

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.2 00
		Página	1 de 83

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICO AMBIENTAL PARA EL
DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE COMPOSTAJE PARA EL
APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGANICOS EN EL
PARQUE TECNOLOGICO AMBIENTAL GUAYABAL**

Autor

KELLY YESENIA BOHORQUEZ RUEDA

**PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL, AMBIENTAL Y QUIMICA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS**



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA

2015

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	2 de 83

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICO AMBIENTAL PARA EL
DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE COMPOSTAJE PARA EL
APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGANICOS EN EL
PARQUE TECNOLOGICO AMBIENTAL GUAYABAL**

Autor

KELLY YESENIA BOHORQUEZ RUEDA

1094270210

Director

CARLOS AUGUSTO CASTELLANOS AREVALO

Ingeniero Ambiental

**PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL, AMBIENTAL Y QUIMICA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS**



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA

2015



Propuesta trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Ambiental

Código

1.1 00

Página

3 de 83

*A mis padres y hermanos,
Quienes han sido mi mayor motivación*

*A Nelson Torres,
Por brindarme su apoyo emocional en este recorrido*

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	4 de 83

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por la oportunidad que me ha dado de vivir, por haberme guiado y acompañado a lo largo de mi vida, por haberme ofrecido la fortaleza para seguir adelante en aquellos momentos de debilidad, por brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres, Javier y Jaqueline por el amor y la confianza que me han brindado para emprender este camino, por el esfuerzo que han realizado para poder brindarme una excelente educación, por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado. Son mi mayor ejemplo a seguir.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida porque han llenado mi existencia de grandes momentos que hemos vivido.

A Nelson, por apoyarme en las buenas y en las malas, por ser parte significativa de mi vida, por aguantarme y por siempre buscar la manera de tenerme de buenas, por soportar mis ratos de histeria sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

A mis amigos por confiar y creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidare.

Le agradezco la dedicación de tiempo a mis profesores y enseñanzas especialmente al profesor Carlos Castellanos quien me ha guiado en esta última etapa.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	5 de 83

Gracias a la empresa Aseo Urbano, especialmente al ingeniero Andrey Bohorquez y todo su equipo de gestión ambiental por todo el apoyo y facilidades que me fueron otorgadas y por la oportunidad de crecer profesionalmente y aprender cosas nuevas.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	6 de 83

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción	11
2.	Justificación	13
3.	Objetivos	15
3.1	Objetivo General	15
3.2	Objetivos Específicos	15
4.	Marco Teórico	16
4.1	Antecedentes	16
4.1.1	Antecedentes internacionales	16
4.1.2	Antecedentes Nacionales	19
4.1.5	Aseo Urbano S.A.S. E.S.P	23
4.2	Marco Conceptual	27
4.3	Marco Legal	32
5.	Metodología Propuesta	36
6.	Resultados	37
6.1	Identificación y propuesta de ruta, frecuencias y horarios para la recolección de los residuos orgánicos	37
6.2	Evaluación de impactos ambientales de la planta piloto de compostaje	40
6.3	Diseño de infraestructura de la planta piloto de compostaje	64
6.4	Guía de operación de la planta piloto de compostaje	71
6.5	Registro legal ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	73
6.5.1	Registro como productor	74
6.5.2	Registro de venta	76
7.	Conclusiones	78
8.	Recomendaciones	79

