	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
Dependencia	Aprobado		Pág.	
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADÉMICO</b>		<b>1(78)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	JAIRO ANDRÉS MOLINA OSSA		
FACULTAD	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA AMBIENTAL		
DIRECTOR	LUIS AUGUSTO JÁCOME GÓMEZ		
TÍTULO DE LA TESIS	DISEÑO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON MACROFITAS COMO TRATAMIENTO PARA LA DEPURACIÓN Y REDUCCIÓN DE LOS LIXIVIADOS PROVENIENTES DE LAS PISCINAS DE LIXIVIADOS DEL PARQUE TECNOLÓGICO AMBIENTAL LAS BATEAS, EN EL MUNICIPIO DE AGUACHICA, CESAR.		
<b>RESUMEN</b> (70 PALABRAS APROXIMADAMENTE)			
<p>EL DISEÑO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL COMO TRATAMIENTO PARA LA REDUCCIÓN Y DEPURACIÓN DEL LIXIVIADO MEDIANTE MACRÓFITAS, SE INVESTIGARON ESPECIES QUE CONTRIBUYERON EN LA PRUEBA PILOTO ENTRE ESTAS ESPECIES TENEMOS EL BUCHÓN DE AGUA (EICHHORNIA CRASSIPES) ES CONSIDERA TAMBIÉN UNA DE LAS MACRÓFITAS MÁS INVASORAS DEL PLANETA SE ALCANZÓ SU CONTROL Y UTILIZACIÓN ADECUADA, ESTA ESPECIE DEMOSTRÓ TOLERANCIA AL LIXIVIADO Y LOGRO DISMINUIR PARÁMETROS COMO DBO5, DQO, OXÍGENO DISUELTO, SOLIDOS SUSPENDIDOS.</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 78	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 2	CD-ROM: 1



DISEÑO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON MACROFITAS COMO TRATAMIENTO  
PARA LA DEPURACIÓN Y REDUCCIÓN DE LOS LIXIVIADOS PROVENIENTES DE  
LAS PISCINAS DE LIXIVIADOS DEL PARQUE TECNOLÓGICO AMBIENTAL LAS  
BATEAS, EN EL MUNICIPIO DE AGUACHICA, CESAR.

AUTOR:

JAIRO ANDRÉS MOLINA OSSA

Informe final, bajo la modalidad de pasantía, para Optar el título de Ingeniero Ambiental.

Director:

LUIS AUGUSTO JÁCOME GÓMEZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTADER  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
INGENIERIA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

Agosto de 2016

## **Agradecimientos**

El autor expresa sus agradecimientos al director del trabajo de grado Ingeniero LUIS AUGUSTO JÁCOME GÓMEZ, por su guía y acompañamiento en este proceso.

A todos los docentes de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, que de una u otra manera contribuyeron al logro de este objetivo.

## Índice

	Pág.
<b>Capítulo 1: Diseño de un humedal artificial con macrófitas como tratamiento para la depuración y reducción de los lixiviados provenientes de las piscinas de lixiviados del parque tecnológico ambiental las bateas, en el municipio de Aguachica, Cesar.</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción breve de la empresa y la dependencia donde se va a desempeñar.	1
1.1.1 Misión.	2
1.1.2 Visión.	2
1.1.3 Objetivos de la empresa.	3
1.1.4 Descripción de la estructura organizacional.	4
1.1.5 Descripción del proyecto asignado.	4
1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia asignada.	5
1.2.1 Planteamiento del problema.	6
1.3 Objetivos de la pasantía.	7
1.3.1 General.	7
1.3.2 Específicos.	7
1.4 Descripción de las actividades a desarrollar.	8
1.5 Cronograma de actividades	9
<b>Capítulo 2: Enfoques referenciales</b>	<b>11</b>
2.1 Enfoque conceptual.	11
2.1.1 Relleno sanitario.	11
2.1.2 Residuos Sólidos.	11
2.1.3 Lixiviado.	11
2.1.4 Humedal artificial.	12
2.1.5 Celda de seguridad.	12
2.1.6 Disposición final de los residuos sólidos	12
2.1.7 Reglamento operativo de los residuos sanitarios	12
2.2 Enfoque legal.	12
2.2.1 Constitución Política de Colombia 1991.	12
2.2.2 Política para la gestión integral de residuos 1997.	13
2.2.3 Código Nacional de los Recursos Naturales (Decreto ley 2811 de 1974).	13
2.2.4 Decreto 1713 de 2002.	13
2.2.5 Decreto 838 del 2005.	14
2.2.6 Decreto 2981 de 2013.	14
2.2.7 Resolución 1096 del 2000. Reglamento Interno del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS.	14
2.2.8 Resolución 1890 del 2011.	15
<b>Capítulo 3: Informe de cumplimiento del trabajo.</b>	<b>16</b>

3.1 Presentación de resultados.	16
3.1.1 Selección de plantas acuáticas que se adapten a la piscina de lixiviados en el parque tecnológico las bateas, para examinar su desempeño en cuanto a depuración y reducción de lixiviados en el humedal artificial.	16
3.1.2 Análisis en recipientes (canecas) donde se observara que especie es más conveniente manejar en el humedal artificial que estará localizado en la piscina de lixiviado número 2 del parque tecnológico las bateas.	19
3.1.3 Diseño del humedal artificial con la especie que se adaptaron en la prueba de tanques, para utilizarla en la piscina número 2 del parque tecnológico las bateas.	20
3.1.4 Elaborar un Informe donde demuestre la reducción y depuración de lixiviados gracias a la prueba de tanques.	22
<b>Capítulo 4: Diagnostico final</b>	<b>35</b>
<b>Capítulo 5: Conclusiones</b>	<b>36</b>
<b>Capítulo 6: Recomendaciones</b>	<b>37</b>
<b>Referencia</b>	<b>38</b>
<b>Apéndices</b>	<b>40</b>

## Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Matriz DOFA	4
Tabla 2. Descripción de actividades	8
Tabla 3. Cronograma de actividades	9

## Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Organigrama	4
Figura 2. Diseño del humedal artificial.	21

## Lista de apéndices

	Pág.
Apéndice 1. Informe de laboratorio	41
Apéndice 2. Análisis de aguas	44
Apéndice 3. Resolución de acreditación del laboratorio	47
Apéndice 4. Recuento fotográfico	48



## Resumen

Este proyecto es el resultado de la investigación aplicada de soluciones ambientales en el Parque Tecnológico Ambiental Las Bateas en sus piscinas de almacenamiento ya que existía la Probabilidad que el sistema colapsara en tiempo de precipitación, últimamente había llegado al 80 % de su capacidad sin tener precipitaciones que aumentaran el nivel del lixiviado, esta posible amenaza constituyo la realización del proyecto: Diseño de un humedal artificial como tratamiento para la reducción y depuración del lixiviado mediante macrófitas, se investigaron especies que contribuyeron en la prueba piloto entre estas especies tenemos el Buchón de Agua (*Eichhornia crassipes*) es considera también una de las macrófitas más invasoras del planeta se alcanzó su control y utilización adecuada, esta especie demostró tolerancia al lixiviado y logro disminuir parámetros como DBO5, DQO, Oxígeno Disuelto, Solidos Suspendidos; mientras que parámetros como pH aumentaron. Obtuvo un buen desempeño en cuanto a reducción y depuración del lixiviado ya que es una planta que logro absorber contaminantes por sus raíces creando una tolerancia, resistencia conseguir una evapotranspiración del lixiviado, así mismo se determinó en el laboratorio los contaminantes que disminuyo la planta mientras que especie como la lenteja de agua (*Lemna minor*) no soporto la contaminación del lixiviado y le provocó la muerte.

## Introducción

La empresa Aseo Urbano es la prestadora del servicio de recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos domiciliarios en el municipio de Aguachica, en su relleno sanitario viene adelantando acciones y gestiones ambientales con el fin que las piscinas de lixiviado no lleguen a colapsar en época de precipitaciones ya que han llegado a colmatarse hasta el 80% de su capacidad siendo este el máximo permisible.

Este trabajo se realizó con la elaboración de una prueba piloto en 3 canecas a la mitad la caneca 1 contiene el buchón de agua y lixiviado, la caneca 2 contiene la lenteja de agua y lixiviado y la caneca 3 solo contiene lixiviado las canecas cuentan con un medio granular constituido por grava de 2,5 cm. Se observó el comportamiento de las macrófitas con el lixiviado y estaban presentando cambios en las hojas y en los espolones de la planta buchón de agua, la lenteja de agua no presentaba cambios y la caneca solo con lixiviado presenta muchos vectores a medida que transcurrieron los días las planta asimilaron el lixiviado y se realizó el tratamiento de depuración y reducción del lixiviado.

La utilización de la *Eichhornia crassipes* fue muy importante puesto que demostró efectividad en los procesos de absorción y evapotranspiración del lixiviado, la cual fue significativa en la remoción de contaminantes por sus raíces disminuyendo los siguientes parámetros como: Sólidos en Suspensión, Oxígeno disuelto, DQO, DBO5, demostró que es la planta acuática flotante más idónea para el humedal artificial en el Parque Tecnológico Ambiental Las Bateas en Aguachica

Este proyecto resulto viablemente económico para depurar lixiviados en la empresa Aseo urbano S.A.S. E.S.P. Ya que esta no se realiza vertimientos en el PTALB debido que su proceso es de evaporación por los rayos del sol, la prueba piloto con el buchón de agua demostró que hace una evapotranspiración del lixiviado con más eficacia.

