

**INFORME FINAL DE PROYECTO DE GRADO APLICADO**

**PROPUESTA PARA LA RECUPERACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL LODO PROVENIENTE DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN DEL PARQUE INDUSTRIAL MALAMBO S.A, PARA SU POTENCIAL USO COMO RECUPERACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS.**

**ANGELA SIERRA VILLAMIL  
BLEIDIS QUIROZ BENAVIDES**

**PRESENTADO A:  
ING. ALEJANDRA OLMEDO MEZA  
ZOOTECNISTAS. CARLOS OROZCO GALLARDO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
UNAD**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**BARRANQUILLA  
2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por darme las fuerzas necesarias para no desfallecer en momentos de dificultades y así llegar a la meta en cumplir mi sueño.

Al Parque Industrial Malambo S.A, por su confianza en permitirnos desarrollar un proyecto que ayude a minimizar un impacto ambiental, bajo la supervisión del Ingeniero Horacio Campo, quien de manera gentil nos apoyó y orientó en este proyecto.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia y a los docentes del programa Ingeniería Ambiental, nuestra tutora la Ingeniera Alejandra Olmedo y el Zootecnista Carlos Orozco, a ellos por su gran paciencia y compromiso en compartir sus conocimientos para nuestro crecimiento en formación ético y profesional.

A mi compañera de proyecto Ángela Sierra, por su colaboración y acompañamiento.

A mi familia, mi esposo Álvaro Tejada Núñez y a mis hijos, Álvaro Javier, Angie Carolina y Andreina Liseth, que de manera incondicional han sido mi apoyo y motivación.

A mis padres, mi madre que con sus consejos ha sido un pilar en mi vida.

A mis amigos y compañeros Claudio Gámez, Alexander Redondo, Jesús Florián, Halex García y Angélica Duarte, Renán Díaz y Albeiro Solano por su constante e incondicional apoyo.

***Bleidis Quiroz Benavides***

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero dar mis agradecimientos a Dios por haberme guiado desde el principio hasta el final de mi carrera, por haberme provisto con todo lo que necesité, con sabiduría, con entendimiento, gracias padre por haberme levantado en los más duros momentos, por la felicidad que me produce llevar a término este gran logro.

Gracias a mi familia, a mi madre María del Rosario quien fue el motor impulsor para seguir adelante, sin ti madre nunca lo hubiera logrado, gracias por tus oraciones por tu esfuerzo y dedicación, gracias a mis hermanas Gina y Kelly y mis cuñados Edgar y Juan por su apoyo incondicional, su ejemplo de perseverancia y fortaleza me dieron motivos para esforzarme cada día, siempre que los necesité allí estuvieron conmigo. A mi novio Luis Eduardo, tus palabras de ánimo y tu abrazo incondicional me fortalecieron hasta el final.

A mis tutores Carlos Orozco y Alejandra Olmedo a quienes les agradezco su persistencia, por su colaboración y por su compromiso con el verdadero aprendizaje.

A mi compañera de lucha Bleidis Quiroz, por tu apoyo incondicional gracias amiga.

Al Parque Industrial Malambo S.A, a todo su personal con calidad humana, por permitirme aprenderles de su la experiencia y conocimiento.

***Ángela Sierra Villamil***

## INTRODUCCIÓN

La competencia actual de las grandes empresas además de medirse por el grado de productividad y crecimiento económico, se mide por el grado de compromiso que esta tenga en relación al medio ambiente y al aprovechamiento óptimo de los recursos que posee para incrementar su productividad. Programas como los de gestión de la calidad, gestión ambiental y gestión en la seguridad son cada vez más comunes dentro del plan de trabajo de las organizaciones puesto que se aplicación genera productividad. Los retos que contiene manejar un sistema de gestión ambiental conllevan a propiciar de cierta manera un mayor desarrollo productivo en cuanto al manejo de recursos y de procesos de producción.

PIMSA, siendo una de las empresas líderes en la región debe seguir orientando sus esfuerzos en optimizar su crecimiento económico y comercial sobre la base del aprovechamiento máximo de los recursos que posee. Teniendo en cuenta lo anterior se presenta esta propuesta con el fin de ofrecer un manejo de los recursos, llegar a dar un valor agregado a los lados recuperados durante el proceso y cumplir a cabalidad con la normatividad ambiental que exige el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (MADS) por medio del decreto 3930 de 2010 y la ley 373 de 1997.

Se busca además por medio de este proyecto que se abran las puertas para generar un ambiente propicio y un antecedente que sienta las bases para la generación de un programa de gestión ambiental que potencie la imagen de la empresa frente a la sociedad y los consumidores.

El presente documento corresponde al informe de la experiencia profesional dirigida como alternativa de proyecto de grado, realizada en la Planta de tratamiento de agua potable del Parque Industrial S.A, con el propósito de realizar un reconocimiento de las condiciones iniciales de los procesos operativos de la empresa a partir del cual se realice un posterior plan de trabajo enfocado al aprovechamiento y recuperación de los lodos subproducto del tratamiento del agua con fines agrícolas.

## TABLA DE CONTENIDO:

<b>1. RECONOCIMIENTO DE LA ORGANIZACIÓN</b> .....	7
1.1. Razón social.....	7
1.2. Actividad Económica.....	7
1.3. Reseña Histórica.....	7
1.4. Localización .....	7
1.5. Descripción del proceso operativo de la empresa.....	8
1.6. Esquema planta de tratamiento de agua potable.....	10
<b>2. DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA</b> .....	11
<b>3. PLAN DE TRABAJO</b> .....	12
3.1 Cronograma de Actividades.....	12
3.2. Descripción de las Actividades.....	12
<b>4. ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS</b> .....	13
4.1. Objetivos propuestos.....	13
4.2. Definición de las Etapas del proyecto piloto.....	14
4.3. Plantilla para la recolección de la información.....	15
<b>5. DETERMINACIÓN Y ADQUISICIÓN DE RECURSOS REQUERIDOS PARA EL PROYECTO</b> .....	16
5.1. Presupuesto de materiales e insumos.....	16
5.2. Presupuesto recurso humano.....	17
5.3. Caracterización del lodo proveniente del sistema de tratamiento de agua Potable.....	17
<b>6. PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS</b> ....	18
6.1. Objetivos propuestos.....	18
6.2. Aporte de evidencias.....	19
6.2.1. Etapa 1: Drenaje de lodos.....	19
6.2.2. Etapa 2: Separación de lodos.....	20
6.2.3. Etapa 3: Deshidratación de lodos.....	20
6.2.4. Etapa 4: Preparación de las mezclas.....	21
6.2.2. Etapa 5: Siembra de semillas.....	22

<b>7. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA</b> .....	22
7.1. Objetivos propuestos.....	22
7.2. Registros Fotográficos.....	23
7.2.1 Semana 0.....	23
7.2.2. Semana 1.....	24
7.2.3. Semana 2.....	25
7.2.4. Semana 3.....	27
7.2.5. Semana 4.....	28
7.2.6. Semana 5.....	30
7.2.7. Semana 6.....	31
7.2.8. Semana 7.....	32
7.2.9. Semana 8.....	34
7.2.10. Semana 9.....	34
7.2.11. Semana 10 y 11.....	37
<b>8. ANALISIS DE LAS OBSERVACIONES</b> .....	41
<b>9. LIMITACIONES CONFRONTADAS EN LA PRÁCTICA LABORAL</b> .....	42
<b>10. RECOMENDACIONES</b> .....	46
<b>11. CONCLUSIONES</b> .....	47

## 1. RECONOCIMIENTO DE LA ORGANIZACIÓN

- 1.1. **Razón social:** Acueducto Parque Industrial Malambo S.A.
- 1.2. **Actividad Económica:** Tratamiento de agua cruda proveniente del río Magdalena para la prestación del servicio de agua potable.
- 1.3. **Reseña Histórica:** El sector del Parque Industrial Malambo - PIMSA, fue incorporado como parte del suelo urbano del Municipio de Malambo, a partir de la Resolución 631 del 29 de julio de 1980 del Ministerio de Desarrollo Económico. Durante ese periodo de los años setenta y ochenta, los proyectos industriales estaban sujetos al control del Ministerio De Desarrollo Económico, fundamentados en el Decreto 2143 de 1979, mediante los cuales se autoriza la conformación de los Parques Industriales en Colombia.

Inicialmente no se urbanizó en sus primeros años debido a la carencia de las infraestructuras de servicios públicos y conexiones viales necesarias para vincular diferentes sectores entre sí, con el entorno inmediato y con la ciudad. Las normas urbanísticas que gobiernan el desarrollo del Parque Industrial fueron establecidas en la resolución 789 del 22 de septiembre de 1981 expedida por el Ministerio de Desarrollo económico.

Hasta 1992 Malambo Captaba las aguas del acueducto de la Ciénaga de Mesolandia, la cual era el recurso receptor de las aguas servidas de toda la población, generando problemas de salud pública y altos índices de morbilidad y mortalidad infantil. Esta situación generó muchas protestas en la población, a tal punto que hubo muchos bloqueos de la vía Oriental y muchos paros cívicos, que motivaron al Parque Industrial Malambo en apoyar y ayudar en la solución del problema, con la construcción de una nueva bocatoma para captar el agua desde el Río Magdalena en predios propiedad de la sociedad.