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	7 de 83

9. Referencias.....	80
10. Bibliografía	82

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	8 de 83

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Mapa normativo para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia.....	32
Tabla 2 Programas de Manejo Ambiental para la planta piloto de compostaje.....	46
Tabla 3 Ficha PRN-1 programa y manejo de contaminación atmosférica y olores ofensivos	47
Tabla 4 Ficha PRN-2 programa de manejo paisajístico y compensación forestal.....	50
Tabla 5 Ficha PO-1 programa de manejo de lixiviados.....	52
Tabla 6. Ficha PGS-1 programa de gestión social.....	54
Tabla 7 Estructura del plan se seguimiento y monitoreo de la planta piloto de compostaje.	55
Tabla 8. Ficha SMA-1 seguimiento y monitoreo de calidad de aguas lluvias y subterráneas.....	57
Tabla 9 Parámetro de monitoreo y frecuencia de medición del monitoreo del primer semestre..	57
Tabla 10. Ficha SMA-2 seguimiento y monitoreo de abono líquido.....	59
Tabla 11 Parámetro de monitoreo y frecuencia de medición del monitoreo del primer semestre.	59
Tabla 12. Ficha SMAR-1 Seguimiento y Monitoreo de la Calidad del Aire.....	61
Tabla 13 parámetro de monitoreo y frecuencia de medición de PM10 y PST	61
Tabla 14 Parámetros de monitoreo y frecuencia de medición de olores ofensivos	62
Tabla 15. Ficha SMCV-1 seguimiento y monitoreo de la compensación Ambiental y Restauración de la Cobertura Vegetal.....	63
Tabla 16 Parámetros óptimos de humedad	72
Tabla 17 Parámetros del compostaje	73

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	9 de 83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Planta de compostaje de ingenio del Cauca Incauca S.A.....	19
Figura 2 Localización geográfica del municipio de Cúcuta.	22

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	10 de 83

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1 Ruta de recolección de residuos sólidos orgánicos.....	39
Imagen 2 Diseño de la planta piloto de compostaje	68
Imagen 3 Visualización de tubería vertical.....	69
Imagen 4 Visualización de las pilas de compost.....	70
Imagen 5 Visualización de la planta	70

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	11 de 83

1. Introducción

Los residuos sólidos debido a inadecuada manipulación y disposición, al incremento de la población, a sus hábitos de consumo y procesos de transformación han ocasionados impactos ambientales negativos en los componentes paisajístico y agua principalmente.

Hoy en día se han buscado alternativas que den soluciones a este problema, implementando la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS), de la cual hace parte una integralidad de procesos en los que intervienen: separación en la fuente, recolección selectiva, transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final. A partir de implementar la GIRS se han buscado diferentes usos que sean de beneficios para el entorno, como es el proceso de compostaje para la transformación de los residuos sólidos orgánicos.

La Empresa ASEO URBANO S.A.S E.S.P, en la actualidad presta el servicio de disposición final a 19 municipios del departamento, en Cúcuta, los Patios y Villa del Rosario se presta el servicio de barrido de calles, poda del césped de las zonas verdes del casco urbano, recolección de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos domiciliarios y disposición final de estos residuos en el Parque Tecnológico Ambiental Guayabal (PTAG), los cuales basados en informes realizados por la organización en el 2014 se dispusieron un total de 301.678 Ton y en el transcurso del año 2015 se han dispuesto 208.622 Ton.

Basados en el informe de caracterización de los residuos sólidos ordinarios del PTAG del 2015 en el cual se concluyó que el 70% de los residuos a depositar son de características orgánicas, la empresa ASEO URBANO S.A.S. E.S.P en cumplimiento con su responsabilidad

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	12 de 83

ambiental tiene como objetivo diseñar una planta piloto de residuos orgánicos con el fin de aprovechar los residuos de estas características mediante procesos de compostaje, el cual se define como descomposición de residuos orgánicos por la acción microbiana, cambiando la estructura molecular de los mismos.

Lo que se pretende conseguir de la planta piloto es poder implementar tecnologías adecuadas al tratamiento de los residuos orgánicos considerando los planes de gestión ambiental y de esta manera aumentar la vida útil del PTAG.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	13 de 83

2. Justificación

“La composición física de los residuos sólidos urbanos en nuestro país está constituida en más del 50% por residuos orgánicos” **Jaramillo y Zapata (2008, p.23)**, basados en esta estadística, el aprovechamiento de este tipo de residuos disminuiría la presión sobre el ambiente ocasionada por las actividades antrópicas.