# **Capítulo 1. Diseño de un humedal artificial con macrófitas como tratamiento para la depuración y reducción de los lixiviados provenientes de las piscinas de lixiviados del parque tecnológico ambiental las bateas, en el municipio de Aguachica, Cesar.**

## **1.1 Descripción breve de la empresa y la dependencia donde se va a desempeñar.**

ASEO URBANO S.A.S E.S.P es una empresa privada que presta el servicio público domiciliario de Aseo y complementarios de Cúcuta, Villa del Rosario, los Patios, Aguachica y Yopal.

ASEO URBANO se encargado de mantener las ciudades limpias. Para las cuales realizan diferentes actividades como:

Barrido de calles, avenidas, parques y aéreas públicas.

Recolección domiciliaria.

Disposición final y tratamiento de los residuos sólidos urbanos en el Relleno Sanitario las Bateas.

Recolección, transporte y disposición final de los residuos generados en podas.

El relleno sanitario de Aguachica Las Bateas inicia operaciones desde el año 2007 en el mes de Agosto, este relleno está habilitado para recibir residuos urbanos no tóxicos, ni peligrosos y su diseño completa 10 hectáreas para las celdas de disposición final.

### **RAZON SOCIAL**

NOMBRE: ASEO URBANO S.A.S. E.S.P.

**1.1.3 Objetivos de la empresa.** Mejorar los márgenes de rentabilidad financiera y económica

El fomento de la responsabilidad social con los grupos de interés

Brindar a nuestros clientes servicios con oportunidad, calidad y eficiencia buscando su satisfacción

El cumplimiento de los requisitos legales en seguridad, salud ocupacional y ambiente, requisitos de otra índole vigente y aplicable a la organización

El empleo responsable, racional y técnico de los recursos naturales

La prevención de los incidentes, las lesiones personales, la enfermedad profesional y el daño a la propiedad

La reducción del impacto socio-ambiental y la prevención de la contaminación que pudiere generar nuestra operación

Fortalecer las competencias laborales de nuestro equipo humano

### 1.1.4 Descripción de la estructura organizacional.

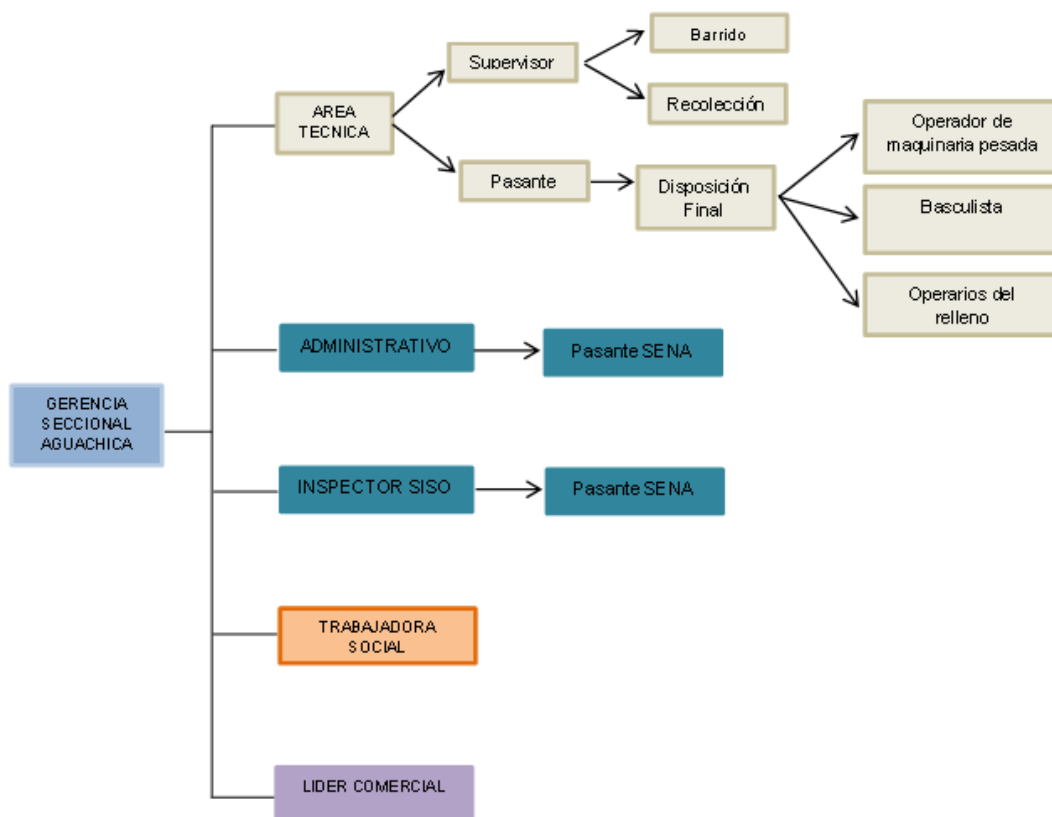


Figura 1. Organigrama

**1.1.5 Descripción del proyecto asignado.** La pasantía se llevara a cabo en el área de gestión ambiental de la empresa ASEO URBANO S.A.S E.S.P seccional Aguachica, la cual es la encargada del cumplimiento del sistema de gestión ambiental de la empresa y el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente, las funciones que se llevan a cabo en esta dependencia son: (Convención, 2015)

Apoyar y ejecutar interventoría y auditorías ambientales de los procesos e instalaciones de la empresa tales como:

Base de operaciones

Relleno sanitario

Zonas de pre tratamiento

Celdas de seguridad y zonas de biorremediación.

Apoyar en las actividades y programas del sistema de gestión de empresa

Garantizar la participación del recurso humano en los sistemas de gestión ambiental

## 1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia asignada.

En la empresa de servicios públicos de aseo urbano de Aguachica, Cesar cuenta con una dependencia de gestión ambiental el cual tiene una finalidad de atender todo lo relacionado con el ambiente y con la sociedad que pertenezca en el perímetro ambiental, contar con esta dependencia es fundamental para la operación de la empresa en cuanto a la normatividad y procesos ambientales.

### Tabla 1.

#### *Matriz DOFA*

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
Fallas en el sistema de piscina de lixiviado	Existe apoyo por parte de aseo urbano para trabajar el sistema de humedal artificial
Las piscina han llegado hasta el máximo permisible que es 80% ocupado por el lixiviado	Lograr la ejecución y puesta en marcha del humedal artificial



FORTALEZAS	AMENAZAS
Existe cooperación de los funcionarios para adelantar el trabajo con humedales artificiales.	Probabilidad que el sistema colapse en tiempo de precipitaciones ya que ha llegado al 80 % de su capacidad sin tener precipitaciones que aumenten el lixiviado
La dependencia cuenta con un Plan de Manejo Ambiental y un departamento de gestión ambiental	Contaminación de cuerpos de agua superficial y subterránea.

**Nota:** Fuente. Pasante

**1.2.1 Planteamiento del problema.** La problemática más evidente en el Parque Tecnológico Ambiental Las Bateas en la parte ambiental es la carencia de tecnología que ayude a la evaporación del lixiviado se cuenta con un control y manejo del lixiviado entre ellos tiene un caudal de entrada de 0,0567 L/s, un caudal generado de 163,9 m<sup>3</sup>/mes, caudal del recirculado 456 m<sup>3</sup>/mes, cuentan con tres piscinas de lixiviados, la primera piscina obtiene el lixiviado de un pozo por sistema de oído lo que hace es enviar el lixiviado a la piscina 1, la segunda piscina obtiene el lixiviado por medio de mangueras provenientes de la piscina 1 y la piscina 3 esto se realiza por bombeo, actualmente las piscinas están hasta el 80% que es el máximo permisible del sistema de piscina del Parque Tecnológico Ambiental Las bateas, convirtiéndose en un problema ambiental.

El PTALB cuenta con un sistema de recirculación y evaporación del lixiviado en la piscina 2 y en la piscina 1 y 3 cuenta con un sistema de aspersión y evaporación por la radiación ultravioleta del sol, debido a que el lixiviado ya alcanzo los niveles máximos permisibles de las piscinas se hace necesario llevar a cabo este proyecto de humedales artificiales con macrófitas para no seguir causando impactos negativos en los recursos naturales, ya que estos lixiviados que

no alcanzan a evaporarse traen consigo más gasto en tratamiento lo que no es bueno para la empresa es mejor invertir en humedales artificiales con macrófitas que es una tecnología viable y económica para procesos de reducción y depuración del lixiviado

### **1.3 Objetivos de la pasantía.**

**1.3.1 General.** Diseñar un humedal artificial con macrófitas como tratamiento para la depuración y reducción de los lixiviados provenientes de las piscinas de lixiviados en el parque tecnológico ambiental las bateas, en el municipio de Aguachica, cesar a cargo de la empresa aseo urbano S.A.S. E.S.P.

**1.3.2 Específicos.** Selección de plantas acuáticas que se adapten a la piscina de lixiviados en el Parque Tecnológico Ambiental las Bateas, para examinar su desempeño en cuanto a depuración y reducción de lixiviados en el humedal artificial.