Luego de 3 décadas de paros cívicos y una profunda crisis por la mala prestación del servicio de acueducto y alcantarillado, el Municipio aún no había resuelto la problemática de suministro de agua potable y de esta manera, las plantas de potabilización de El Tesoro y Concorde, fueron adecuadas para atender a la comunidad del área urbana de la cabecera municipal.

El Parque Industrial Malambo, comienza obras en 1980 y se da inicio a las primeras plantas, como la construcción de las Plantas Industriales de Acerías de Colombia, Trefilados de la Costa, OMYA de Colombia. El Parque Industrial Malambo, presentó problemas de operación en sus inicios, por la falta de servicios públicos para soportar la demanda de cargas para la industria. Por esta razón PIMSA se propone desarrollar su prestación privada de servicios público, especialmente de acueducto. En Octubre 1 de 1989, el PIMSA da al servicio una nueva planta de tratamiento de agua potable, como complemento a la actividad de urbanización.

- 1.4. **Localización:** El Parque Industrial Malambo S.A. PIMSA, se encuentra ubicado en el municipio de Malambo del departamento del Atlántico en la carretera Oriental, a la altura del kilómetro 3 en el tramo Malambo-Sabanagrande, el cual es un condominio industrial privado, con servicios comunes vigilados y administrados, que permiten una reducción en los costos de las empresas ubicadas dentro del parque. El Parque Industrial Malambo, se encuentra localizado en la margen oriental de la

ruta 25, conocida como Carretera Oriental, en las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud: 10° 50'35" Norte; 10° 49'25" Norte  
Longitud: 74° 46'20" Oeste; 74° 45'10" Oeste



Ilustración 1. Ubicación geográfica. Fuente Google Earth

## 1.5. Descripción del Proceso Operativo de la Empresa:

El sistema de Acueducto del Parque Industrial Malambo SA, se encuentra conformado por las etapas de Captación, Tratamiento y Distribución:

### 1.5.1. Captación y conducción de agua cruda del Río Magdalena:

Se toma el agua del Río Magdalena teniendo el punto de captación ubicado en su margen Occidental, a la altura del Kilómetro 38 aguas arriba de su desembocadura, la cual está comprendida por una barcaza flotante y una plataforma fija, dotadas con equipos de bombeo.



Ilustración 2. Barcaza flotante y una plataforma fija

Las operaciones de potabilización de agua en la PTAP comprenden una serie de procesos cuyas finalidades es transformar el agua captada de una fuente natural de agua en agua apta para consumo humano (agua potable), es decir que cumpla con los límites impuestos por las normas gubernamentales:



El río Magdalena presenta un régimen irregular de flujo tanto en volumen como en turbiedad. La variabilidad de los caudales que maneja el río va desde 2000 m<sup>3</sup>/s en verano



hasta 16000 m<sup>3</sup>/s en temporada de invierno. En términos de turbiedad, existe una variación de 150 NTU (unidades Nefelométricas de turbiedad) hasta 1500 NTU.

**1.5.2. Clarificación:** Se llevan a cabo en una planta compacta, los procesos de mezcla rápida, coagulación, floculación y sedimentación, este se encuentra provisto de un sistema de entrada y un ducto de distribución de agua cruda en forma de bolsillo, una zona primaria de mezcla rápida y reacción y una zona secundaria de mezcla mecánica donde un rotor impulsor movido por un motorreductor de velocidad variable para agitar los químicos adicionados.



Ilustración 3. Vista planta compacta

**1.5.3. Desinfección:** La desinfección se realiza en un tanque de contacto donde llega el agua del tanque bombeo, la desinfección se realiza mediante dosificación de Cloro gas, la cantidad requerida del desinfectante depende de factores como Demanda de Cloro, pH, Temperatura, Tiempo de Contacto y caudal de agua a tratar; el agua utilizada para este proceso es procedente del tanque de agua potable y vuelve al mismo para realizar su función como desinfectante bactericida.



Ilustración 4. Tanque de contacto

**1.5.4. Filtración:** Para este proceso se utilizan 3 baterías de filtros horizontales a presión, que funcionan en paralelo, haciendo pasar el líquido a través de un lecho de arena, antracita y grava con el fin de retirar los sólidos suspendidos del agua, cada batería tiene 3 filtros de 4 pies de diámetro por 9 pies de largo, cada unidad tiene una capacidad individual de 11.0 L/s.



Ilustración 5. Filtros horizontales a presión

**1.5.5. Almacenamiento y distribución de agua potable a la red:** El sistema de suministro de agua potable está conformado por una red de distribución con diámetros de tubería primaria de 6" y 8" y secundarias de 4" PVC RDE 26 y se alimenta de agua de un tanque de almacenamiento de 1.000 m<sup>3</sup> compartimentado en dos cámaras cada una de 500 m<sup>3</sup>. Para la distribución del agua se cuenta con dos bombas marca SIHI PUMPS modelo ZNLD125315 conectadas en paralelo, las cuales poseen



Ilustración 7. Unidad de almacenamiento

sistemas eléctricos independientes apoyados con controles automáticos de variación de velocidad.

### 1.6. Esquema Planta de Tratamiento de Agua Potable Acueducto "PIMSA"

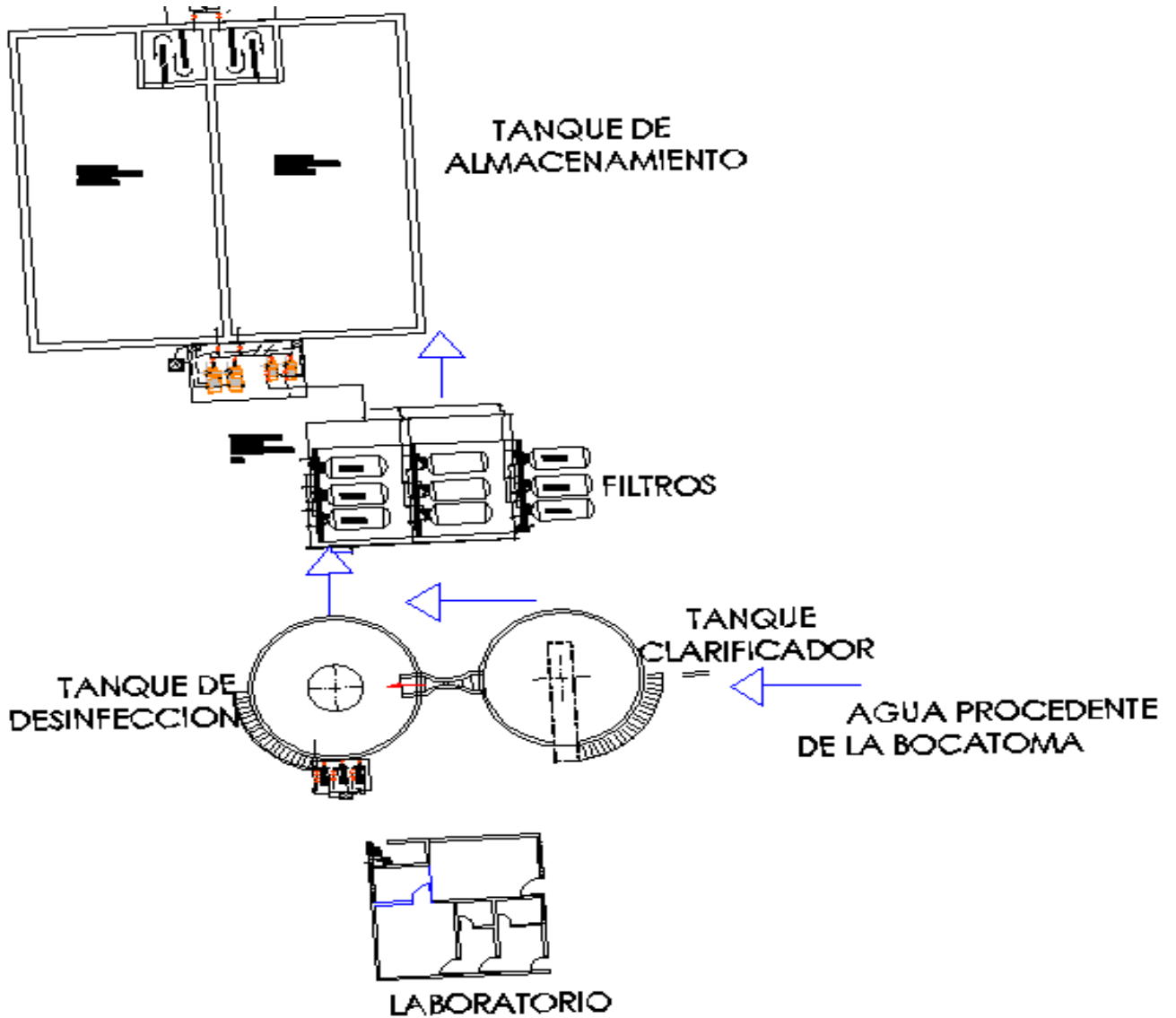


Ilustración 8. Esquema planta de tratamiento de agua potable Acueducto "PIMSA"

## **2. DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA**

En los sistemas de tratamiento de agua se realiza una remoción de partículas finas en suspensión o en solución que se encuentran presentes en el agua cruda, para esto es necesaria la aplicación de productos químicos, tales como sales de aluminio y hierro, que a través de su carga son capaz de provocar la desestabilización de partículas coloidales, formando flocs de tamaño suficiente para su posterior remoción. Una vez formados estos flocs, es necesaria su remoción para la clarificación del agua. Es así como una planta de tratamiento de agua genera residuos: lodos acumulados en el proceso de clarificación y en el lavado de los filtros. Esos residuos generados se caracterizan por tener un porcentaje muy alto de humedad, estando por ende en forma fluida. La toxicidad de los lodos generados depende de factores como las características del agua cruda, químicos utilizados en el proceso de clarificación, reacciones químicas ocurridas durante el proceso, tiempo de retención de estos lodos en el proceso, características hidráulicas, físicas y químicas del cuerpo receptor entre otras cosas.