Debido a la cantidad de residuos sólidos orgánicos generados en Cúcuta y en los demás municipios que depositan sus residuos en el PTAG y apuntando a una eficiente gestión integral de residuos sólidos desde la presentación hasta la disposición final, se propone diseñar una planta piloto (escala reducida) con el fin de obtener información sobre el proceso que permita determinar si el proceso es técnica y económicamente viable y así establecer los parámetros de operación óptimos para el aprovechamiento de los residuos orgánicos que generen una sostenibilidad ambiental a partir de una relación costo-beneficio óptimo.

Este aprovechamiento conduce de manera directa a la disminución de impactos ambientales y sociales generados, en especial, en el componente de disposición final, el cual forma parte de la gestión ambiental y la sostenibilidad ambiental las cuales son pilares fundamentales dentro de la organización.

Existen diversos métodos para el tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, sin embargo, en el presente trabajo se busca diseñar una planta de compostaje debido a que las condiciones climáticas son favorables para el proceso del tratamiento, además se cuenta con la infraestructura requerida y las herramientas necesarias, también el factor costo es

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	14 de 83

importante ya que la inversión que se generan son pocos y por el contrario más adelante se pudiera comercializar el producto generado en el tratamiento.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	15 de 83

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Diseñar una planta piloto de compostaje para el aprovechamiento de residuos orgánicos en el Parque Tecnológico Ambiental Guayabal de Cúcuta, Norte de Santander.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar y proponer las rutas, frecuencias y horarios para la recolección de los residuos orgánicos
- Realizar una evaluación de impactos ambientales en las etapas de construcción y operación de la planta de compostaje.
- Presentar el diseño de infraestructura interior y exterior de la planta piloto de Compostaje
- Crear un guía para la operación de la planta de compostaje.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	16 de 83

4. Marco Teórico

4.1 Antecedentes

4.1.1 Antecedentes internacionales.

En Madrid – España, en 1997, se crea la ley 11 que obliga a recuperar y a realizar la separación en la fuente. De esta manera la población retoma los modelos europeos en materia de reciclaje e inicia entrega selectiva. “Una vez se ha recolectado la basura, previamente clasificada por los residentes se lleva a una de las dos plantas de tratamiento; una de estas aprovecha la combustión de los residuos orgánicos para producir energía. Los residuos que no se reciclan se disponen al relleno sanitario. La mayoría de los residuos que entran al relleno pasan a una planta de trituración donde se reduce el tamaño y se recupera el material ferro magnético. Cabe anotar que en Madrid realizan aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos compostando y produciendo energía (Departamento de residuos sólidos, 2008).

En Bolivia, Se plantean estudios de alternativas viables para solucionar el problema que ocasionan los residuos sólidos, tales como: Reducción de volumen por trituración, incineración y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos, tomando como modelos algunos métodos desarrollados en otros países sobre el aprovechamiento de materiales orgánicos para compost y lombricultivo, han iniciado en la última década con éste tipo de tratamientos. Al igual que todas las comunidades a nivel mundial, Bolivia plantea involucrar a los ciudadanos en este proceso, hacer una buena clasificación y separación de residuos desde su origen domiciliario,

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	17 de 83

ubicarlos en recipientes específicos para estos y desarrollar programas educativos con el fin de que la población participe en el proceso, divulgación de normas ambientales, que propenden a proteger el ambiente y a desarrollar una mejor calidad de vida. También Bolivia tiene sus propias experiencias en compostaje, las cuales se realizan a partir de la educación a la población respecto a la necesidad de realizar la separación de los residuos en sus hogares, acompañado esto de la producción del compost que es repartido entre las familias que hacen parte del programa y la otra parte es comercializada (Jaramillo y Zapata, 2008, p.47).

Ciudad de rosario – Argentina en el marco de la política de reducción de los volúmenes de residuos que llegan al relleno sanitario y del aprovechamiento de los residuos reutilizables, la Secretaría de servicios Públicos municipal a través de la Dirección General de Política Ambiental, puso en marcha un importante proyecto relacionado con la utilización de residuos verdes. Este proyecto es asistido por la Cooperación Técnica Argentino-Alemana a través de un convenio específico en la Gestión Integral de Residuos Sólidos firmado entre la municipalidad de Rosario y la Agencia Alemana GTZ. El proyecto en cuestión se denomina Proyecto Residuos Rosario.