Análisis en recipientes (canecas) donde se observara que especie es más conveniente manejar en el humedal artificial que estará localizado en la piscina de lixiviado número 2 del Parque Tecnológico Ambiental Las bateas.

Diseño del humedal artificial con la especie que se adaptaron en la prueba de canecas para utilizarla en la piscina número 2 del Parque Tecnológico Ambiental Las Bateas.

Elaborar un Informe donde demuestre la depuración y reducción de los lixiviados gracias al Humedal Artificial.

#### 1.4 Descripción de las actividades a desarrollar.

**Tabla 2.**

*Descripción de actividades*

<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>OBJETIVO ESPECIFICO</b>	<b>ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN LA EMPRESA</b>
	Selección de plantas acuáticas que se adapten a la piscina de lixiviados en el parque tecnológico las bateas, para examinar su desempeño en cuanto a depuración y reducción de lixiviados en el humedal artificial.	Recolectar información de las especies que afloran en el sector donde se hace la aspersión de los lixiviados.  Estudiar que especies puede contribuir a la depuración y reducción de lixiviados en el Parque Tecnológico Ambiental Las Bateas.
Diseñar un humedal artificial con plantas acuáticas como tratamiento para la depuración y reducción de los lixiviados en las piscinas de lixiviados en el parque tecnológico ambiental las bateas, en el municipio de Aguachica, cesar a cargo de la empresa servicio público, Aseo	Análisis en recipientes (canecas) donde se observara que especie es más conveniente manejar en el humedal artificial que estará localizado en la piscina de lixiviado número 2 del Parque tecnológico Ambiental Las Bateas.	Realización de Pruebas en un recipiente de 27,2 galones donde se hará el vertimiento del lixiviado de las piscinas y se establecerán las plantas acuáticas en cuanto a depuración y reducción de los lixiviados en el humedal artificial.

Tabla 2 (Continuación)

Urbano S.A.S. E.S.P	Diseño del humedal artificial con las especie que se adaptaron en la prueba de tanques, para utilizarla en la piscina número 2 del PTALB.	Diseñar el sistema a emplear incluyendo planos, estudios y especificaciones de diseño.  Infraestructura para la creación del humedal artificial introducción de especies en la piscina número 2.
	Elaborar un Informe donde demuestre la reducción y depuración de lixiviados gracias al Humedal Artificial.	Recolección de información de la cantidad de lixiviados tratados en el Humedal Artificial.

**Nota:** Fuente. Pasante

### 1.5 Cronograma de actividades

**Tabla 3.**

*Cronograma de actividades*

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES															
OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Recolectar información de las especie que afloran en el sector donde se hace las aspersion de los lixiviados																

Tabla 3. (Continuación)

Tecnológico Ambiental Las Bateas, para examinar su desempeño en cuanto a depuración y reducción del lixiviado en el humedal artificial	Estudiar que especies puede contribuir a la depuración y reducción de lixiviados en el Parque Tecnológico Ambiental Las Bateas			
Análisis en recipientes (tanques) donde se observara que especie es más conveniente manejar en el humedal artificial que estará localizado en la piscina de lixiviado número 2 del parque tecnológico las bateas	Realización de Pruebas en un recipiente de 27,2 galones donde se hará el vertimiento del lixiviado de las piscinas y se establecerán las plantas acuáticas para observar su desempeño en cuanto a depuración y reducción del lixiviado en el humedal artificial			
Diseño del humedal artificial con las especie que se adaptaron en la prueba de tanques, para utilizarla en la piscina número 2 del Parque Tecnológico Ambiental Las Bateas	Diseñar el sistema a emplear incluyendo planos, estudios y especificaciones de diseño  Infraestructura para la creación del humedal artificial, introducción de las especies en la piscina número 2.			
Elaborar un Informe donde demuestre la reducción y depuración de los lixiviados gracias al humedal artificial	Recolección de información de la cantidad de lixiviados tratados en el humedal artificial.			

**Nota:** Fuente. Pasante

## Capítulo 2. Enfoques referenciales

### 2.1 Enfoque conceptual.

**2.1.1 Relleno sanitario.** Es el lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de los residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final. (PASTRANA-PIZANO-MAYR, 2012)

**2.1.2 Residuos Sólidos.** Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final (URIBE-SUÁREZ, 2005)

**2.1.3 Lixiviado.** Líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación. (URIBE-SUAREZ, 2005)

**2.1.4 Humedal artificial.** Es una franja de la superficie terrestre que está temporal o siempre inundada, regulada por componentes climáticos y en entera interrelación con los seres vivos que la habitan en el humedal. (Convenio Ramsar, 2012)

**2.1.5 Celda.** Infraestructura ubicada en el relleno sanitario, donde se esparcen y compactan los residuos durante el día para cubrirlos totalmente al final del mismo (URIBE-SUAREZ, 2005.)

**2.1.6 Disposición final de residuos sólidos.** Es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente. (URIBE-SUÁREZ, [alcaldiabogota.gov.co](http://alcaldiabogota.gov.co), 2005)

**2.1.7 Reglamento operativo de los rellenos sanitarios.** Corresponde al compendio de requisitos, procedimientos y acciones internas de operación y funcionamiento, aplicable al personal del operador y a las personas contratantes del acceso a cada relleno sanitario. (URIBE-SUÁREZ, [alcaldiabogota.gov.co](http://alcaldiabogota.gov.co), 2005)

## **2.2 Enfoque legal.**

**2.2.1 Constitución Política de Colombia 1991.** Derechos Fundamentales, Derechos colectivos y del Ambiente. Artículo 25. Derecho a un trabajo en condiciones dignas y justas,

Artículo 79. Derecho a gozar de un ambiente sano. Artículo 80. Manejo y aprovechamiento de los recursos naturales garantizando desarrollo sostenible. (ESCOBAR, 1991)

**2.2.2 Política para la gestión integral de residuos 1997.** Gestión Integral de Residuos Sólidos: La GIRS incluye etapas jerárquicamente definidas: Reducción en el origen, aprovechamiento y valorización de materiales orgánicos e inorgánicos, tratamiento y transformación para reducir volumen y disposición final controlada. (ROSA, 1998)

**2.2.3 Código Nacional de los Recursos Naturales (Decreto ley 2811 de 1974).** En lo referente a los recursos del paisaje y de su protección el cual dicta que la comunidad tiene derecho a disfrutar de paisajes urbanos y rurales que contribuyan a su bienestar físico y espiritual

**2.2.4 Decreto 1713 de 2002.** Prestación del servicio de aseo en sus etapas de manejo: Capítulo VIII Disposición final Artículos 83 al 103: Obligatoriedad de prever la disposición final, Métodos de disposición final de residuos en el suelo, Disposición final regionalizada, Presencia de recicladores, Características básicas de sitios para disposición final, Restricciones generales para ubicación de rellenos sanitarios, Selección de sitio, Parámetros básicos de diseño, Obras complementarias para rellenos sanitarios mecanizados, Obras complementarias para Rellenos Sanitarios Manuales, Manejo y monitoreo de gases, Manejo de lixiviados, Monitoreo de la calidad hídrica, Aspectos básicos para el programa de monitoreo de la calidad hídrica, Criterios operacionales, Reglamento de rellenos sanitarios, Clausura de rellenos sanitarios, Recuperación de sitios de disposición final, Uso futuro de los sitios de disposición final,



Disposición de escombros, Responsabilidad de los impactos ocasionados por los sitios de los rellenos sanitarios (PASTRANA-PIZANO-MAYR, 2002)

**2.2.5 Decreto 838 del 2005.** Modifica el decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. Lineamientos a tener en cuenta los municipios para las consideraciones ambientales y técnicas de planeación, Construcción y operación de rellenos sanitarios. Procedimientos, Criterios, Metodología, Prohibiciones y Restricciones para la localización de Áreas para la Disposición Final de Residuos Sólidos (URIBE-SUAREZ, 2005)

**2.2.6 Decreto 2981 de 2013.** Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. Define el servicio público de aseo como "El servicio de recolección municipal de residuos principalmente sólidos. También se aplicará esta ley a las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos. Igualmente incluye, entre otras, las actividades complementarias de corte de césped y poda de árboles ubicados en las vías y áreas públicas; de lavado de estas áreas, transferencia, tratamiento y aprovechamiento. (SARMIENTO-HENAO, 2013)

**2.2.7 Resolución 1096 del 2000. Reglamento Interno del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS.** Numeral F.6. Rellenos sanitarios desde página 77 hasta la 103, aborda temas sobre características de los sitios para ubicación de rellenos sanitarios, estudios previos, parámetros de diseño, control ambiental, operación y ejecución de obras. (Posada, 27)

**2.2.9 Resolución 1890 del 2011.** Establece alternativas para la disposición final de los residuos sólidos. Determina acciones y procedimientos, dirigidos a las entidades territoriales que han utilizado para disposición final de sus residuos, celdas transitorias, estableciendo la obligatoriedad de la obtención de la licencia ambiental para las mismas. (BOTERO., 2011)

## **Capítulo 3. Informe de cumplimiento del trabajo.**

### **3.1 Presentación de resultados.**

#### **3.1.1 Selección de plantas acuáticas que se adapten a la piscina de lixiviado en el Parque Tecnológico Ambiental Las Bateas, para examinar su desempeño en cuanto a depuración y reducción de lixiviados en el humedal artificial.**

Inicialmente se realizó un análisis de las plantas que afloran en el Parque Tecnológico Ambiental Las Bateas donde se hace la aspersión del lixiviado existe una planta que brota en ese lugar debido a la pendiente que tiene del 1% se retiene el lixiviado, se le hizo una prueba a la planta para ver si resistía en un recipiente con lixiviado y la planta no sobrevivió.

