:10.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio .....2 014 02 21 11:30.  
 Fecha del análisis .....2 014 02 21 a 2 014 02 26.  
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Máx: 28,0°C T. Mín: 21,0°C  
 Código de LabSu .....Identificación de la muestra.  
 a 81 521 .....Muestra de Agua contaminada, Base 01 código: B-1-001.

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 81 521	Tabla # 4 a	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	6,79	5,0 - 9,0	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,02
2	Conductividad eléctrica	uS/cm	775	< 2 500	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 5%
3	Sólidos totales	mg/L	1 401,68	< 1 700	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
4	*Demanda química de oxígeno	mg/L	132,12	< 120	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
5	Bario	mg/L	0,36	< 5	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111 D	± 32%
6	Cromo (total)	mg/L	< 0,10	< 0,5	PEE-LABSU-21	SM 3030 B, 3111 B	± 40%
7	Plomo	mg/L	< 0,15	< 0,5	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111 B	± 30%
8	Vanadio	mg/L	< 0,40	< 1	PEE-LABSU-25	SM 3030 B, 3111 D	± 30%
9	Hidrocarburos totales	mg/L	48,40	< 20	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 6%

Fuente: Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas Decreto No.1215, febrero 2001:  
 Tabla # 4 a: Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas)



**3.- Responsables del Informe:**

Autorización: Téc. Andres Solis Plaza.  
 DIRECTOR TECNICO



Ing. Ricardo Caicedo Parra.  
 RESPONSABLE CALIDAD

6.1.3.- Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua contaminada de Base 2

 <p>Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		 <p>LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 07-003</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 86 220</b>		
	SPS: 14 - 1 417	Análisis de agua	

Coca, 26 de febrero de 2014

**WEATHERFORD.**

Atn: Ing. María Fernanda Cobos.  
Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por.....Sr. Geovanny Pérez.  
 Fecha hora de toma de muestra.....2 014 02 21 08:40.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio .....2 014 02 21 11:30.  
 Fecha del análisis .....2 014 02 21 a 2 014 02 26.  
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Máx: 28,0°C T. Mín: 21,0°C  
 Código de LabSu.....Identificación de la muestra.  
 a 81 524.....Muestra de Agua contaminada, Base 02 código: B-2-001.

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 81 524	Tabla # 4 a	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	4,23	5,0 - 9,0	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,02
2	Conductividad eléctrica	uS/cm	290	< 2 500	PEE-LABSU-03	SM 2510 B	± 5%
3	Sólidos totales	mg/L	7 096,07	< 1 700	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
4	*Demanda química de oxígeno	mg/L	520,03	< 120	PEE-LABSU-89	HACH 8000	~
5	Bario	mg/L	< 0,30	< 5	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111 D	± 32%
6	Cromo (total)	mg/L	< 0,10	< 0,5	PEE-LABSU-21	SM 3030 B, 3111 B	± 40%
7	Plomo	mg/L	< 0,15	< 0,5	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111 B	± 30%
8	Vanadio	mg/L	< 0,40	< 1	PEE-LABSU-25	SM 3030 B, 3111 D	± 30%
9	Hidrocarburos totales	mg/L	106,27	< 20	PEE-LABSU-10	EPA 418.1	± 6%

Fuente: Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas Decreto No.1215, febrero 2001:  
 Tabla # 4 a: Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas)

**3.- Responsables del Informe:**

Autorización: Téc. Andres Solis Plaza.  
 DIRECTOR TECNICO



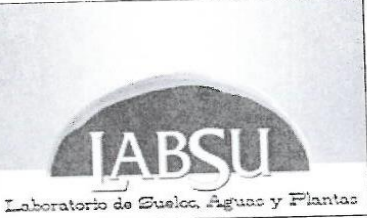

Ing. Ricardo Caicedo Parra.  
 RESPONSABLE CALIDAD



6.1.4.- Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua contaminada de Base 2

Este análisis se lo realizó para verificar si en este efluente residual industrial existe Cadmio y Níquel. En caso de que hubiese existido un nivel elevado de dichos contaminantes se pretendía percolar una muestra de agua a través del filtro a base de cáscara de plátano y analizar si presenta alguna eficiencia al reducir dichos metales, con el fin de extender el alcance investigativo de este proyecto.