Utilizando como materias primas las ramas producto de las podas, hojas y césped provenientes de la limpieza y mantenimiento de los jardines particulares, así como el desmalezado de terreno, y a través de un procedimiento totalmente natural, se genera un abono orgánico vegetal.

Dentro de los objetivos asociados e igualmente importantes se encuentran la producción de compost para el abastecimiento del mismo a la Dirección general de Parques y Paseos que

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	18 de 83

hasta el momento debía comprarlo y la posibilidad de realizar visitas escolares y de otras instituciones vinculadas al medio ambiente que permitan tomar conciencia sobre la necesidad de reciclar y reutilizar los residuos orgánicos domiciliarios.

Para obtener el mejorador de suelos se construyó una planta piloto de elaboración de compost que se encuentra ubicada en el predio del relleno sanitario Gallegos. Esta ubicación ha permitido continuar centralizando la disposición de los residuos en un solo lugar, además de aprovechar la infraestructura existente. (Jaramillo y Zapata, 2008, p.48)

Cuenca - Ecuador, en el 2012 la alcaldía de cuenca tiene como objetivo el aprovechamiento del material separado y recolectado en los seis (6) mercados de la ciudad, así como los residuos generados del mantenimiento de las áreas verdes públicas para trasladarlos a la planta de compostaje, ubicada en la parroquia El valle.

En el 2012 se recolecto aproximadamente 3000 toneladas de desechos provenientes de los mercados de cuenca. Cada día, la empresa recolecta seis (6) toneladas de material orgánico de los centros abastos, que son sometidas a un largo proceso técnico para conseguir compost y humus que sirven para el mantenimiento de parques y jardines. Cada año se genera 234.711 toneladas de compost y 88.948 toneladas de humus para la venta.

La Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC EP), a través del programa de compostaje comunitario, entrega el material orgánico separado y recolectado de los mercados a 12 familias de la parroquia Santa Ama, lo cual favorece directamente a la economía de las familias. Así también, se beneficia el suelo de la zona ya que la mayor cantidad del compost y

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	19 de 83

humus producido se aplica en los suelos cultivables para mejorar las cosechas, un pequeño porcentaje es vendido lo que favorece directamente a las familias que se dedican a la actividad. Las familias reciben anualmente 100 toneladas de material orgánico proveniente de los seis mercados de la ciudad, para elaborar compost. (Planta de compostaje-EMAC, 2013)

4.1.2 Antecedentes Nacionales

Ingenio del Cauca Incauca S.A., planta de compostaje el Hortigal. Es el proyecto más grande en Colombia y quizá América Latina, donde en 13,5 hectáreas se desarrolla la planta de compostaje más moderna y con los mayores estándares de calidad en nuestro país. En esta planta se procesan 300 toneladas diarias de residuos de material vegetal (caña de azúcar), y 200 toneladas de vinazas. (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) (Ingenio del cauca Incauca S.A., 2013)

Figura 1 Planta de compostaje de ingenio del Cauca Incauca S.A.



Fuente. www.ingas.com.co

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	20 de 83

Ingenio providencia S.A. la planta de compostaje industrial, procesa los residuos orgánicos generados en la producción de azúcar y etanol: cachaza, ceniza, bagazo, hojas y vinaza concentrada y los transforma en un producto estable e higienizado, aplicable en la agricultura como abono orgánico con un 30% de humedad o como mejorador de suelo. La planta de compostaje de Ingenio Providencia S.A., tiene capacidad para procesar cada día 420 toneladas de residuos y 200 toneladas de vinaza, con lo que produce 150 toneladas de compost al día. Este producto sale con 1% de nitrógeno, 2% potasio y 1.5% fosforo. (Ingenio providencia S.A., 2015)