Se observó los 2 reservorios y la cañada del PTALB se evidencio que por el bajo nivel de los reservorios las plantas han muerto o han quedado fuera del agua por los bajos niveles de precipitación y altas temperaturas, solo se encontró un tipo de pasto enraizado llamado vulgarmente platanaria (*Sparganium erectum*)

Se realizó un análisis de especies que se adaptaron a los altos niveles de radiación solar y alta Tasa de evapotranspiración en el humedal artificial que no son autóctonas del PTALB, las especies que se adaptaron a los contaminantes del lixiviado, alta radiación solar y temperatura son:

**Buchón de agua (*Eichhornia crassipes*).** Es una especie acuática flotante de raíces sumergida su altura puede estar entre 45 cm y 1 m en condiciones tropicales propicios para su desarrollo, esta planta es apreciada como invasora puede dejar semillas a la hora de cumplir su ciclo de vida, posee aproximadamente entre 7000-12000 semillas, solo en su fruto posee 450 semillas lo que hace que sea una planta de propagación muy rápida. (Rodríguez-Gómez-Gómez-López, 2009)

Se Estableció controles para que esta planta no llegue a humedales naturales y ríos ya que puede causar alteración por ser una especie extremadamente invasora en 21 días puede triplicar su biomasa, su propagación también se debe a las condiciones de temperatura esta especie se desarrolla a una temperatura de 25-35 °C, puede soportar temperaturas mayores pero no soporta son temperaturas menores de 10 °C, en zonas de abundante sol cuenta con un rizoma ramificado que puede llegar a 30 cm con enredaderas cortas, realiza fitorremediación en aguas contaminadas, obtiene todo lo que necesita de las propiedades del agua como: nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, amonio, nitrito, sulfato, cloro, fosfato y carbonato, en agua residuales se ha comprobado con una eficiencia de remoción de diferentes contaminantes y ha alcanzado más de 97% en metales pesados y hasta 98% en sólidos suspendidos. (Rodríguez-Gómez-Gómez-López, 2009)

Destacar que en las raíces puede tener microorganismos que favorecen la operación depuradora de esta macrófitas también puede contener en sus tejidos metales pesados como: cadmio, plomo, mercurio y arsénico. (Rodríguez-Gómez-Gómez-López, 2009)

El mecanismo de cómo actúa es a través de formaciones de complejos entre el metal pesado con los aminoácidos presentes dentro de la célula, absorción de metales a través de las raíces, esta planta actúa como biofiltro para la depuración de las aguas, también acelera la volatilización del agua por evapotranspiración, ya que sus hojas permanecen abiertas diariamente. (Rodríguez-Gómez-Gómez-López, 2009)

**Lenteja de agua (Lemma minor).** Es una macrófita flotante de color verde con hojas redondas de pequeñas raíces en la parte superior del agua se adapta idealmente a temperaturas de 15-30 °C, incluso se mantiene viva a temperaturas mayores, necesita sol para su desarrollo entre 12- 14 horas, actúa como biofiltro atrapando contaminantes por sus raíces y por la fronda. (Rodríguez-Gómez-Gómez-López, 2009)

La lenteja de agua es una especie fitorremediador por su capacidad de absorber nutrientes y contaminantes de sistemas acuáticos, Asimismo se discute su potencial como una especie conveniente para procesos de fitotoxicidad, realiza procesos de depuración en el agua en forma de biofiltro captando por sus raíces y por la fronda almacenando contaminantes ,se conoce como una de las plantas más invasora del mundo debido a su propagación rápida es vegetativa por germinación este proceso consiste en la formación de brotes en la cual puede duplicar su su biomasa en dos días. (Rodríguez-Gómez-Gómez-López, 2009)

Las características que deben tener las plantas acuáticas usadas para el tratamiento de aguas contaminadas son las siguientes: alta productividad, alta eficiencia de remoción de nutrientes y contaminantes, alta superioridad en condiciones naturales adversas y fácil cosecha.

Lemna minor cumple con todas estas características (Rodríguez-Gómez-Gómez-López, 2009)

Las macrófitas flotantes que se analizaron son: la Lemna minor y la Eichhornia crassipes, se ubicó un lugar donde se encuentra estas especies es un pueblo llamado Gamarra, este lugar cuenta con características de temperatura parecidas a Aguachica lo que ayuda a la adaptación de las especies en el Parque Tecnológico Ambiental Las Bateas donde se realizara el Humedal artificial.

Según lo investigado las especies que son aptas para el humedal artificial con macrófitas flotantes son la Lemna minor y Eichhornia crassipes, Son especies que funcionan como biofiltro en las aguas contaminadas, según el estudio que se realizó en el Parque tecnológico Ambiental Las Bateas el lixiviado tiene contaminantes como mercurio, plomo, cadmio, cromo, lo que hace que el lixiviado retrase su proceso de evaporación por los rayos del sol.

**3.1.2 Análisis en recipientes (canecas) donde se observara que especie es más conveniente manejar en el humedal artificial que estará localizado en la piscina de lixiviado número 2 del parque tecnológico las bateas.**

El análisis en recipientes (canecas) se hizo en la parte superior de la piscina 1 de lixiviado se delimito el lugar con unas estacas y cinta de seguridad, se utilizaron unas estibas como soporte de las canecas y un plástico para protección de la lluvia este plástico se recogerá cada vez que terminen que las especies reciban el sol que necesitan en su proceso de depuración y reducción

del lixiviado. Cada caneca a la mitad tiene capacidad de 27,2 galones se implantaron las especies en la caneca 1 el buchón de agua y se le vertió 14,529 galones lixiviado, en la caneca 2 la lenteja de agua fue introducida y se le vertió 14,529 galones lixiviado y en la caneca 3 solo se vertió 14,529 galones, se analizó cual logra ser más efectivo en cuanto a evaporización, evapotranspiración y en depuración si las plantas o los rayos del sol directamente en el lixiviado.

### **3.1.3 Diseño del humedal artificial con la especie que se adaptaron en la prueba de canecas, para utilizarla en la piscina número 2 del Parque Tecnológico Ambiental Las Bateas.**

El diseño del humedal artificial consiste en la disminución de la capacidad de 2046 m<sup>3</sup> de lixiviado de la piscina de almacenamiento número 2 a una capacidad de 757,5 m<sup>3</sup> (757.500 litros), debido que los humedales artificiales superficiales con macrófitas flotantes se realizan a una altura máxima de 1,5 m, la especie que se utilizara es el buchón de agua (*Eichhornia crassipes*), por cada 20 litros de lixiviado se introducirá 3 kilogramos de la planta se necesitara 113.625 Kg de *Eichhornia crassipes*, se utilizara grava de 2,5 cm como medio de soporte a una altura de 25 cm se necesitara 76.144 m<sup>3</sup> de grava.

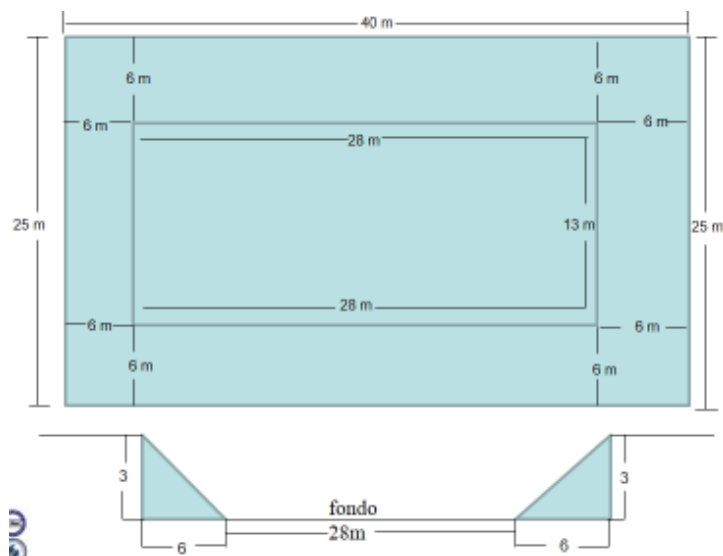
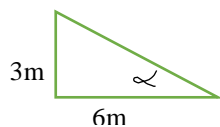


Figura 2. Diseño del humedal artificial.