El análisis de Cadmio y Níquel fue realizado bajo los parámetros de la Tabla 11, Límites de descarga al sistema de alcantarillado público, del libro XI, Anexo 1 correspondientes al Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente "TULSMA" (0,02 mg/l y 2,0 mg/l correspondientemente).

 <p>Laboratorio de Suelo, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		 <p>LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 07-003</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 87 209</b>		
SPS: 14 - 2 085	Análisis de agua		

Coca, 24 de marzo de 2014

**WEATHERFORD.**

Atn: Ing. Adrián Palacios.  
Dirección: Km. 7½ vía a Sachas.


**1.- Datos generales:**

Recogidas por.....Ing. Adrián Palacios.  
 Fecha hora de toma de muestra.....2 014 03 18 11:45.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio .....2 014 03 18 12:13.  
 Fecha del análisis .....2 014 03 18 a 2 014 03 24.  
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Máx: 27,5°C T. Mín: 21,0°C  
 Código de LabSu .....Identificación de la muestra.  
 a 82 467.....Muestra de Agua Residual, Proyecto HSE.

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 82 467	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Cadmio	mg/L	< 0,03	PEE-LABSU-20	SM 3030 B, 3111 B	± 28%
2	Níquel	mg/L	< 0,10	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	± 24%



**3.- Responsables del Informe:**

Autorización:   
Téc. Andrés Solis Plaza  
DIRECTOR TÉCNICO



  
Ing. Homero Vela W.  
RESPONSABLE CALIDAD

6.1.5.- Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua tratada de Base 2

 <p>Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593) 6- 2881105		 <p>LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 07-003</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 81 373</b>		
	SPS: 13 – 9 675	Análisis de agua	

Coca, 08 de noviembre de 2013

**WEATHERFORD.**

Atn. Ing. María Fernanda Cobos.  
Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por .....Sr. Adrian Palacios.  
 Fecha hora de toma de muestra ..... 2 013 11 01 09:30.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 013 11 01 15:03.  
 Fecha del análisis ..... 2 013 11 01 a 2 013 11 08.  
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Max. 28,5°C T. Min. 21,0°C  
 Código de LabSu..... **Identificación de la muestra.**  
 a 77 115 ..... **Muestra de Agua tratada, B-2-010.**

**2.- Resultados / Parámetros y métodos/ referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 77 115	Tabla # 4 a	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	8,05	5,0 - 9,0	PEE-LABSU-14	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Conductividad eléctrica	uS/cm	209	< 2 500	PEE-LABSU-14	SM 2510 B	± 5%
3	Sólidos totales	mg/L	184,73	< 1 700	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	10,61	< 120	PEE-LABSU-89	HACH 8000	± 24%
5	Bario	mg/L	< 0,30	< 5	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111 D	± 32%
6	Cromo (total)	mg/L	< 0,10	< 0,5	PEE-LABSU-21	SM 3030 B, 3111 B	± 40%
7	Plomo	mg/L	< 0,15	< 0,5	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111 B	± 30%
8	Vanadio	mg/L	< 0,40	< 1	PEE-LABSU-25	SM 3030 B, 3111 D	± 30%
9	©Hidrocarburos totales	mg C/L	< 0,2	< 20	PEE-ANNCY-01	EPA 418.1	± 20%

Fuente: **Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas Decreto No.1215, febrero 2001:**  
 Tabla # 4 a: Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas).