La propuesta corresponde a la recuperación y el aprovechamiento de los lodos resultantes del sistema de tratamiento del Acueducto del Parque Industrial Malambo S.A PIMSA, los cuales no reciben tratamiento ni posterior uso.

La normatividad Colombiana en el decreto 3930 de 2010, en el artículo 25 prohíbe la disposición en cuerpos de aguas superficiales, subterráneas, marinas y sistemas de alcantarillado, los sedimentos, lodos y sustancias sólidas provenientes de sistemas de tratamiento de agua.

### 3. PLAN DE TRABAJO

La experiencia profesional dirigida como alternativa de proyecto de grado, se aplica en el Acueducto del Parque Industrial Malambo S.A PIMSA, durante un periodo de doce meses, en los cuales los estudiantes se documentan sobre el proceso operativo de la empresa para posteriormente elaborar una propuesta sobre la recuperación y aprovechamiento de los lodos, uno de los subproductos del sistema de tratamiento de agua potable.

De esta manera los estudiantes realizan aportes en gestión y manejo ambiental para la solución de una problemática específica, supervisados por el funcionario de la empresa designado para supervisar la práctica y visitas regulares del docente.

#### 3.1 Cronograma de Actividades

ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
Determinación y adquisición del tipo, cantidad y calidad de materiales e insumos requeridos para el proyecto.	x	x										
Elaboración de la propuesta del sistema para el tratamiento de los lodos.			x									
Puesta en marcha del sistema para el tratamiento de los lodos.				x	x	x	x	x	x	x		
Evaluación de los resultados											x	x

Tabla 1. Cronograma de actividades

#### 3.2. Descripción de las Actividades

- **Determinación y adquisición del tipo, cantidad y calidad de materiales e insumos requeridos para el proyecto:**
  - Se busca la caracterización del lodo, con el fin de conocer la presencia o la ausencia de sustancias o compuestos que puedan influir en tratamiento y el posterior uso del lodo con fines de recuperación de suelos agrícolas.
  - Se busca la determinación de la cantidad y calidad de los materiales e insumos necesarios para llevar a cabo el experimento piloto.
  - Finalmente se busca la adquisición de dichos materiales e insumos.
  
- **Elaboración de la propuesta del sistema para el tratamiento de los lodos.**  
 El objetivo de esta actividad es proponer un piloto que permita la observación de las condiciones ideales para el crecimiento de plántulas de maíz, utilizando como base el lodo tratado previamente mediante procesos físicos.

- **Puesta en marcha del sistema para el tratamiento de los lodos.**  
Durante un periodo de observación de siete meses, se busca obtener información suficiente para establecer la viabilidad de un proyecto ambiental que permita la recuperación y aprovechamiento del lodo.
- **Evaluación de los resultados**  
Consiste en el análisis de la información reunida durante el periodo de observación, y culmina con la redacción de conclusiones del piloto.

#### **4. ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS**

##### 4.1. Objetivos propuestos

###### **Objetivo General:**

Elaborar una propuesta para la recuperación y el aprovechamiento de los lodos provenientes del tratamiento de agua potable del Acueducto del Parque Industrial Malambo S.A, PIMSA.

###### **Objetivos específicos:**

- ✓ Diseñar un sistema por etapas que permita la recuperación de los lodos.
- ✓ Lograr el drenaje de los lodos para su ingreso al sistema.
- ✓ Separar las fases líquida y sólida de los lodos.
- ✓ Obtener un material sólido que permita su manejo.
- ✓ Realizar diferentes mezclas del lodo con otros materiales en varias proporciones.
- ✓ Cultivar semillas de maíz en las diversas mezclas y observar su comportamiento.
- ✓ Registrar las observaciones realizadas en periodos de tiempo específicos.
- ✓ Caracterizar el lodo para conocer las propiedades físicas y químicas que puedan influir en el desarrollo del proyecto piloto.

#### 4.2. Definición de las Etapas del proyecto piloto:

- **Drenaje del lodo:** con la disposición de los materiales e insumos necesarios (bomba, válvulas, adaptadores, etc.), se procede a la instalación del mecanismo de succión por medio del cual los lodos se llevan desde el canal de los lodos, hasta tanques de almacenamiento de fibra de vidrio.
- **Separación del lodo:** la separación de las fases líquida y sólida de los lodos ocurre por decantación en tanques de almacenamiento en fibra de vidrio con válvulas laterales de 6m<sup>3</sup> y 2m<sup>3</sup>, extrayendo la fase líquida por medio de la succión realizada con mangueras.
- **Deshidratación del lodo:** una vez se ha logrado separar la mayor parte de agua de los lodos, estos se transfieren a un lecho de secado dispuesto sobre el suelo en un área de 4m x 3m. los lodos aun hidratados se esparcen sobre una cama de polietileno que permite que el lodo se pueda recoger una vez se haya secado al natural a temperatura ambiente.
- **Preparación de mezclas:** además del lodo, se cuenta con estiércol de ganado vacuno procedentes de las inmediaciones de la empresa y cascarilla de arroz comercial para seleccionar la mezcla ideal para el crecimiento de las plantas. Se prepararan en diferentes proporciones una cantidad final de 15 kg, dispuestos dentro de bolsas de polietileno perforadas.

Proporción de Sustrato:	Planta
100% Lodo	# 1
50% Lodo + 50% Estiércol	# 2
50% Lodo + 50% Estiércol + 80 g cascarilla de Arroz	# 3
70% Lodo + 30% Estiércol	# 4
70% Lodo + 30% Estiércol+ 80 g cascarilla de Arroz	# 5
70% Estiércol + 30% Lodo	# 6
70% Estiércol + 30% Lodo+ 80 g cascarilla de Arroz	# 7
100% Lodo + 80 g cascarilla de Arroz	# 8

Tabla 2. Mezclas de sustrato

- **Siembra de semillas:** para la siembra de semillas de maíz, se realiza una selección previa teniendo en cuenta los granos más grandes, sin polillas, que no se encuentren ahuecados y posteriormente se colocan en remojo en una pequeña porción de agua, durante al menos 24 horas (esto permite la humectación de la semilla y facilita la absorción de los nutrientes del sustrato). En cada bolsa con combinación de mezclas dispuestas en la preparación anterior y debidamente rotuladas, se siembran 5 semillas de maíz.
- **Análisis de la información recolectada:** se irán realizando observaciones periódicas y realizando un registro de características de las plantas como número semillas germinadas y altura de la planta.

- **Elaboración de conclusiones y recomendaciones:** finalmente se elaboran conclusiones de las observaciones realizadas y se analizarán los aspectos positivos y negativos detectados durante el periodo de crecimiento de las plantas y de los procesos desarrollados en el proyecto piloto.

4.3. Plantilla para la recolección de la información:

### Evaluación del crecimiento de las plantas de Maíz

Fecha de siembra:		AAAA	MM	DD
SEMANA XX				
Proporción de Sustrato:	Planta	Número de semillas germinadas	Altura de la planta (cm)	Características de hojas y tallos)
100% Lodo	# 1			
50% Lodo + 50% Estiércol	# 2			
50% Lodo + 50% Estiércol + 80 g cascarilla de Arroz	# 3			
70% Lodo + 30% Estiércol	# 4			
70% Lodo + 30% Estiércol+ 80 g cascarilla de Arroz	# 5			
70% Estiércol + 30% Lodo	# 6			
70% Estiércol + 30% Lodo+ 80 g cascarilla de Arroz	# 7			
100% Lodo + 80 g cascarilla de Arroz	# 8			