Capacidad a 3 m  
 Talud relación 1v:2h  
 h= 3m



$$\tan \alpha = \frac{3}{6} = \tan \alpha \frac{3}{6} \quad \alpha = 26^{\circ} 33' 54,18''$$

Capacidad total=

$$A_s = 40 * 25 = 1000$$

$$A_I = 28 * 13 = 364$$

$$A = \frac{A_s + A_I}{2} = 682 \text{ m}^2$$

$$V_T = A * h =$$

$$V_T = 682 * 3 = 2046 \text{ m}^3$$

Capacidad a 1,5 m

$$A_s = 34 * 19 = 646$$

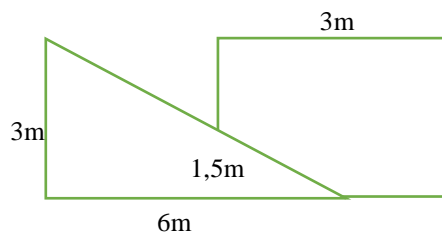
$$A_I = 28 * 13 = 364$$

$$A = \frac{A_s * h}{2} = 505 \text{ m}^2$$

$$V = A * h$$

$$V = 505 * 1,5$$

$$V = 757,5 \text{ M}^3$$





### 3.1.4 Elaborar un Informe donde demuestre la reducción y depuración de los lixiviados gracias al humedal artificial.

Informe del lixiviado tratado en la prueba en las canecas

Datos del balde con que se vertió el lixiviado son:

Se vertió dos baldes llenos de lixiviado en la caneca abierta a la mitad

Altura: 0,37 m

Radio: 0,145 m

Galones del balde: 5 galones (ficha técnica)

Volumen del balde:

Formula de volumen del cilindro

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Datos de las 3 Canecas

Datos de la caneca donde se vertió el lixiviado:

Altura: 0,88 m

Radio: 0,29 m

Galones de la caneca: 55 galones (ficha técnica)

Galones de la caneca abierta a la mitad 25.2 galones

$\Pi$ : 3,141592653

Volumen de la caneca a la mitad es:

Fórmula utilizada para hallar el volumen Total de la caneca.

$$V = \frac{\pi \cdot r^2}{2} \cdot h$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0.29\text{m})^2}{2} \cdot 0,88\text{m}$$

$$V = 0.1162 \text{ m}^3 \quad V = 30,696 \text{ galones}$$

Datos y Fórmula utilizada para hallar el volumen de la caneca 1 con el lixiviado y el buchón de agua. (Volumen real del lixiviado en la caneca)

Se utilizó 2.5 kilos de macrófitas por cada 20 litros de lixiviado.

Altura: 0,88 m

Radio: 0,20 m

$$V = \frac{\pi \cdot r^2}{2} \cdot h$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0.20\text{m})^2}{2} \cdot 0,88\text{m}$$

$$V = 0.055 \text{ m}^3 \quad V = 14,529 \text{ galones}$$

Datos utilizados para hallar el volumen de la caneca 2 con el lixiviado y la lenteja de agua.

Altura: 0,88 m

Radio: 0,20 m (fue hasta donde se llenó la caneca con el lixiviado)

Fórmula:  $V = \frac{\pi \cdot r^2}{2} \cdot h$

2

$$V = \frac{\pi \cdot (0.20\text{m})^2 \cdot 0,88\text{m}}{2}$$

$$V = 0.055 \text{ m}^3 \quad V = 14,529 \text{ galones.}$$

Datos y Fórmula utilizada para hallar el volumen de la caneca 3 con el lixiviado

Altura: 0,88 m

Radio: 0,20 m

$$V = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{2}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0.20\text{m})^2 \cdot 0,88\text{m}}{2}$$

$$V = 0.055 \text{ m}^3 \quad V = 14,529 \text{ galones.}$$

### **La primera prueba se realizó el 30-05-2016.**

Se introdujo el Buchón de agua 59 plantas, lenteja de agua 148 plantas y la caneca 3 solo con lixiviado, el lixiviado en cada caneca a la mitad es 30,697 galones, pero se les agrego 14,529 galones de lixiviado y se introdujo las especies. En la caneca 1 se introdujo el buchón de agua, en la caneca 2 se introdujo la lenteja de agua y la caneca 3 solo se vertió lixiviado:

Se observó el buchón de agua 5 días después la especie con el lixiviado estaba presentando un color morado o marrón en los espolones y las hojas estaban amarillas parecía no adaptarse al lixiviado, las plantas que presentaban estas características eran las pequeñas mientras las otras se observaban bien.

## Caneca 1 (buchón de agua)

A los 7 días de retención del lixiviado se observa una reducción del lixiviado de 0,012 m.

$$V = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{2} \quad \text{Disminución del lixiviado (r): } 0,20\text{m} - 0,012\text{m} = 0,188\text{m}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,188\text{m})^2 \cdot 0,88\text{m}}{2} = 0,0488 \text{ m}^3$$

$$V = 0,0488 \text{ m}^3 \quad V = 12,891 \text{ galones. (Volumen del lixiviado que continúa en la caneca)}$$

El lixiviado ha disminuido  $V = 14,529 \text{ g} - 12,891 \text{ g} = 1,637 \text{ galones}$

(Reducción del 11%)

## Caneca 2 (lenteja de agua)

Lenteja de agua no presenta cambio desfavorables sigue presentando su color verde normal.

La reducción del lixiviado es 0,009 m

$$V = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{2} \quad \text{Disminución del lixiviado (r): } 0,20\text{m} - 0,009\text{m} = 0,191\text{m}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,191\text{m})^2 \cdot 0,88\text{m}}{2} = 0,0504 \text{ m}^3$$

$$V = 0,0504 \text{ m}^3 \quad V = 13,314 \text{ galones. (Volumen del lixiviado que continúa en la caneca)}$$

Reducción del 8%

Caneca 3 (solo lixiviado)

Está presentando muchos vectores.

Reducción del lixiviado 0,010 m

$$V = \frac{\pi \cdot r^2}{2} \cdot h \quad \text{Disminución de lixiviado (r): } 0,20\text{m} - 0,010\text{m} = 0,190\text{m}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,190\text{m})^2}{2} \cdot 0,88\text{m} = 0,0499 \text{ m}^3$$

$$V = 0,0499 \text{ m}^3 \quad V = 13,182 \text{ galones. (Volumen de lixiviado que continua en la caneca)}$$

Reducción del 9%

**Segunda prueba se realizó el 09-05-2016.**

Esta prueba se realizó una semana después se observa que han fallecido: el buchón de agua (7 plantas muertas) quedando un total de plantas vivas (52), lenteja de agua (58 vivas)

Caneca 1 (buchón de agua)

Reducción del lixiviado 0,023 m.

$$V = \frac{\pi \cdot r^2}{2} \cdot h \quad \text{Disminución del lixiviado (r): } 0,188\text{m} - 0,023\text{m} = 0,163\text{m}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,163\text{m})^2}{2} \cdot 0,88\text{m} = 0,0336 \text{ m}^3$$

$$V = 0,0336 \text{ m}^3 \quad V = 9,695 \text{ galones. (Volumen del lixiviado que queda en la caneca)}$$

Reducción del 33%

Caneca 2 (Lenteja de agua).

Se observa que la especie está presentando cambios en sus hojas pasando del color verde a un color marrón, “como si estuviera oxidándose”.

$$V = \frac{\pi \cdot r^2}{2} \cdot h \quad \text{Disminución de lixiviado (r): } 0,191\text{m} - 0,013\text{m} = 0,178 \text{ m}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,178\text{m})^2}{2} \cdot 0,88\text{m} = 0,0437 \text{ m}^3$$

$$V = 0,0437 \text{ m}^3 \quad V = 11,544 \text{ galones. (Volumen del lixiviado que queda en la caneca)}$$

Reducción de 20%

La caneca 3 (solo lixiviado)

Reducción de 0,015m y presenta un color oscuro.

$$V = \frac{\pi \cdot r^2}{2} \cdot h \quad \text{Disminución de lixiviado (r): } 0,190\text{m} - 0,015\text{m} = 0,185 \text{ m}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,185 \text{ m})^2}{2} \cdot 0,88\text{m} = 0,0423 \text{ m}^3$$

$$V = 0,0423 \text{ m}^3 \quad V = 11,280 \text{ galones. (Volumen de lixiviado que resta en la caneca)}$$

Reducción del 20%

### **Tercera prueba se realizó el 16-05-2016.**

Esta prueba se realizó una semana después se observa que hay especies que han fallecido:

buchón de agua (19 plantas muertas) quedando un total de 40 plantas vivas, lenteja de agua todas las plantas murieron

La caneca 1(buchón de agua)

Reducción del lixiviado 0,039 m.

$$V = \frac{\pi \cdot r^2}{2} \cdot h \quad \text{Disminución de lixiviado (r): } 0,163 \text{ m} - 0,039 \text{ m} = 0,134 \text{ m}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,134\text{m})^2}{2} \cdot 0,88\text{m} = 0,0248 \text{ m}^3$$

$$V = 0,0248 \text{ m}^3 \quad V = 6,551 \text{ galones. (Volumen del lixiviado que queda en la caneca)}$$

Reducción del 54%

Caneca 2 (Lenteja de agua)

Reducción del lixiviado 0,019 m.

Muere la planta

$$V = \frac{\pi \cdot r^2}{2} \cdot h \quad \text{Disminución de lixiviado (r): } 0,178\text{m} - 0,019 \text{ m} = 0,159 \text{ m}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,159\text{m})^2}{2} \cdot 0,88\text{m} = 0,0349 \text{ m}^3$$

$$V = 0,0349 \text{ m}^3 \quad V = 9,219 \text{ galones. (Volumen del lixiviado que queda en la caneca)}$$

Reducción del 36%

La caneca 3 (solo lixiviado)

Reducción del lixiviado 0.023 m y presenta un color más oscuro que las canecas que contienen plantas.

$$V = \frac{\pi \cdot r^2}{2} \cdot h \quad \text{Disminución de lixiviado (r): } 0,185 \text{ m} - 0,023\text{m} = 0,162\text{m}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,162\text{m})^2 \cdot 0,88\text{m}}{2} = 0,0362 \text{ m}^3$$

$V = 0,0362 \text{ m}^3$   $V = 9,563$  galones. (Volumen del lixiviado que queda en la caneca)

Reducción del 34%

#### **Cuarta prueba 23-05-2016.**

Esta prueba se realizó una semana después se observa que hay especies que han fallecido: el buchón de agua 13 plantas muertas quedando un total de 36 plantas vivas, lenteja de agua 65 plantas muertas y 83 vivas.