**2.1.- Comentario:** © Resultado proporcionado por el Laboratorio ANNCY acreditado por el OAE.

**3.- Responsables del Informe:**



Autorización:   
 Téc. Andrés Solis Plaza.  
 DIRECTOR TÉCNICO



  
 Ing. Ricardo Caicedo Parra.  
 RESPONSABLE CALIDAD



6.1.6.- Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua contaminada intencional y controladamente con metales pesados en el laboratorio LABSU

 <p>Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593) 6- 2881105		 <p>LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 07-003</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 87 523</b>		
SPS: 14 – 2 339		Análisis de agua	

Coca, 03 de abril de 2014

**WEATHERFORD.**

Atn. Ing. Adrian Palacios.  
Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por ..... Ing. Adrian Palacios.  
 Fecha hora de toma de muestra ..... 2 014 03 27 15:45.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 014 03 27 16:05.  
 Fecha del análisis ..... 2 014 03 27 a 2 014 04 03.  
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Max. 29,0°C T. Min. 23,0°C  
 Código de LabSu ..... **Identificación de la muestra.**  
 a 82 811 .....

Muestra de Agua contaminada intencionalmente, las concentraciones de metales fueron intencional y controladamente adicionados en la muestra de aguas dentro de este laboratorio con personal altamente calificado en el manejo de producto químicos Cd, Ba, Cr, Pb, Ni, V. La contaminación controlada se la realiza debido a que en el análisis anterior del agua tratada de Weatherford se encontraron concentraciones bajas de los parámetros en estudio lo que dificulta una mejor determinación de la eficiencia que tiene el filtro. Base 2/punto 2/planta de tratamiento T-AP-HSE-01.

**2.- Resultados / Parámetros y métodos/ referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 82 811	Tabla # 4 a	Concentración adicionada a la muestra	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Bario	mg/L	1,00	< 5	1,00	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111 D	± 32%
2	*Cadmio	mg/L	0,47	**	0,50	PEE-LABSU-20	SM 3030 B, 3111 B	~
3	Plomo	mg/L	1,11	< 0,5	1,00	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111 B	± 30%
4	Níquel	mg/L	1,78	**	1,00	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	± 24%
5	Vanadio	mg/L	1,16	< 1	1,00	PEE-LABSU-25	SM 3030 B, 3111 D	± 30%

Fuente: Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas Decreto No.1215, febrero 2001:  
 Tabla # 4 a: Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas).

\*\* No establecido en la tabla.



**3.- Responsables del Informe:**

Autorización: Téc. Andres Solis Plaza.  
DIRECTOR TECNICO



Ing. Francisco Darquea Toro.  
RESPONSABLE CALIDAD

6.1.7.- Informe de resultados del análisis físico químico realizado al agua contaminada intencional y controladamente con metales pesados en el laboratorio LABSU, luego de haber pasado por el filtro realizado a base de cáscara de plátano.

	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 87 610</b>		
	SPS: 14 – 2 385		Análisis de agua

Coca, 04 de abril de 2014

## WEATHERFORD.

Atn. Ing. Adrian Palacios.  
 Dirección: Km. ½ vía Sacha.

### 1.- Datos generales:

Recogidas por ..... Ing. Adrian Palacios.  
 Fecha hora de toma de muestra ..... 2 014 03 29 17:30.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 014 03 29 18:00.  
 Fecha del análisis ..... 2 014 03 29 a 2 014 04 04.  
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Max. 29,0°C T. Mín. 23,0°C

Código de LabSu ..... **Identificación de la muestra.**  
 a 82 873 ..... Muestra de Agua de contaminada, luego que la muestra fue contaminada intencional y controladamente con los metales pesados en estudio, se procedió a pasarla por el filtro a base de cáscara de plátano de lo que se obtuvieron los siguientes resultados: T-AP-HSE-02.