**Tabla 3. Plantilla para la recolección de la información**

## 5. DETERMINACIÓN Y ADQUISICIÓN DE RECURSOS REQUERIDOS PARA EL PROYECTO PILOTO

### 5.1. Presupuesto Materiales e insumos

Etapa	Materiales e Insumos	cantidad	\$ unitario	Total
Drenaje de lodos	1 Bomba sumergible de 5hp marca IHM, motor trifásico de 220 V, 3" Diámetro	1	\$ 700.000	\$ 700.000
	Tubería en pvc de 3"	3	\$ 70.000	\$ 210.000
	Válvula de descarga, tipo mariposa de cierre rápido de 3"	1	\$ 7.000	\$ 7.000
	Codo en pvc de 3" de 90 grados	3	\$ 35.000	\$ 105.000
	Adaptador macho	1	\$ 35.000	\$ 35.000
	Unión simple de 3"	2	\$ 35.000	\$ 70.000
	Pegante pvc	1	\$ 30.000	\$ 30.000
	Teflón rollo 10 metros	1	\$ 1.500	\$ 1.500
Separación de lodos	Tanque de almacenamiento en fibra de vidrio con válvulas laterales de 2m <sup>3</sup>	1	\$ 300.000	\$ 300.000
	Tanque de almacenamiento en fibra de vidrio con válvulas laterales de 6m <sup>3</sup>	1	\$ 600.000	\$ 600.000
	Regadera plástica	1	\$ 15.000	\$ 15.000
	Manguera metro	20	\$ 2.000	\$ 40.000
Deshidratación de lodos	Plástico polietileno de 4 x 3 m	12	\$ 4.000	\$ 48.000
	Estacas	2	\$ 2.500	\$ 5.000
Preparación de mezclas	Báscula de granataria 20 kg	1	\$ 70.000	\$ 70.000
	Espátulas	1	\$ 6.000	\$ 6.000
	Palustre	1	\$ 12.000	\$ 12.000
	Pala	1	\$ 27.000	\$ 27.000
	Carretilla	1	\$ 80.000	\$ 80.000
	Baldes 10 L	1	\$ 18.000	\$ 18.000
	Cascarilla de arroz 3kg	3	\$ 2.000	\$ 6.000
	Estiércol de ganado vacuno 12 kg	1	\$ 0	\$ 0
	Lodo seco de planta de tratamiento	1	\$ 0	\$ 0
Siembra de semillas	Beaker	1	\$ 8.000	\$ 8.000
	Bolsas plásticas polietileno perforada de 5 kilos paq x 100 und	1	\$ 8.000	\$ 8.000
	Semillas de maíz híbrido 1 kg	1	\$ 10.000	\$ 10.000
	Flexómetro	1	\$ 5.000	\$ 5.000
	Cinta pegante	1	\$ 3.000	\$ 3.000
	Costal 25 kg paqx100 und	1	\$ 50.000	\$ 50.000
	Guantes de vinilo de seguridad paq x100	1	\$ 37.000	\$ 37.000
	Canaletas en acero galvanizado 300x40x50 cm	3	\$ 75.000	\$ 225.000
			<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 2.699.500</b>

Tabla 4. Presupuesto Materiales e insumos

El presupuesto de materiales e insumos serán adquiridos gracias al aporte suministrado por la empresa de acuerdo al convenio realizado para el desarrollo de las prácticas de los estudiantes.



5.2. Presupuesto Recurso Humano:

Recurso Humano	Cantidad	Hora
Estudiante en práctica	2	600
Profesional designado por la empresa	1	10
Personal de apoyo de la empresa	3	300
Docente	1	20

Tabla 5. Presupuesto Recurso Humano

El recurso humano dispuesto por la empresa es voluntario; la asistencia del profesional, y del personal de apoyo, el docente realizará visitas regulares durante el desarrollo de las etapas.

5. 3. Caracterización del lodo proveniente del sistema de tratamiento de agua potable

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	Unidades de pH	7,43
Temperatura	°C	24,9
Densidad	g/L	1,049
Humedad	%	85,83
Materia orgánica	%	7,18
Fosforo total	mg/kg	2626
Sulfatos	mg/kg	18311
Hierro	mg/kg	32100
Níquel	mg/kg	1,0
Aluminio	mg/kg	14,80

Tabla 6. Caracterización del lodo

## **6. PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS**

### 6.1. Objetivos propuestos

#### **Objetivo General:**

Ejecutar las etapas propuestas para la recuperación y el aprovechamiento de los lodos provenientes del tratamiento de agua potable del Acueducto del Parque Industrial Malambo S.A, PIMSA.

#### **Objetivos específicos:**

- ✓ Realizar el montaje del sistema para el tratamiento de los lodos de la planta de tratamiento de agua potable
- ✓ Iniciar las etapas que permitan la recuperación de los lodos.

## 6.2. Aporte de evidencias:

6.2.1. **Etapa 1: Drenaje del lodo:** con la disposición de los materiales e insumos necesarios (bomba, válvulas, adaptadores, etc.), se procede a la instalación del mecanismo de succión por medio del cual los lodos se llevan desde el canal de los lodos, hasta tanques de almacenamiento de fibra de vidrio.



Imagen 9. Montaje del sistema de drenaje compuesto por bomba, adaptadores, válvulas, etc.



Imagen 10. Vista del drenaje de los lodos por succión.

6.2.2. **Etapa 2: Separación del lodo:** la separación de las fases líquida y sólida de los lodos ocurre por decantación en tanques de almacenamiento en fibra de vidrio de 6m<sup>3</sup> y 2m<sup>3</sup> con válvulas laterales de 3" y 2", extrayendo la fase líquida por medio de la succión realizada con mangueras.



Imagen 11. Vista de los tanques para la decantación de los lodos.



Imagen 12. Vista de los lodos decantados, separación de fase líquida y sólida.

6.2.3. **Etapa 3: Deshidratación del lodo:** una vez se ha logrado separar la mayor parte de agua de los lodos, estos se transfieren a un lecho de secado dispuesto sobre el suelo en un área de 4mx3m. los lodos aun hidratados se esparcen sobre una cama de polietileno que permite que el lodo se pueda recoger una vez se haya secado al natural a temperatura ambiente.



Imagen 13. Cama de polietileno para deshidratación natural de los lodos.

6.2.4. **Etapa 4: Preparación de mezclas:** además del lodo, se cuenta con estiércol de ganado vacuno procedentes de las inmediaciones de la empresa y cascarilla de arroz comercial para seleccionar la mezcla ideal para el crecimiento de las plantas. Se prepararan en diferentes proporciones una cantidad final de 15 kg, dispuestos dentro de bolsas de polietileno perforadas.

Proporción de Sustrato:	Planta
100% Lodo	# 1
50% Lodo + 50% Estiércol	# 2
50% Lodo + 50% Estiércol + 80 g cascarilla de Arroz	# 3
70% Lodo + 30% Estiércol	# 4
70% Lodo + 30% Estiércol+ 80 g cascarilla de Arroz	# 5
70% Estiércol + 30% Lodo	# 6
70% Estiércol + 30% Lodo+ 80 g cascarilla de Arroz	# 7
100% Lodo + 80 g cascarilla de Arroz	# 8

Tabla 1. Mezclas de sustrato

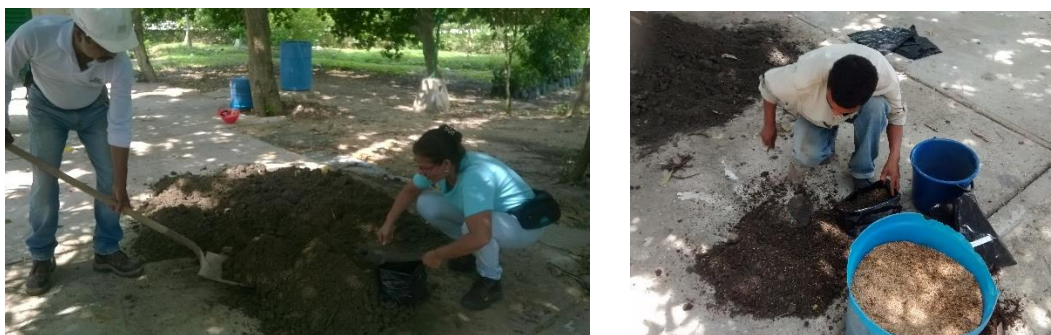


Imagen 14. Preparación de mezclas.



Imagen 15. Preparación de mezclas.

6.2.5. **Etapa 5: Siembra de semillas:** para la siembra de semillas de maíz, se realiza una selección previa teniendo en cuenta los granos más grandes, sin polillas, que no se encuentren ahuecados y posteriormente se colocan en remojo en una pequeña porción de agua, durante al menos 24 horas (esto permite la humectación de la semilla y facilita la absorción de los nutrientes del sustrato). En cada bolsa con combinación de mezclas dispuestas en la preparación anterior y debidamente rotuladas, se siembran 5 semillas de maíz.



Imagen 16. Selección, hidratación y siembra de semillas de maíz.

## 7. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA

### 7.1. Objetivos propuestos

#### **Objetivo General:**

Analizar la información obtenida en la ejecución del proyecto piloto para la recuperación y el aprovechamiento de los lodos provenientes del tratamiento de agua potable del Acueducto del Parque Industrial Malambo S.A, PIMSA.

#### **Objetivos específicos:**

- ✓ Reunir la información producida en el desarrollo de la actividad de práctica.
- ✓ Realizar un análisis de la información obtenida

**7.2. Registros fotográficos:** corresponden a observaciones periódicas de características de las plantas como numero semillas germinadas, altura de la planta.