La caneca 1(buchón de agua)

Reducción del lixiviado 0,22 m.

$$V = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{2} \quad \text{Disminución del lixiviado (r): } 0,134 \text{ m} - 0,022 \text{ m} = 0,112 \text{ m}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,112\text{m})^2 \cdot 0,88\text{m}}{2} = 0,0173 \text{ m}^3$$

$V = 0,0173 \text{ m}^3$   $V = 4,570$  galones. (Lixiviado que queda en la caneca)

Reducción del 68%

Caneca 2 (Lenteja de agua)

Reducción del lixiviado 0,010 m.

$$V = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{2} \quad \text{Disminución del lixiviado (r): } 0,159\text{m} - 0,010\text{m} = 0,149 \text{ m}$$



$$V = \frac{\pi \cdot (0,149\text{m})^2 \cdot 0,88\text{m}}{2} = 0,0306 \text{ m}^3$$

$V=0,0306 \text{ m}^3$   $V= 8,083$  galones. (Lixiviado que queda en la caneca)

Reducción del 44%

La caneca 3 (solo contiene el lixiviado)

Presenta un color más oscuro que las canecas que contienen plantas.

Reducción de 0.015 m

$$V = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{2} \quad \text{Disminución del lixiviado (r): } 0,162 \text{ m} - 0,015\text{m} = 0,147\text{m}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,147\text{m})^2 \cdot 0,88\text{m}}{2} = 0,0298 \text{ m}^3$$

$V=0,0298 \text{ m}^3$   $V= 7,872$  galones. (Lixiviado que continúa en la caneca)

Reducción del 45 %.

La caneca 1 tiene un promedio de evapotranspiración de 0,024 m equivalente al 17% en un tiempo de retención de 7 días y 0,096 m equivalente al 68% en un tiempo de retención de 30 días, reducción del 100% del lixiviado a los 48 días.

La caneca 2 tiene un promedio de evapotranspiración de 0,012 m equivalente al 11% en un tiempo de retención de 7 días y 0,051 m equivalente al 44% por mes.

La caneca 3 tiene un promedio de evaporación de 0,012 m equivalente al 11.2% en un tiempo de retención de 7 días y 0,051 m equivalente al 45% por mes.

## Segunda fase de la prueba

### Primera prueba 14-06-2016.

En esta prueba se deduce trabajar solo con buchón de agua por ser efectivo en procesos de evapotranspiración y depuración del lixiviado, se introdujo el buchón de agua en la caneca 1, mientras que en la caneca 2 solo se vertió 8,189 galones de lixiviado a cada una.

Se observó el buchón de agua 5 días después la especie estaba tolerando los contaminantes.

Total de lixiviado vertido:

$$V = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{2}$$

2

$$V = \frac{\pi \cdot (0,15\text{m})^2 \cdot 0,88\text{m}}{2} = 0,031\text{m}^3$$

2

$$V = 0,031 \text{ m}^3 \quad V = 8,189 \text{ galones. (Lixiviado que continúa en la caneca)}$$

Reducción del lixiviado en la caneca 1 con el buchón de agua.

$$V = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{2} \quad \text{Disminución del lixiviado (r): } 0,15\text{m} - 0,009\text{m} = 0,141\text{m}$$

2

$$V = \frac{\pi \cdot (0,141\text{m})^2 \cdot 0,88\text{m}}{2} = 0,027 \text{ m}^3$$

2

$$V = 0,027 \text{ m}^3 \quad V = 7,238 \text{ galones. (Lixiviado que continúa en la caneca)}$$

El lixiviado ha disminuido  $V = 8,189 \text{ g} - 7,238 \text{ g} = 0,951 \text{ galones}$

Reducción del 11.6%

Mientras que el nivel de la caneca solo con lixiviado ha bajado 0,006 m, está presentando muchos vectores.

Reducción en la caneca 2 solo con lixiviado.

$$V = \frac{\pi \cdot r^2}{2} \cdot h \quad \text{Disminución del lixiviado (r): } 0,15\text{m} - 0,006\text{m} = 0,144\text{m}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,144\text{m})^2}{2} \cdot 0,88\text{m} = 0,0122 \text{ m}^3$$

$$V = 0,0122 \text{ m}^3 \quad V = 7,555 \text{ galones. (Lixiviado que continúa en la caneca).}$$

Reducción del 8%

### **Segunda prueba 21-06-2016.**

La caneca 1 (buchón de agua)

Reducción del lixiviado 0,016 m.

Esta prueba se realizó una semana después se observa que hay 9 plantas que han fallecido.

$$V = \frac{\pi \cdot r^2}{2} \cdot h \quad \text{Disminución de lixiviado (r): } 0,141\text{m} - 0,016\text{m} = 0,125\text{m}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,125\text{m})^2}{2} \cdot 0,88\text{m} = 0,0215 \text{ m}^3$$

$$V = 0,0215 \text{ m}^3 \quad V = 5,679 \text{ galones. (Lixiviado que continúa en la caneca)}$$

Reducción del 30%

La caneca 2(solo con lixiviado)

Reducción de 0,005 m, está presentando muchos vectores.

Reducción en la caneca solo con lixiviado

$$V = \frac{\pi \cdot r^2}{2} \cdot h \quad \text{Disminución del lixiviado (r): } 0,144\text{m} - 0,005\text{cm} = 0,139\text{m}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,139\text{m})^2}{2} \cdot 0,88\text{m} = 0,0122 \text{ m}^3$$

$$V = 0,0122 \text{ m}^3 \quad V = 7,053 \text{ galones. (Lixiviado que continúa en la caneca)}$$

Reducción del 13%

### **Tercera prueba se realizó el 28-06-2016.**

La caneca 1 que contiene el buchón de agua ha reducido el lixiviado 0,018 m.

$$V = \frac{\pi \cdot r^2}{2} \cdot h \quad \text{Disminución del lixiviado (r): } 0,125\text{m} - 0,018\text{m} = 0,107\text{m}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,107\text{m})^2}{2} \cdot 0,88\text{m} = 0,0158 \text{ m}^3$$

$$V = 0,0158 \text{ m}^3 \quad V = 3,962 \text{ galones. (Volumen de lixiviado que resta en la caneca)}$$

Reducción del 51%

El nivel de la caneca 2 solo con lixiviado ha disminuido 0,014 m, está presentando muchos vectores.

$$V = \frac{\pi \cdot r^2}{2} \cdot h \quad \text{Disminución de lixiviado (r): } 0,144\text{m} - 0,014\text{cm} = 0,130\text{m}$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,130\text{m})^2 \cdot 0,88\text{m}}{2} = 0,0233 \text{ m}^3$$

2

$$V = 0,0233 \text{ m}^3 \quad V = 6,155 \text{ galones. (Volumen de lixiviado que continua en la caneca)}$$

Reducción del 24%.

**Depuración del lixiviado.** Se realizó una prueba físico-químico del agua residual (lixiviado) en el laboratorio de aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO) y en el Consorcio Constructor Ruta del Sol, se tomaron 4 muestras 2 para la UFPSO y 2 para CONSOL donde solo estaba el lixiviado en la caneca y otro donde el lixiviado estaba con la planta buchón de agua, se tomaron las 4 muestra cada una contenía 400 ml, en la UFPSO se midieron los parámetros: DBO5, DQO, Oxígeno Disuelto Y Solidos Suspendedos y en CONSOL los parámetros: PH, DBO5, DQO, Oxígeno Disuelto Y Solidos Suspendedos, Las muestras tomadas con el buchón de agua demuestra que es una planta eficiente que ha logrado disminuir parámetros en el agua residual (lixiviado) como: la DBO5 que tenía era de 986 mg/L OD disminuyéndola a 639 mg/L OD y en un mes disminuyo 660 mg/L OD a 250 mg/L OD, en cuanto a DQO disminuyo de 3967 mg/L OD a 2591 mg/L OD y en un mes disminuyo de 2016 mg/L a 427 mg/L, en Oxígeno Disuelto demuestra que los valores no cambiaron en una semana pero en un mes si cambio de 1,1 mg/L OD a 1 mg/L OD, en Solidos Suspendedos en una semana disminuyo de 347 mg/L a 275 mg/L y en un mes de 270 mg/L a 90 mg/L, el PH si aumento de 8,11 a 8,36 en una semana. A continuación se encuentra el informe de laboratorio. (Ver apéndice 1)

## Capítulo 4. Diagnostico final

En la empresa Aseo Urbano S.A.S. E.S.P se llevaron a cabo diferentes actividades. En estas actividades se hicieron unas contribuciones significativas que son de mucha utilidad para la empresa, la realización de un diseño de un humedal artificial para la depuración y reducción del lixiviado la cual fue dada a conocer a los directivos desde el comienzo del proyecto hasta el final.

Otro aporte fue la medición de contaminantes que hay en el lixiviado y cuanto logro reducir la planta *Eichhornia crassipes* a los 7 y 31 días.