### 2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	a 82 873	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Bario	mg/L	< 0,30	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111 D	± 32%
2	Cadmio	mg/L	< 0,03	PEE-LABSU-20	SM 3030 B, 3111 B	± 28%
3	Plomo total	mg/L	< 0,10	PEE-LABSU-24	SM 3030 B, 3111 B	± 30%
4	Níquel	mg/L	0,11	PEE-LABSU-23	SM 3030 B, 3111 B	± 24%
5	Vanadio	mg/L	< 0,40	PEE-LABSU-25	SM 3030 B, 3111 D	± 30%

### 3.- Responsables del Informe:

Autorización: Téc. Andres Solis Plaza.  
 DIRECTOR TECNICO



Ing. Gilberto López Pérez.  
 RESPONSABLE CALIDAD



## 6.2 Anexos Fotográficos



Muestreo de agua en planta de tratamiento de Base 2



Mediciones de pH durante los muestreos



Muestra de cáscara de plátano enviada a realizar análisis bromatológico



Pesaje de muestras durante los ensayos

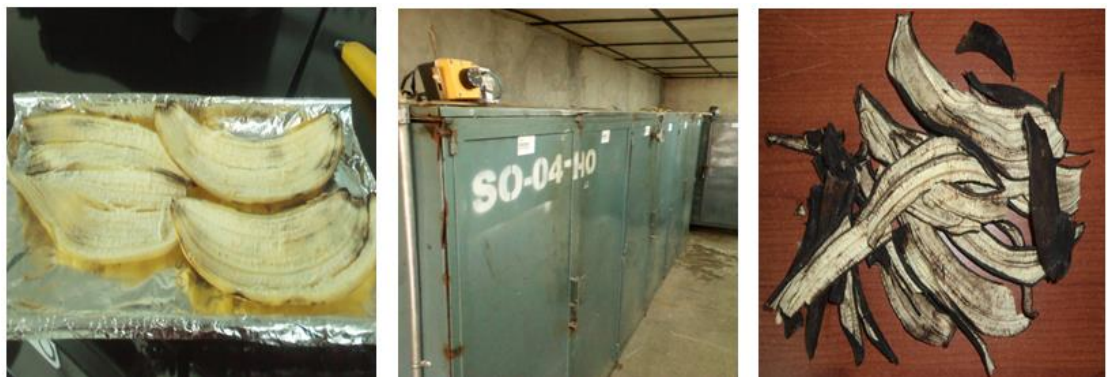




Muestra de cáscara de plátano deshidratada a sol



Muestra de cáscara de plátano deshidratada en autoclave



Muestra de cáscara de plátano deshidratada en cuarto caliente MSh



Bombeo de agua en planta de tratamiento



Aplicación de químicos para tratamiento de agua





Toma de muestras de agua y envío a laboratorio para respectivo análisis



Partes del filtro utilizado como soporte fijo donde se colocó la cáscara de plátano



(Carcasa interna, carcasa externa, conexiones y filtro de polipropileno para mantener la cáscara de plátano en el interior.)





Instalación de conexiones del sistema de filtrado



Mesa de ensayo de tesis



Cáscara de plátano para ser deshidratada y utilizada en ensayo final de filtrado



Método de deshidratación (autoclave) utilizado para ensayo final de filtrado





Cáscara de plátano deshidratada y utilizada en ensayo final de filtrado



Micropulverizado de cáscara de plátano deshidratada, utilizada en ensayo final de filtrado