7.2.1 Semana 0 (día 4): Imagen 17



Planta # 1



Planta # 2



Planta # 3



Planta # 4



Planta # 5



Planta # 6



Planta # 7



Planta # 8

Fecha de siembra:		AAAA	MM	DD
		2016	02	20
<b>SEMANA 0- (germinación de semillas día 4)</b>				
Proporción de Sustrato:	Planta	Numero de semillas germinadas	Altura de la planta (cm)	Características de las hojas
100% Lodo	# 1	2	2.9	hojas pequeñas por cada plantita, bien formadas, verde claro, tallo delgado
50% Lodo + 50% Estiércol	# 2	3	2.6	hojas pequeñas en una planta más que en la otra, verde claro, tallo pequeño y delgado
50% Lodo + 50% Estiércol + 80 g cascarilla de Arroz	# 3	3	3.5	hojas alargada por cada plantita, bien formadas, verde oscuro, tallo delgado
70% Lodo + 30% Estiércol	# 4	3	3.5	Hay dos plantas más pequeña que las otras, hojas de color verde medio , bien formadas, tallo delgado verde claro
70% Lodo + 30% Estiércol+ 80 g cascarilla de Arroz	# 5	4	3.8	hojas alargadas por cada plantita, bien formadas, verde medio, tallo delgado moradito
70% Estiércol + 30% Lodo	# 6	2	3.1	hojas alargadas, bien formadas, verde oscuro, tallo delgado
70% Estiércol + 30% Lodo+ 80 g cascarilla de Arroz	# 7	2	3.1	hojas alargada en una planta , la otra es pequeña, bien formadas, verde oscuro, tallo delgado
100% Lodo + 80 g cascarilla de Arroz	# 8	3	3.0	hojas alargadas por cada plantita, bien formadas, verde claro y medio, tallo delgado

**Tabla 7. Caracterización semana 0**

### 7.2.2. Semana 1: Imagen 18



Planta # 1

Planta # 2

Planta # 3

Planta # 4



Planta # 5

Planta # 6

Planta # 7

Planta # 8

Fecha de siembra:		AAAA	MM	DD
		2016	02	27
<b>SEMANA 1</b>				
Proporción de Sustrato:	Planta	Numero de semillas germinadas	Altura de la planta (cm)	Características de las hojas
100% Lodo	# 1	2	6.9	hojas pequeñas por cada plantita, bien formadas, verde claro, tallo delgado
50% Lodo + 50% Estiércol	# 2	3	5.5	hojas pequeñas en una planta más que en la otra, verde claro, tallo pequeño y delgado
50% Lodo + 50% Estiércol + 80 g cascarilla de Arroz	# 3	3	4.7	hojas alargada por cada plantita, bien formadas, verde oscuro, tallo delgado
70% Lodo + 30% Estiércol	# 4	3	5.1	Hay dos plantas más pequeña que las otras, hojas de color verde medio , bien formadas, tallo delgado verde claro
70% Lodo + 30% Estiércol+ 80 g cascarilla de Arroz	# 5	3	6.1	hojas alargadas por cada plantita, bien formadas, verde medio, tallo delgado moradito



70% Estiércol + 30% Lodo	# 6	2	5.3	hojas alargadas, bien formadas, verde oscuro, tallo delgado
70% Estiércol + 30% Lodo+ 80 g cascarilla de Arroz	# 7	2	5.9	hojas alargada en una planta , la otra es pequeña, bien formadas, verde oscuro, tallo delgado
100% Lodo + 80 g cascarilla de Arroz	# 8	3	6.8	hojas alargadas por cada plantita, bien formadas, verde claro y medio, tallo delgado

**Tabla 8. Caracterización semana 1**

7.2.3. Semana 2: Imagen 19



Planta # 1

Planta # 2

Planta # 3

Planta # 4



Planta # 5

Planta # 6

Planta # 7

Planta # 8

Fecha de siembra:		AAAA	MM	DD
		2016	03	05
<b>SEMANA 2</b>				
Proporción de Sustrato:	Planta	Numero de semillas germinadas	Altura de la planta (cm)	Características de las hojas y tallos
100% Lodo	# 1	2	20.2	Se desarrolla una planta con hojas formadas y alargadas verde medio y tallo delgado y la otra se tarda en crecimiento
50% Lodo + 50% Estiércol	# 2	3	16.8	Crece una planta con hojas alargadas verde medio, tallo creciendo normal y las otras más pequeñas
50% Lodo + 50% Estiércol + 80 g cascarilla de Arroz	# 3	3	16.1	Crece dos plantas con hojas formadas verde oscuro y tallo delgado color moradito y la otra se queda pequeña
70% Lodo + 30% Estiércol	# 4	3	20	Dos plantas siguen su desarrollo normal con hojas de color verde oscuro, bien formada y tallo morado, y una se queda en crecimiento.
70% Lodo + 30% Estiércol+ 80 g cascarilla de Arroz	# 5	4	21.7	Se desarrollan 3 planta con hojas formadas y verde medio, con tallo delgado moradito, y una planta en crecimiento.
70% Estiércol + 30% Lodo	# 6	2	18.3	Dos plantas crecen con hojas alargadas, bien formadas, verde oscuro, tallo delgado y morado.
70% Estiércol + 30% Lodo+ 80 g cascarilla de Arroz	# 7	2	16.5	Una planta en desarrollo hojas alargada y bien formada, la otra es pequeña y muy débil.
100% Lodo + 80 g cascarilla de Arroz	# 8	3	21.5	Desarrollo de las plantas con hojas alargadas y bien formadas, verde claro y tallo delgado.

**Tabla 9. Caracterización semana 2**

7.2.4. Semana 3: Imagen 20



Plantación de maíz en la semana 3



Planta # 1



Planta # 2



Planta # 3



Planta # 4



Planta # 5



Planta # 6



Planta # 7

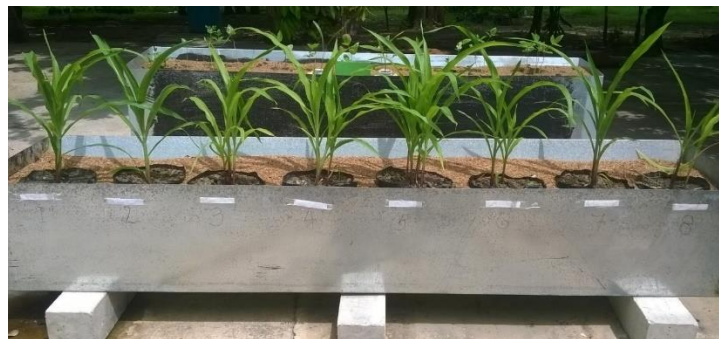


Planta # 8

Fecha de siembra:		AAAA	MM	DD
		2016	03	12
<b>SEMANA 3</b>				
Proporción de Sustrato:	Planta	Numero de semillas germinadas	Altura de la planta (mm)	Características de las hojas y tallos
100% Lodo	# 1	2	26.5	Sigue creciendo una planta con hojas formadas y alargadas verde medio y tallo un poco grueso morado y la otra se nota más delgado y morado claro.
50% Lodo + 50% Estiércol	# 2	2	28	Crece una planta con hojas alargadas verde oscuro, tallo grueso y morado intenso, una muy débil y pequeña, y la otra muere.
50% Lodo + 50% Estiércol + 80 g cascarilla de Arroz	# 3	3	31.1	Crece 3 plantas con hojas formadas verde oscuro y tallo delgado color morado.
70% Lodo + 30% Estiércol	# 4	3	25.5	Siguen creciendo 3 plantas con hojas de color verde oscuro, bien formado y tallo morado.
70% Lodo + 30% Estiércol+ 80 g cascarilla de Arroz	# 5	4	27.5	En desarrollo 4 planta con hojas formadas verde oscuro, con tallo más grueso morado
70% Estiércol + 30% Lodo	# 6	2	27.2	Dos plantas siguen en crecimiento con hojas alargadas y bien formadas, verde oscuro, una con tallo delgado y otra con tallo más grueso y morado.
70% Estiércol + 30% Lodo+ 80 g cascarilla de Arroz	# 7	2	30	Siguen las dos plantas en desarrollo con hojas alargada y bien formada, pero con color verde claro, su tallo uno morado y otro verde claro delgado.
100% Lodo + 80 g cascarilla de Arroz	# 8	2	22.8	Desarrollo de dos plantas con hojas alargadas y una con hojas amarillentas casi secas, con tallo verde pálido y la otra con hojas verde claro y tallo morado, muere una planta.