También se aportó un estudio de especies acuáticas flotantes que son capaces de depurar y reducir el lixiviado por evapotranspiración.

Se contribuyó con una prueba piloto en unas canecas de 55 galones que posteriormente fueron abiertas a la mitad para servir de lugar a las macrófitas para que realizaran su proceso de depuración y reducción del lixiviado.

Se comparte una alternativa económica para tratar los contaminantes de los lixiviados también para su evapotranspiración, esta es viable para la empresa ya que ella no realiza vertimientos sino que todo su proceso es evaporación por los rayos del sol, según la prueba piloto el buchón de agua logra la evapotranspiración del lixiviado con más eficacia que la evaporación por los rayos del sol.

## Capítulo 5. Conclusiones

La utilización de la *Eichhornia crassipes* fue muy importante puesto que demostró efectividad en la absorción de contaminantes y en la evapotranspiración del lixiviado, la cual fue significativa en la remoción de contaminantes en el proceso de fitorremediación contribuyendo a disminuir los parámetros como Sólidos en suspensión, Oxígeno disuelto, DQO, DBO5.

Se deduce que es mejor utilizar el buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) solamente ya que lenteja de agua (*Lemna minor*) no soporto la carga contaminante del lixiviado

En cuanto a reducción y depuración de los lixiviados arrojo resultados eficientes para crear en un humedal artificial con macrófitas acuáticas flotantes.

Se determinó la remoción de carga contaminante que está llevando a cabo el sistema de tratamiento de depuración de la prueba piloto.

En cuanto a reducción y depuración de los lixiviados arrojo resultados eficientes para crear en un humedal artificial con macrófitas acuáticas flotantes.

## Capítulo 6. Recomendaciones

Monitorear el crecimiento de la biomasa de buchón de agua que esté de acuerdo a lo consultado en la teoría

Monitoreo permanente de la remoción de carga contaminante que se está llevando a cabo en el sistema de tratamiento a los lixiviados



## Referencia

- Aseo Urbano S.A.S-E.S.P. (2015). Rendición de cuentas Aseo Urbano S.A.S-E.S.P. Aguachica.
- BOTERO., B. E. (23 de SEPTIEMBRE de 2011). icbf.gov.co. Obtenido de [http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion\\_minambientevdt\\_1890\\_2011.htm](http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambientevdt_1890_2011.htm)
- Carrión, L. (2011). Bioensayo con macrofitas acuáticas para el tratamiento de lixiviados.
- Colombia, C. d. (2012). Constitución Política de Colombia 1991. Bogotá: Edición Cupido.
- Convenio Ramsar. (29 de noviembre de 2012). iagua.es. Obtenido de <http://www.iagua.es/blogs/carolina-miguel/los-humedales-artificiales-componentes-y-tipos>
- Díaz Acero, C. D. (2014). Tratamiento de agua residual a través de humedales. Tunja: Universidad Santo Tomás.
- ESCOBAR, J. P. (6 de noviembre de 1991). procuraduria.gov.co. Obtenido de [http://www.procuraduria.gov.co/guiamp/media/file/Macroproceso%20Disciplinario/Constitucion\\_Politica\\_de\\_Colombia.htm](http://www.procuraduria.gov.co/guiamp/media/file/Macroproceso%20Disciplinario/Constitucion_Politica_de_Colombia.htm)
- PALACIO, A. R. (9 de noviembre de 2014). Obtenido de [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1930/Zapata\\_Palacio\\_Aura\\_Raquel\\_2014.pdf?sequence=1](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1930/Zapata_Palacio_Aura_Raquel_2014.pdf?sequence=1)
- PALACIO, A. R. (2014). HUMEDALES ARTIFICIALES; UNA PROPUESTA PARA LA MITIGACIÓN DE LA. Obtenido de file:///C://Zapata\_Palacio\_Aura\_Raquel\_2014.pdf
- PASTRANA-PIZANO-MAYR. (6 de agosto de 2002). Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5542>
- PASTRANA-PIZANO-MAYR. (2012). Decreto 1713 (06, Agosto, 2002).
- Pedraza, G. (1999). Implementación y evaluación de un sistema de descontaminación de aguas servidas con plantas acuáticas. Bogotá: Universidad Javeriana-CIPAVIMCA.
- Posada, C. C. (2009 de NOVIEMBRE de 27). Carlos Costa Posada. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38487>
- R., C. (2002). Química . séptima edición. McGraw-Hill Interamericana.
- Rodríguez-Gómez-Gómez-López. (25 de mayo de 2009). Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222010000100005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222010000100005&script=sci_arttext)

ROLDÁN, G. (1992). Fundamentos de limnología tropical. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

ROSA, E. V. (1 de Julio de 1998). minambiente.gov.co. Obtenido de [https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Polit%C3%ACcas\\_de\\_la\\_Direcci%C3%B3n/Pol%C3%ADtica\\_para\\_la\\_gesti%C3%B3n\\_integral\\_de\\_\\_1.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Polit%C3%ACcas_de_la_Direcci%C3%B3n/Pol%C3%ADtica_para_la_gesti%C3%B3n_integral_de__1.pdf)

SARMIENTO-HENAO. (12 de NOVIEMBRE de 2013). minvivienda.gov.co. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/DecretosAgua/2981%20-%202013.pdf>

URIBE-SUAREZ. (23 de marzo de 2005.). Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=16123>

URIBE-SUAREZ. ( 23 de marzo de 2005). Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=16123>

URIBE-SUAREZ. (23 de MARZO de 2005). Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=16123>

URIBE-SUÁREZ. (23 Bogotá, D. C., a de marzo de de marzo de 2005). alcaldia de bogota. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=16123>

URIBE-SUÁREZ. (23 de MARZO de 2005). alcaldiabogota.gov.co. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=16123>

URIBE-SUÁREZ. (23 de marzo de 2005). alcaldiabogota.gov.co. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=16123>

## **Apéndices**

## Apéndice 1. Informe de laboratorio



## LABORATORIO DE AGUAS

## RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Residual.

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual

**LUGAR DE MUESTREO:** Relleno Sanitario Lixiviado **PUNTO:** punto 1

**TOMADA POR:** Jairo Molina **HORA:** 18:00 Hrs

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 06 de julio de 2016

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 07 de julio de 2016 **HORA:** 08:00 Hrs

**ANALISIS SOLICITADOS:** OD, DCO, DBO<sub>5</sub>, Sólidos suspendidos.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 1
DCO	mg/L	2016
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	1,1
DBO <sub>5</sub>	mg/L	660
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	270

**MSc. Diana M. Valdes S.**  
Coord. Laboratorio de Aguas.



Via Acobure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
Línea gratuita nacional 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
info@ufpsaedu.co - www.ufpsaedu.co



**Universidad**  
Francisco de Paula Santander

Ocaña - Colombia

MIT. 800 103.130 - 0

**LABORATORIO DE AGUAS**  
**RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS**

**MATRIZ DE LA MUESTRA:** Agua Residual.

**TIPO DE MUESTRA:** Puntual

**LUGAR DE MUESTREO:** Relleno Sanitario Buchón de Agua PUNTO: punto 2

**TOMADA POR:** Jairo Molina **HORA:** 17:00 Hrs

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 06 de julio de 2016

**FECHA ENTREGA LABORATORIO AGUAS:** 07 de julio de 2016 **HORA:** 08:00 Hrs

**ANALISIS SOLICITADOS:** OD, DQO, DBO<sub>5</sub>, Sólidos suspendidos.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR PUNTO 2
DQO	mg/L	427
OXIGENO DISUELTO	mg/L OD	1,0
DBO <sub>5</sub>	mg/L	250
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	90

**MSc. Diana M. Valdes S.**  
**Coord. Laboratorio de Aguas.**



Via Acolure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co

Muestra: Lixiviado.

Tipo de muestra: Puntual

Tipo de análisis: Fisicoquímico

Lugar de muestreo: Parque Tecnológico Ambiental Las Bateas

Punto: Caneca con lixiviado PTALB – Caneca con buchón de agua y lixiviado

Fecha toma de muestra: 14 de julio de 2016

Hora: 7:00 am

Fecha entrega laboratorio: 14 de julio de 2016

Hora: 9:00 am


Estado de entrega: Refrigerado en cava

Análisis solicitados: PH, Temperatura, OD, DQO, DBO5, Sólidos suspendidos.

