

# INDICE

## RESUMEN

## ABSTRACT

## CAPÍTULO I:

1.1- Introducción.	1
1.2.- Objetivos.	2
1.2.1.- Objetivo General.	2
1.2.2.- Objetivos Específicos.	2
1.3.- Antecedentes y Fundamentos Teóricos.	2
1.3.1.- Tratamientos de remediación de Suelos.	2
1.3.1.1.-Fitorremediación.	2
1.3.1.2.- Bioventilación.	4
1.3.1.3.- Tratamiento Enzimático.	4
1.4.- Componentes del Suelo.	8
1.4.1.- Partículas edáficas.	11
1.4.2.- Limo.	13
1.4.3.-Arcilla.	14
1.4.4.- Componentes orgánicos.	15
1.5.- Parámetros a controlar en el proceso de biorremediación.	21
1.5.1.- Tipo y concentración de contaminante.	22
1.5.1.1.- Tipo de Hidrocarburos.	22
1.5.1.2.- Concentración de hidrocarburos.	23
1.5.2.- Antigüedad de la contaminación.	24

<b>1.5.3.- Presencia de microorganismos.</b>	<b>24</b>
<b>1.5.3.1.- Inoculación.</b>	<b>25</b>
<b>1.5.4.- Nutrientes.</b>	<b>26</b>
<b>1.5.4.1.- Carbono.</b>	<b>26</b>
<b>1.5.4.2. - Nitrógeno.</b>	<b>28</b>
<b>1.5.4.3. - Fósforo.</b>	<b>28</b>
<b>1.5.4.4. - Potasio.</b>	<b>29</b>
<b>1.5.4.5. - Oligoelementos.</b>	<b>29</b>
<b>1.5.5.- Aireación.</b>	<b>30</b>
<b>1.5.6.- pH.</b>	<b>31</b>
<b>1.5.7.- Humedad.</b>	<b>32</b>
<b>1.5.8.- Temperatura.</b>	<b>33</b>
<b>1.5.9.- Presencia de metales y sales.</b>	<b>34</b>
<b>1.6.- Biorremediación.</b>	<b>35</b>
<b>1.7.- Fuentes de Contaminación por Hidrocarburos en Suelos.</b>	<b>38</b>
<b>1.8.- Impactos producidos por la contaminación de Suelos por hidrocarburos.</b>	<b>38</b>
<b>1.9.- Sistemas de gestión en caso de derrames en suelos.</b>	<b>40</b>
<b>1.10.- Legislación Ambiental Vigente respecto a Contaminación de Suelos.</b>	<b>42</b>

## **CAPÍTULO II:**

<b>2.1.-Parte Experimental.</b>	<b>44</b>
<b>2.1.1.- Diseño y construcción de los Biorreactores.</b>	<b>44</b>
<b>2.1.1.1.- Materiales.</b>	<b>45</b>
<b>2.2.- Descripción del Proceso de Remediación realizado.</b>	<b>46</b>

2.3.- Caracterización del Suelo contaminado con crudo.	47
--	----

2.4.- Descripción del coctel enzimático utilizado.	48
--	----

### **CAPÍTULO III:**

3.1.- Resultados.	49
-------------------	----

3.1.1.- Temperatura.	50
----------------------	----

3.1.2.- Humedad.	51
------------------	----

3.1.3.- Microbiológico.	51
-------------------------	----

3.1.4.- Hidrocarburos Totales de Petróleo.	52
--	----

3.1.5.- Nutrientes.	54
---------------------	----

3.1.6.- Metales Pesados.	54
--------------------------	----

3.1.7.- pH.	55
-------------	----

3.2.- Cálculos.	55
-----------------	----

3.3.- Gráficos de resultados.	56
-------------------------------	----

3.3.1.- Gráficos de Temperaturas.	57
-----------------------------------	----

3.3.2.- Gráficos de Humedad.	59
------------------------------	----

3.3.3.- Gráficos de Microorganismos.	61
--------------------------------------	----

3.3.4.- Gráficos de Nutrientes.	64
---------------------------------	----

3.3.5.- Gráficos de Hidrocarburos Totales.	70
--	----

3.3.6.- Gráficos Metales Pesados	73
----------------------------------	----

3.3.7.- Gráfico de pH.	75
------------------------	----

### **CAPÍTULO IV:**

4.1.- Análisis de resultados.	75
-------------------------------	----

4.2.- Conclusiones.	77
---------------------	----

<b>4.3.- Recomendaciones</b>	<b>79</b>
<b>4.4.- Bibliografía.</b>	<b>79</b>

## **TABLAS Y FIGURAS**

<b>Figura #1: Procesos de Fitorremediación.</b>	<b>4</b>
<b>Figura #2: Horizontes o Capas del suelo.</b>	<b>9</b>
<b>Figura #3: Fase sólida Mineral del suelo.</b>	<b>11</b>
<b>Figura #4: Partículas de arena vistas al microscopio petrográfico.</b>	<b>12</b>
<b>Figura #5: Arena fina vista al microscopio petrográfico.</b>	<b>13</b>
<b>Figura #6:- Limo visto al microscopio petrográfico.</b>	<b>14</b>
<b>Figura #7: Cambio de materia I.</b>	<b>16</b>
<b>Figura #8: Degradador de materia orgánica.</b>	<b>17</b>
<b>Figura #9: Degradación de materia orgánica.</b>	<b>18</b>
<b>Figura #10: Degradador de materia orgánica II.</b>	<b>19</b>
<b>Figura #11: Lombrices en degradación de materia.</b>	<b>20</b>
<b>Figura #12: Efecto de lombrices en el suelo.</b>	<b>21</b>
<b>Figura #13: Vista lateral y longitudinal del invernadero.</b>	<b>44</b>
<b>Figura #14: Diseño de reactores.</b>	<b>45</b>
<b>Tabla #9.1.- Límites máximos permisibles de contaminación de suelos.</b>	<b>44</b>
<b>Tabla #10.3: Suelo inicial sin hidrocarburo.</b>	<b>48</b>

## **ANEXO 1 (Fotografías).**

- 1.1.- Invernadero.**
- 1.2.- Plástico de Protección.**

**1.3.- Evaporación.**

**1.4.- Suelo bajo tratamiento.**

**ANEXO 2 (Informes de Análisis).**

**2.1.- Nutrientes.**

**2.2.- Metales Pesados.**

**2.3.- Microbiológico.**

**2.4.- Hidrocarburos.**