**Tabla 10. Caracterización semana 3**

#### 7.2.5 Semana 4: Imagen 21



Plantación de maíz en la semana 4

Fecha de siembra:		AAAA	MM	DD
		2016	03	19
<b>SEMANA 4</b>				
Proporción de Sustrato:	Planta	Numero de semillas germinadas	Altura de la planta (mm)	Características de las hojas y tallos
100% Lodo	# 1	2	46.5	Siguen desarrollándose las dos plantas con hojas formadas y alargadas verde medio y tallo más grueso y morado.
50% Lodo + 50% Estiércol	# 2	3	58.4	Crece una planta con hojas alargadas verde oscuro y filo cortante, tallo grueso y morado y la otras no se desarrolla se ve opaca y muy débil.
50% Lodo + 50% Estiércol + 80 g cascarilla de Arroz	# 3	3	41.9	Crece 3 plantas con hojas formadas verde medio y filo cortante, tallo delgado en dos y grueso en una de color morado.
70% Lodo + 30% Estiércol	# 4	3	45.5	Crece 3 plantas siguen su desarrollo normal con hojas de color verde oscuro, bien formada y tallo morado, y una tiene tallo delgado.
70% Lodo + 30% Estiércol+ 80 g cascarilla de Arroz	# 5	4	47.5	En desarrollo 4 planta con hojas formadas verde oscuro y filo cortante, 3 con tallo más grueso y una delgado, todas morado.
70% Estiércol + 30% Lodo	# 6	2	52.2	Dos plantas siguen crecimiento con hojas alargadas y bien formadas, verde oscuro una con filo cortante y tallo grueso y otra con tallo más delgado y más pequeña.
70% Estiércol + 30% Lodo+ 80 g cascarilla de Arroz	# 7	2	50.2	Siguen las dos plantas en desarrollo con hojas alargada y bien formada, pero con color verde claro y tallo uno morado y otro verde claro delgado.
100% Lodo + 80 g cascarilla de Arroz	# 8	2	32.7	Solo una planta se ve con hojas alargadas y verde pálido, con tallo delgado y la otra muy débil y hojas delgadas- amarilla pálidas, con tallo muy delgado.

**Tabla 11. Caracterización semana 4**

7.2.6. Semana 5. Imagen 22



Planta # 1

Planta # 2

Planta # 3

Planta # 4



Planta # 5

Planta # 6

Planta # 7

Planta # 8

Fecha de siembra:		AAAA	MM	DD
		2016	03	26
<b>SEMANA 5</b>				
Proporción de Sustrato:	Planta	Numero de semillas germinadas	Altura de la planta (mm)	Características de las hojas y tallos
100% Lodo	# 1	2	63.5	Su crecimiento se nota lento de ambas plantas, sus hojas formadas y verde medio y con filo poco cortante y tallo más grueso y morado.
50% Lodo + 50% Estiércol	# 2	2	78.9	Crece notablemente una planta con hojas alargadas verde oscuro y filo cortante, tallo grueso y morado y la otra ya casi muere.
50% Lodo + 50% Estiércol + 80 g cascarilla de Arroz	# 3	3	79.6	Siguen Creciendo 2 plantas más que una, con hojas formadas verde medio y filo cortante, tallo delgado en dos y grueso en una de color morado.
70% Lodo + 30% Estiércol	# 4	3	79.4	Crece 3 plantas siguen su desarrollo normal con hojas de color verde medio, bien formada, filo cortante y tallo morado, y una tiene tallo delgado.
70% Lodo + 30% Estiércol+ 80 g cascarilla de Arroz	# 5	4	80.3	Siguen en desarrollo 4 planta con hojas formadas verde oscuro y medio y filo cortante, 3 con tallo más grueso y una delgada, todas morado.
70% Estiércol + 30% Lodo	# 6	2	85.1	Las 2 plantas siguen creciendo con hojas alargadas y bien formadas una con filo cortante y tallo grueso y otra con tallo más delgado y más pequeña.

70% Estiércol + 30% Lodo+ 80 g cascarilla de Arroz	# 7	2	83.2	Siguen las dos plantas en desarrollo con hojas alargada y bien formada, pero con color verde claro y tallo uno morado y otro verde claro delgado.
100% Lodo + 80 g cascarilla de Arroz	# 8	2	47.6	Las 2 plantas se ven de mejor aspecto, asumimos por que le cae agua lluvia, mejoran el color de sus hojas, con tallo un poco más grueso y morado.

**Tabla 12. Caracterización semana 5**

7.2.7. Semana 6: Imagen 23



Planta # 1

Planta # 2

Planta # 3

Planta # 4



Planta # 5

Planta # 6

Planta # 7

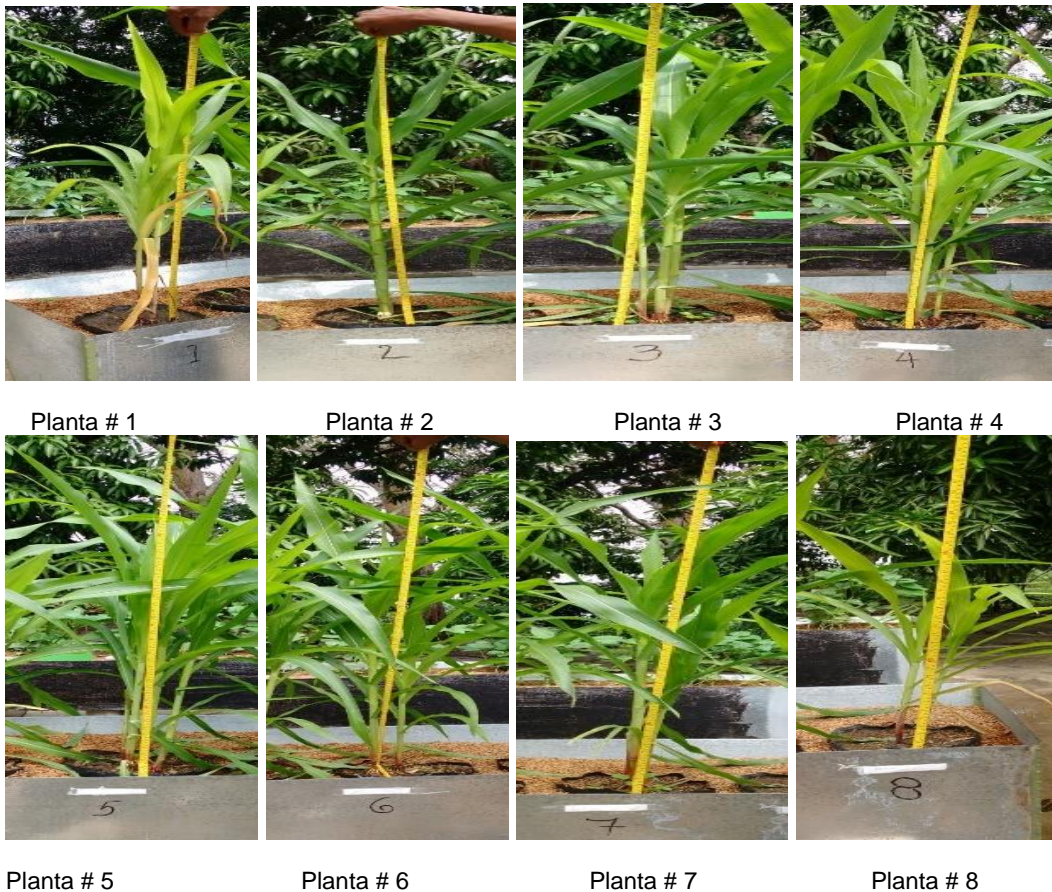
Planta # 8

Fecha de siembra:		AAAA	MM	DD
		2016	04	02
<b>SEMANA 6</b>				
Proporción de Sustrato:	Planta	Numero de semillas germinadas	Altura de la planta (cm)	Características de las hojas y tallos
100% Lodo	# 1	2	90	Su crecimiento aumenta, una más que otra, sus hojas formadas y verde amarillento y con filo poco cortante y tallo sigue lo mismo que la semana anterior y poco morada.
50% Lodo + 50% Estiércol	# 2	1	120	Crece notablemente una planta con hojas alargadas verde oscuro y filo cortante, tallo bastante grueso y morado con apariencia sana y la otra planta muere.

50% Lodo + 50% Estiércol + 80 g cascarilla de Arroz	# 3	3	110	Siguen Creciendo 2 plantas más que una, con hojas formadas verde oscuro y medio con filo cortante, tallo delgado en una y grueso en dos de color morado y se notan resistentes.
70% Lodo + 30% Estiércol	# 4	3	111	Crece 3 plantas siguen su desarrollo normal con hojas de color verde oscuro y medio, bien formada, filo cortante y tallo morado y más grueso, y una tiene tallo delgado.
70% Lodo + 30% Estiércol+ 80 g cascarilla de Arroz	# 5	4	105	Siguen en desarrollo 4 planta con hojas formadas verde oscuro y medio y filo cortante, 3 con tallo más grueso y una delgada, todas morado.
70% Estiércol + 30% Lodo	# 6	2	118	Las 2 plantas siguen creciendo con hojas alargadas y bien formadas con filo cortante en forma de sierra, verde oscuro una más que otra y tallo grueso y otra con tallo más delgado y más pequeña.
70% Estiércol + 30% Lodo+ 80 g cascarilla de Arroz	# 7	2	122	Siguen una planta en desarrollo con hojas alargada y bien formada, con color verde oscuro y tallo uno morado y grueso y la otra se queda pequeña con hojas verde claro y tallo delgado.
100% Lodo + 80 g cascarilla de Arroz	# 8	3	74	Las 2 plantas a pesar de que crecen un poco más, siguen con hojas de color verde amarillento, con tallo igual que la semana anterior.

**Tabla 13. Caracterización semana 6**

### 7.2.8. Semana 7: Imagen 24





En esta semana comienza a espigar la planta 2.