Tiempo de retención: 7 días

<b>RESULTADO DE ANALISIS DE LABORATORIO DE CONSOL</b>					
<b>Lixiviado</b>			<b>Lixiviado con buchón de agua</b>		
Parámetros	Unidades	valor	Parámetros	Unidades	valor
PH		8,11	PH		8,36
DQO	mg/L OD	3967	DQO	mg/L OD	2591
Oxígeno Disuelto	mg/L OD	0,9	Oxígeno Disuelto	mg/L OD	0,9
DBO5	mg/L	986	DBO5	mg/L	639
Solidos Suspendidos	mg/L	347	Solidos Suspendidos	mg/L	275

## Apéndice 2. Análisis de aguas

 <b>LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUAS</b>	<b>FPD-002</b> <i>Versión 1</i> <i>Mayo de 2014</i>
	<b>MEMORIA TÉCNICA</b>
<b>Informe No: 16 – 040</b>	




**TABLA No.2: COMPARACIÓN CON EL DECRETO 4741 DE 2005  
DE LA PISCINA No. 1 DE LIXIVIADO (2015/12/04)**

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR	NIVEL MÁXIMO PERMISIBLE (Decreto 4741 de 2005)
pH	—	7,96	N.A
Temperatura	°C	35,4	N.A
Oxígeno disuelto	mg/L	0,5	N.A
DBO5, Demanda biológica oxígeno Total	mg O <sub>2</sub> /L	1941	N.A
DQO, Demanda química oxígeno Total	mg O <sub>2</sub> /L	3355	N.A
SST, Sólidos suspendidos totales	mg SST/L	252	N.A
Mercurio*	mg Hg/L	0,0008	0,2
Plomo*	mg Pb/L	0,011	5
Cadmio*	mg Cd/L	<0,002	1
Cromo*	mg Cr/L	0,1670	5

**N.A: No Aplica.**

**ACUATEST S.A.S.**  
 Cra. 25 N° 67 - 104 Teléfono: +57 (6) 887 0402 Fax 887 7122 Celular: 321 876 8181  
 Email: acuatest@iqasa.com - jefeacuatest@iqasa.com  
 Manizales - Caldas - Colombia

 <b>LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUAS</b>	<b>FPD-002</b> <i>Versión 1</i> <i>Mayo de 2014</i>
	<b>MEMORIA TÉCNICA</b>
<b>Informe No: 16 - 040</b>	



**TABLA No.4: COMPARACIÓN CON EL DECRETO 4741 DE 2005  
DE LA PISCINA No. 3 DE LIXIVIADO (2015/12/04)**


PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR	NIVEL MÁXIMO PERMISIBLE (Decreto 4741 de 2005)
pH	---	8,45	N.A
Temperatura	°C	35,7	N.A
Oxígeno disuelto	mg/L	1,01	N.A
DBO5. Demanda biológica oxígeno Total	mg O <sub>2</sub> /L	1491	N.A
DQO. Demanda química oxígeno Total	mg O <sub>2</sub> /L	3760	N.A
SST. Sólidos suspendidos totales	mg SST/L	113	N.A
Mercurio <sup>a</sup>	mg Hg/L	0,0008	0,2
Plomo <sup>a</sup>	mg Pb/L	0,012	5
Cadmio <sup>a</sup>	mg Cd/L	<0,002	1
Cromo <sup>a</sup>	mg Cr/L	0,2350	5

N.A: No Aplica.

**ACUATEST S.A.S.**  
 Cra. 25 N° 67 - 104 Teléfono: +57 (6) 887 0402 Fax: 887 7122 Celular: 321 676 8181  
 Email: [acuatest@iqasa.com](mailto:acuatest@iqasa.com) - [jefeacuatest@iqasa.com](mailto:jefeacuatest@iqasa.com)  
 Manizales - Caldas - Colombia

Análisis de laboratorio de la piscina N° 3 de lixiviado



 <b>ACUATEST</b> <small>Laboratorio de Análisis de Aguas</small>	<b>LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUAS</b>	<b>FPD-002</b> <i>Versión 1</i> <i>Mayo de 2014</i>
<b>MEMORIA TÉCNICA</b>		<i>Página 22 de 26</i>
<b>Informe No:</b>		<b>16 – 040</b>



### **REGISTRO FOTOGRÁFICO**

**PISCINA DE LIXIVIADOS 1**



**PISCINA DE LIXIVIADOS 2**



### **ACUATEST S.A.S.**

Cra. 25 N° 67 - 104 Teléfono: +57 (6) 887 0402 Fax: 887 7122 Celular: 321 676 8181  
Email: [acuatest@iqasa.com](mailto:acuatest@iqasa.com) - [jefeacuatest@iqasa.com](mailto:jefeacuatest@iqasa.com)  
Manizales - Caldas - Colombia

Fotografía de toma de muestra del lixiviado

## Apéndice 3. Resolución de acreditación del laboratorio

2312 -9 SEP 2014

-- RESOLUCION No. 2312 -9 SEP 2014

Por la cual se otorga la extensión y renovación de la acreditación a la sociedad ACUATEST S.A.S., para producir información cuantitativa física y química, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes.

EL DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES- IDEAM

En uso de sus facultades legales y en especial las conferidas por el artículo 5 del Decreto 1500 de 1994, el numeral 5 del artículo 5 del Decreto 291 de 2004, la Resolución N° 176 del 31 de octubre de 2003 proferida por el Director General del IDEAM,

CONSIDERANDO:

Que mediante Resolución No. 1936 del 20 de abril de 2011, (folios 13 y 14), el IDEAM otorgó la renovación y extensión de la acreditación para producir información cuantitativa física y química, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, a la sociedad ACUATEST S.A., identificada con NIT. 900.062.000-8 con domicilio en el Refugio Sanitario La Esmeralda Km. 2 1/2, Reina de la ciudad de Manizales, Departamento de Caldas, para las siguientes variables, bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración", versión 2005:

1. Demanda Química de Oxígeno; Reflujo oxidado y Colorimétrico, SM 5220 D
2. Demanda Bioquímica de Oxígeno: Incubación a 5 días y Electrodo de membrana, SM 5210 B, SM 4500-O-G
3. Sólidos Suspendedos Totales: Gravimétrico - Secado a 103 - 105°C, SM 2540 D
4. Sólidos Disueltos Totales: Cálculo a partir de sólidos totales y sólidos suspendidos totales
5. Sólidos Totales: Gravimétrico - Secado a 103 - 105°C, SM 2540 B
6. pH: Electrodo, SM 4580-H-B
7. Dureza Total: Volumétrico con EDTA, SM 2340 C
8. Conductividad Eléctrica: Electrodo, SM 2510 B

Que la acreditación se otorgó por un periodo de tres (3) años contados a partir de la notificación de la Resolución No. 1936 del 20 de abril de 2011, hecho que ocurrió el día 17 de mayo de 2011, estableciéndose como periodo de vigencia de la acreditación del 17 de mayo de 2011 al 17 de mayo de 2014.

Que mediante documento de Cámara de Comercio entregado al equipo evaluador el día 18 de mayo de 2014, la sociedad ACUATEST S.A., cambió el nombre a ACUATEST S.A.S., con domicilio en la Carrera 25 N° 87-101, Barrio Palermo, de la ciudad de Manizales, Departamento de Caldas. (Folios 352 a 354).

Que mediante escrito con radicado N° 20131060108902 de 02 de septiembre de 2013, la sociedad ACUATEST S.A.S., solicitó al IDEAM la visita de evaluación para la renovación y extensión de la acreditación. (Folios 356 a 356).

Que la Resolución No. 0019 del 10 de enero de 2014, en su artículo 1, estableció: "Extender la vigencia de la acreditación por un término de ocho (8) meses, a los laboratorios que se encuentren acreditados y que hayan solicitado la visita de auditoría para la renovación de la acreditación mediante el término establecido en el artículo 1 de la resolución 1754 de 15 de octubre de 2009".

Que ajustándose al procedimiento normativo de Resolución No. 0019 de 10 de enero de 2014, la acreditación de la sociedad ACUATEST S.A.S., mantendrá su vigencia desde el día 17 de mayo de 2014 hasta el día 17 de enero de 2015.

Apéndice 4. Recuento fotográfico

**El buchón de agua en el Río Magdalena.**



Fuente. Pasante

**Lenteja de agua**



Fuente. Pasante

**Planta que brota en el PTALB en el sector de aspersión**



Fuente. Pasante

**Caneca donde se verterá el lixiviado y las especies**



Fuente. Pasante

### Instalación de canecas para la prueba de tanques



Fuente. Pasante

### Instalación de las canecas



Fuente. Pasante

### Instalación de canecas



Fuente. Pasante

### Sacando el lixiviado de la piscina.



Fuente. Pasante

### Llenado de las canecas



Fuente. Pasante

### Recipiente con el que se obtuvo el lixiviado de la piscina



Fuente. Pasante

**Buchón de agua antes de implantar en la caneca del lixiviado**



Fuente. Pasante

**Buchón de agua con lixiviado en la caneca**



Fuente. Pasante



### **Buchón de agua con lixiviado en la caneca**



Fuente. Pasante

### **Buchón de agua con lixiviado en la caneca**



Fuente. Pasante

**Introducción Lenteja de agua en la caneca con lixiviado**



Fuente. Pasante

**Lenteja de agua**



Fuente. Pasante

**Tres canecas llenas con lixiviado y las dos especies.**



Fuente. Pasante

**Caneca solo con lixiviado**



Fuente. Pasante



**Pozo de lixiviado N° 2**

Fuente. Pasante

**Piscina N°2**

Fuente. Pasante

**Buchones muertos**



Fuente. Pasante

**Buchones muertos**



Fuente. Pasante

## Reservorio



Fuente. Pasante

## Prueba de adaptación



Fuente. Pasante

**Cambio de color de los espolones**



Fuente. Pasante

**Cambio de color de los espolones**



Fuente. Pasante



## Muestras de las canecas



Fuente. Pasante

**Pruebas de laboratorio**



Fuente. Pasante

**Pruebas de laboratorio**



Fuente. Pasante

**Muerte de la planta**



Fuente. Pasante

**Muerte de la planta**



Fuente. Pasante

## Muerte de la planta



Fuente. Pasante