Cáscara de plátano micropulverizada utilizada en ensayo final de filtrado

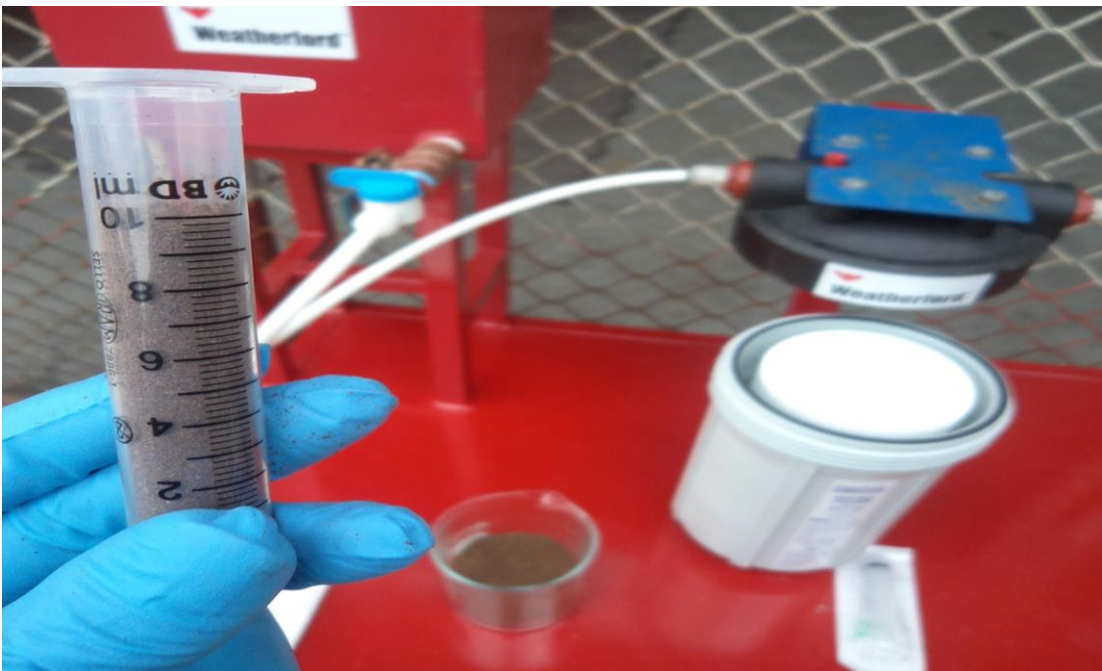


Verificación del tamaño de las partículas de la cáscara de plátano utilizada en ensayo final de filtrado





Armado de filtro utilizado en ensayo final de filtrado



Utilización de una proporción de 10 ml de cáscara micropulverizada por cada litro de agua a filtrar



Colocación de cáscara de plátano en parte interna del filtro



Colocación de agua contaminada de manera controlada e intencionalmente con metales pesados

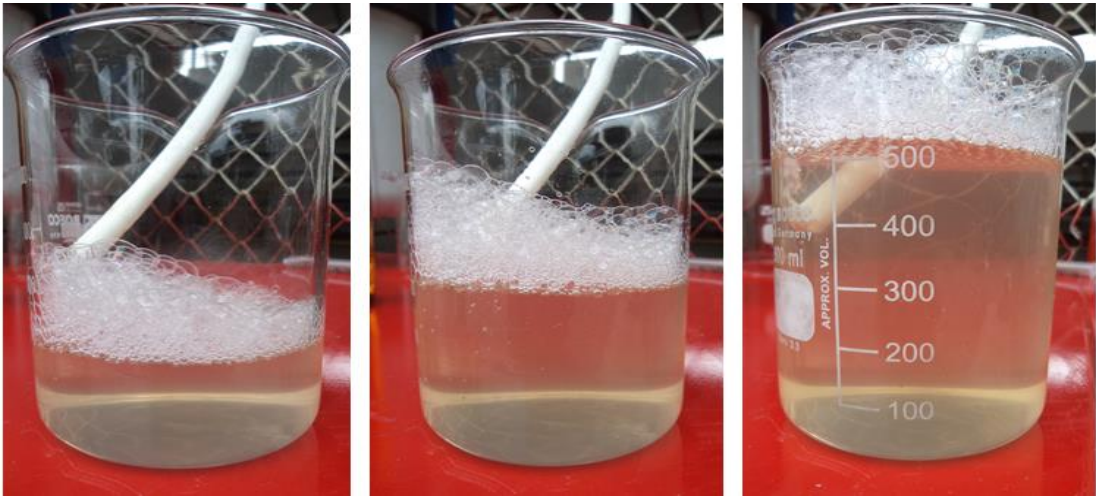




Homogenización de la muestra contaminada antes de filtrarla



Activación de paso del flujo contaminado a través del filtro



Agua contaminada con metales pesados percolada a través de filtro a base de cáscara de plátano





Envasado de muestras del agua filtrada

Proyecto de Tesis HSE  
Elaborado por *Adrian Alexander Palacios Redrobán*  
*Octubre 2014*