Imagen 25. Espiga de la planta 2 en la semana 7

Fecha de siembra:				AAAA	MM	DD
				2016	04	09
SEMANA 7						
Proporción de Sustrato:	Planta	Numero de semillas germinadas	Altura de la planta (cm)	Características de las hojas y tallos		
100% Lodo	# 1	4	92.1	Su crecimiento se detiene, una más que otra, sus hojas formadas y verde amarillento pero muy delgadas y con filo poco cortante y tallo sigue lo mismo que la semana anterior y la otra planta se queda pequeña, muy débil, algunas hojas amarilla y otras secas		
50% Lodo + 50% Estiércol	# 2	1	133.5	Su desarrollo continua bastante diciente con hojas alargadas verde oscuro y filo cortante, tallo bastante grueso y morado, aparece primera espiga y la barba al 4 día		
50% Lodo + 50% Estiércol + 80 g cascarilla de Arroz	# 3	3	138.2	Siguen creciendo 2 plantas más que una, con hojas formadas verde oscuro y con filo cortante, tallo delgado en una y grueso en dos de color morado, aparece su primera espiga.		
70% Lodo + 30% Estiércol	# 4	3	143.2	Siguen creciendo 3 plantas siguen su desarrollo normal con hojas de color verde oscuro y medio, bien formada, filo cortante y tallo morado y más grueso, y una tiene tallo delgado, aparece espiga y la barba al 5 día		
70% Lodo + 30% Estiércol+ 80 g cascarilla de Arroz	# 5	4	141.5	Siguen en desarrollo 4 planta con hojas formadas verde oscuro, con filo cortante, 3 con tallo más grueso y una delgada y más pequeña color morado claro.		
70% Estiércol + 30% Lodo	# 6	2	143.4	Siguen creciendo las 2 plantas con hojas alargadas y bien formadas con filo cortante en forma de sierra, verde oscuro una más que otra y tallo grueso, con raíces sobresaliente y otra con tallo más delgado y más pequeña.		
70% Estiércol + 30% Lodo+ 80 g cascarilla de Arroz	# 7	2	143.1	Siguen las 2 creciendo, una planta más grande con hojas alargada y anchas, bien formada, con color verde oscuro y tallo morado y grueso y la otra un poco más pequeña con hojas verde oscuro y tallo más delgado que la otra y morado.		
100% Lodo + 80 g cascarilla de Arroz	# 8	3	74.2	Las 2 plantas se estancan en su crecimiento, siguen con hojas de color verde amarillento y una de ellas comenzó a secarse sus hojas, con tallo igual de delgado.		

Tabla 14. Caracterización semana 7

7.2.9. Semana 8: Imagen 26



Planta # 1

Planta # 2

Planta # 3

Planta # 4



Planta # 5

Planta # 6

Planta # 7

Planta # 8



Imagen 27. Día 5 de la semana 8. Casi todas con espiga y frutos

Fecha de siembra:				AAAA	MM	DD
				2016	04	16
SEMANA 8						
Proporción de Sustrato:	Planta	Numero de semillas germinadas	Altura de la planta (cm)	Características de las hojas		
100% Lodo	# 1	4	100.8	Su crecimiento es lento, una más que otra, sus hojas se ven débiles y delgadas y verde amarillento con filo poco cortante y tallo sigue lo mismo que la semana anterior y algunas hojas amarilla y otras secas, aparece espiga débil y pequeña el 6 día.		
50% Lodo + 50% Estiércol	# 2	1	152	Su desarrollo continúa, con hojas alargadas verde oscuro y filo cortante, tallo bastante grueso y morado, aparece primera mazorca y otra espiga.		
50% Lodo + 50% Estiércol + 80 g cascarilla de Arroz	# 3	3	174	Siguen creciendo 3 plantas con fuerza en su tallo, con hojas formadas verde oscuro y con filo cortante, aparece su primera barba el 5 día. Una de ellas tiene el tallo más delgado		
70% Lodo + 30% Estiércol	# 4	3	153	Siguen creciendo 3 plantas siguen su desarrollo normal con hojas de color verde oscuro y medio, bien formada, filo cortante y tallo morado y más grueso, y una tiene tallo delgado, aparece barba y al 6 día mazorca		
70% Lodo + 30% Estiércol+ 80 g cascarilla de Arroz	# 5	4	138	Siguen en desarrollo las 4 planta, con hojas formadas verde oscuro, con filo cortante, 3 con tallo más grueso y una delgada color morado claro, Aparece su primera espiga al 6 día		
70% Estiércol + 30% Lodo	# 6	2	176	Siguen creciendo las 2 plantas con hojas alargadas y bien formadas con filo cortante en forma de sierra, verde oscuro y tallo grueso, con raíces sobresaliente, aparece su primera espiga 5 día		
70% Estiércol + 30% Lodo+ 80 g cascarilla de Arroz	# 7	2	180	Siguen las 2 creciendo, una planta más grande con hojas alargada y anchas, bien formada, con color verde oscuro y tallo morado y grueso y la otra un poco más pequeña con hojas verde oscuro y tallo más delgado que la otra y morado, aparece su primera espiga al 6 día		
100% Lodo + 80 g cascarilla de Arroz	# 8	3	77.5	Plantas débiles, con color verde amarillento y crecimiento tardío, tallos delgados y verde amarillento.		

Tabla 15. Caracterización semana 8

Recopilación de fotos de frutos obtenidos. Imagen 29



7.2.10. Semana 9: Imagen 30



Planta # 1

Planta # 2

Planta # 3

Planta # 4



Planta # 5

Planta # 6

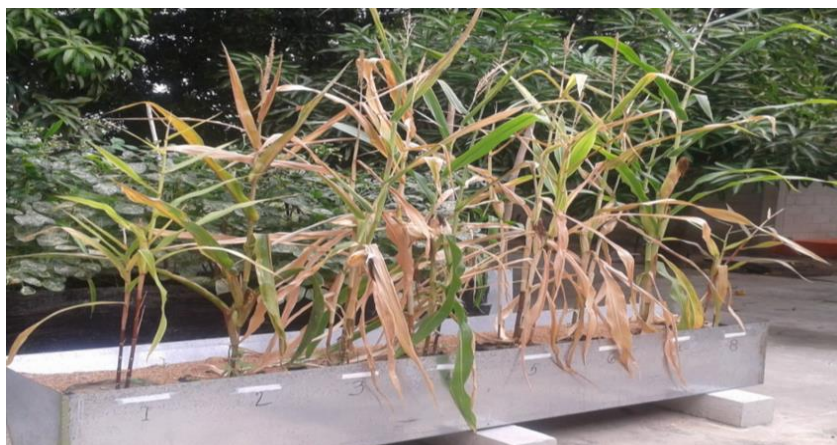
Planta # 7

Planta # 8

Fecha de siembra:		AAAA	MM	DD
		2016	04	23
<b>SEMANA 9</b>				
Proporción de Sustrato:	Planta	Numero de semillas germinadas	Altura de la planta (cm)	Características de las hojas y tallo
100% Lodo	# 1	2	120.0	Presenta la Espiga débil y no presento fruto, sus hojas se tornan amarillentas y su crecimiento no se nota mucho y no desarrollo correctamente.
50% Lodo + 50% Estiércol	# 2	1	154	Su crecimiento ya es poco, la plantas tiene espiga y mazorca, conserva el tono verde de sus hojas.
50% Lodo + 50% Estiércol + 80 g cascarilla de Arroz	# 3	3	182	Una planta tiene espiga y barba y la otra ya tiene barba y espiga, sus hojas mantienen buen filamento y el color verde es intenso, se ve sana.
70% Lodo + 30% Estiércol	# 4	3	153	Se conservan las 3 plantas, dos con espiga + mazorca y una con espiga y barba y con tallo muy delgado con inicio de fruto, se conserva sus tonos verdes de las hojas.
70% Lodo + 30% Estiércol+ 80 g cascarilla de Arroz	# 5	4	173	Se conservan 3 planticas, 2 con espiga y una con espiga y mazorca y los tonos de las hojas se conservan verdes pero son delgadas.
70% Estiércol + 30% Lodo	# 6	2	179	Hay una planta con tallo grueso y con un color rojizo y sus hojas verde oscuro y con espiga y fruto desarrollado y el otro inicio de barbas.
70% Estiércol + 30% Lodo+ 80 g cascarilla de Arroz	# 7	2	220	Una de las planta es la más alta de todas con espiga y mazorca y la otra barba e inicio de fruto.
100% Lodo + 80 g cascarilla de Arroz	# 8	3	86	Planta débil, con un color - amarillento y presentó barba y espigas muy pequeñas pero no presento fruto y tallo muy delgado

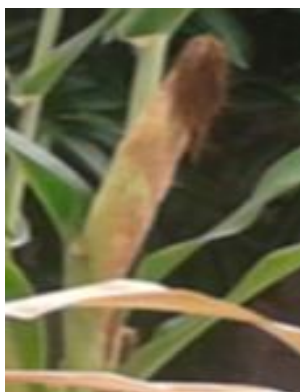
**Tabla 16. Caracterización semana 9**

#### 7.2.10. Semana 10 y 11. Imagen 31



En la semana 10 sigue sus hojas marchitándose y sus tallos deshidratándose y sus frutos a secarse y en la semana 11 continua su secado hasta tomar la decisión de cortar y recoger frutos secos, tallos y raíces para su respectivo análisis y hacer conclusiones de lo esperado.

Registro fotográfico de frutos secos. Imagen 32



Planta # 7



Planta # 2



Planta # 4

Registro fotográfico de raíces. Imagen 33



Raíz planta # 1



Raíz planta # 2



Raíz planta # 3



Raíz planta # 4



Raíz planta # 5

Raíz planta # 6

Raíz planta # 7

Raíz planta # 8

Proporción de Sustrato:	Planta	Largo de raíz cm	Diámetro de la raíz cm
100% Lodo	# 1	33	14
50% Lodo + 50% Estiércol	# 2	50	10
50% Lodo + 50% Estiércol + 80 g cascarilla de Arroz	# 3	34	17
70% Lodo + 30% Estiércol	# 4	39	25
70% Lodo + 30% Estiércol+ 80 g cascarilla de Arroz	# 5	43	21
70% Estiércol + 30% Lodo	# 6	29	28
70% Estiércol + 30% Lodo+ 80 g cascarilla de Arroz	# 7	30	22
100% Lodo + 80 g cascarilla de Arroz	# 8	41	11

**Tabla 17. Caracterización semana 10 y 11**



## 8. ANALISIS DE LAS OBSERVACIONES.

- Debido a que se desconocía el poder germinativo de la semilla se procedió a sembrar cinco por cada bolsa de sustrato como se mencionó anteriormente, logrando tener un resultado positivo de germinación de varias semillas en prueba, y a través de las observaciones del crecimiento de cada una de ellas se obtienen resultados evidentes en el desarrollo de cada planta germinada las cuales han sido de gran importancia para evaluar y concluir el tipo y las concentraciones de los sustrato experimentados que fueron favorables al crecimiento de cada una de las plántulas en desarrollo dentro del proyecto.
- A medida que iban creciendo las plantas se encontraron diferentes casos donde se observan plantas con tallos delgados verde claro, gruesos de color morado y hojas verde oscuro, medio claro y verde amarillento, otros aspectos de las hojas fueron el ancho, unas con más y otras con menos, filos cortantes, consistencia más robustas, débiles y delgadas.
- En los casos donde la planta llegó a una etapa madura y presentaban hojas verde claro y el tallo muy delgado su producción fue escasa.
- Se presentaron manchas amarillentas en algunas hojas causadas posiblemente por el clima, u otros factores.
- Se obtuvo mejor fruto en aquellas plantas de tallo grueso y morado con hojas verde oscuro y con filo cortante lo cual denota que la planta está en óptimas condiciones.
- El desarrollo de la planta se tardó en todo sus aspectos, debido a que los espacios entre plantas eran muy pequeño, debido a que se necesitan mínimo 40 cm aproximadamente de distancia entre cada planta.
- Se observó que cuando la planta le sale la espiga, dentro de los 8 días siguientes sale la barba e inicia el desarrollo del fruto.

## 9. LIMITACIONES CONFRONTADAS EN LA PRÁCTICA LABORAL:

- ✓ La mayor limitante es la inexperiencia, ya que a pesar de tener conocimientos académicos en el área de estudio, siempre es necesaria la supervisión de profesionales entrenados en la temática.
- ✓ Pese al enorme apoyo de la empresa por brindarnos los materiales e insumos requeridos en la práctica, llevó mucho tiempo la consecución del material en conjunto para empezar las labores de ejecución de las etapas, alrededor de tres meses.
- ✓ Debido al tiempo restante para concluir las actividades, se dejaron por fuera otras iniciativas para el proyecto, tales como la creación de un vivero con diversas variedades de plantaciones, la recuperación y aprovechamiento del agua resultante de la etapa de separación del lodo en los tanques de almacenamiento, entre otras.
- ✓ El clima en la época de invierno retrasó el secado al natural de los lodos, ya que había que cubrirlos en temporadas de lluvias.
- ✓ De las etapas del proyecto piloto, la que dificultó los avances fue la etapa de deshidratación de los lodos, ya que se tuvo que rediseñar el lecho de secado. El primer diseño que constaba de extender sobre el suelo una película de polímero, tardaba mucho tiempo en secarse pese a la escasa profundidad del lecho 2 o 3 centímetros aproximadamente. Se opta por fabricar un nuevo lecho de secado que consta de una canaleta en acero galvanizado, con pendiente que se llenó de grava, gravilla y arena, lo que permitió que el lodo escurriera en menor tiempo el contenido de agua todavía presente.
- ✓ Debido al cambio del lecho de secado se aumentaron los costos presupuestados al inicio del proyecto.



Imagen 34. Lecho de secado #1

Por exceso de tiempo en el secado de los lodos en este proceso, recomendado por el profesional designado por la empresa realizar cambios en la deshidratación de los lodos, por lo cual llevamos a cabo un lecho de secado con una flauta de PVC, 10 cm de grava, 7 cm de gravilla, 5 cm de arena y una malla de anejo (capa aislante cuando de recojan los lodos) con el fin de acelerar el secado de los lodos por filtración del agua, esta agua se vierte al canal de los lodos de la planta de tratamiento de acuerdo al diseño presentado en las imágenes siguientes:





Imagen 35. Lecho de secado #2

Luego se retiran los lodos y se lleva a la zona de preparación de los lodos para terminar con su etapa de secado.





Imagen 36. Lecho de secado # 2



Imagen 37. Estudiantes Bleidis Quiroz Benavides y Ángela Sierra Villamil

## **10. RECOMENDACIONES:**

- Realizar con frecuencia caracterización fisicoquímica y microbiología a los lodos.
- Aprovechar los terrenos libres para la creación de un vivero.
- Realizar también la recuperación y aprovechamiento del agua resultante de la etapa de separación del lodo.
- Uso de tanques con salida por rebose, en lugar de extracción manual del sobrenadante.

**Las hojas con aspecto amarillo pálido o verde claro en su edad joven con tallos delgados y con crecimiento lento indican deficiencia de nitrógeno.**

**Hojas de color verde claro y raíces amarillas indican deficiencia de potasio.**

**Hojas quemadas en los bordes o con necrosis al final de su edad adulta.**

**La apariencia de una raya clorótica de color verde amarillo por la base de las hojas o a cada lado de la vena central podrá ser la señal de una deficiencia de zinc, la floración y la maduración se retrasa así disminuyendo el rendimiento. Deficiencia de zinc**

## CONCLUSIONES

Gracias al apoyo del Acueducto del Parque Industrial Malambo S.A PIMSA, en conjunto con la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, se logra establecer un acuerdo para la realización de la práctica profesional dirigida, en la cual los estudiantes ponen en práctica sus conocimientos en pro de la solución de una problemática ambiental detectada dentro de la organización.

Durante la realización del proyecto se realiza la recuperación y el aprovechamiento de los lodos provenientes del sistema de tratamiento de agua potable.

Se elabora la propuesta para la recuperación y el aprovechamiento de los lodos provenientes del tratamiento de agua potable del Acueducto del Parque Industrial Malambo S.A, PIMSA; diseñando un proyecto piloto que permita evaluar las características de las plantas germinadas en diferentes medios, variando las proporciones del sustrato, es decir cantidad de lodo, cantidad de estiércol vacuno y cascarilla de arroz.

Se logra caracterizar el lodo para conocer las propiedades físicas y químicas que puedan influir en el desarrollo del proyecto piloto.

**Beneficios Ambientales:** la gran contribución al cuidado del medio ambiente, sembrando árboles y cultivando diversas especies, propiciando un ambiente sano para el ecosistema presente en los terrenos del acueducto, así como para los trabajadores y visitantes. El proyecto piloto se constituye en una importante herramienta para el desarrollo sostenible y amigable con el medio ambiente.

**Beneficios económicos:** al recuperar y hacer aprovechamiento de los lodos, la empresa puede evitar sanciones por malos manejos de los vertimientos líquidos sobre el suelo o las fuentes de agua aledañas. Las prácticas eco-eficientes minimizan los costos de producción, y disminuyen eventuales impactos al medioambiente.

**Beneficios Sociales:** Con la disminución en el uso de recursos la empresa está influyendo como ejemplo directo sobre otras empresas lo que trae como consecuencia una cadena en pro del uso de tecnologías más limpias y entre esta cadena un compromiso de mucho valor en cuanto a la reducción en el uso de recursos agotables.

Se diseñó un sistema de recuperación de lodos provenientes de las unidades de clarificación y filtración del acueducto del parque industrial de Malambo (PIMSA), aprovechando la infraestructura existente y utilizando una tecnología económica.

De acuerdo a las observaciones realizadas a las plantas en cada una de las proporciones de mezcla de los sustratos, el lodo de la planta de potabilización, se puede utilizar para el aprovechamiento y la recuperación de suelos para usos agrícolas, siempre y cuando se tenga en cuenta requerimientos como la adición de nutrientes esenciales para el crecimiento óptimo de las plantas, de ingredientes que permitan la oxigenación del suelo