Ingenio Mayaguez. El compost es una abono orgánico, resultante de la mezcla de los subproductos de la molienda de caña y la producción de etanol (vinaza + cachaza), un producto que contribuye a la conservación del medio ambiente y sostenibilidad de las tierras, en tanto que mejora la estructura y fertilidad del suelo, aumentando su capacidad de retención de agua. La producción estimada es de 52.000 toneladas por año. (Ingenio Mayaguez, 2013)

5.2 MARCO CONTEXTUAL

5.2.1 Descripción física y localización

El municipio de Cúcuta se localiza en la cordillera oriental a una altura de 320 msnm, se asienta entre el valle de los ríos Táchira y Zulia, la atraviesa el Río Pamplonita, el cual tiene 25 km de ancho. Las principales cuencas son: Zulia, pamplonita, tiene una extensión de 113,130

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	21 de 83

Ha de las cuales 4.778 corresponden al área urbana y 108.352 pertenecen al área rural. (**Alcaldía de San José de Cúcuta, 2010**)

Hace parte de la Región Andina y la Región de los Santanderes. Limita (Ver Figura 2):

- Al norte: con Tibú. Puerto Santander y la Republica de Venezuela
- Al sur: con el municipio de Bochalema, los Patios y Villa del Rosario
- Al oriente: con la Republica de Venezuela
- Al occidente con El Zulia y San Cayetano.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	22 de 83

Figura 2 Localización geográfica del municipio de Cúcuta.



Fuente: www.mapsofworld.com

4.1.3 Población

La población en el municipio se concentra en el núcleo urbano principal, manteniendo la tendencia de localización en el casco urbano principal.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	23 de 83

Según el último censo del DANE la población de Cúcuta asciende en el año 2.005 a 587.000 habitantes, de los cuales 567.664 habitan en el casco urbano y 19.336 en el área rural, proporcionalmente cuenta con un 97% en el área urbana y un 3% en el área rural.

La proyección poblacional según el DANE para el 2020 es de un 21% respecto del año 2005 el cual representa 123.270 habitantes. (Alcaldía de San José de Cúcuta, 2010)

4.1.4 Economía

Cúcuta es un distrito especial de Colombia, localizado en el departamento de Norte de Santander. Se ha caracterizado por poseer tradicionalmente una economía comercial, debido a su proximidad a la frontera con Venezuela. En la ciudad circulan habitualmente dos monedas: el peso y el bolívar, siendo la primera la moneda oficial. Desde hace varios años, la tasa de desempleo presente en la ciudad es la más baja de todo el país.

En el municipio de Cúcuta se identifica como principales actividades económicas la agricultura, minería, comercio y prestación de servicios; respecto al comercio según Cámara de Comercio a noviembre de 2009 se encontraban inscritas y vigentes 24,242 empresas. (Alcaldía de San José de Cúcuta, 2010)

4.1.5 Aseo Urbano S.A.S. E.S.P

Aseo Urbano es una Sociedad por Acciones Simplificada S.A.S., Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios “E.S.P.”, de tipo privado, sujeta a las regulaciones de la Ley 142 de 1994 y a las disposiciones pertinentes del Código del Comercio. Creada mediante Escritura Pública

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	24 de 83

No. 001980 del 12 Septiembre del año 2000 e inscrita en la Superintendencia de Domiciliarios con Sede Principal en la ciudad de San José de Cúcuta.

Hacen parte del Grupo Empresarial Soluciones Ambientales para Latinoamérica (SALA), al que también pertenecen doce empresas dedicadas a la prestación de servicios públicos domiciliarios, soluciones ambientales y gestión de residuos peligrosos. Concretamente se dedican a la gestión integral de residuos sólidos ordinarios y peligrosos (14 años de experiencia en el sector y un amplio portafolio de servicios basados en la calidad y la protección del medio ambiente), con presencia en San José de Cúcuta y su área Metropolitana, así como en los municipios de Yopal y Aguachica.

Iniciaron operaciones en el año 2000 en la ciudad de Cúcuta para prestar los servicios de recolección, transporte de residuos sólidos urbanos, barrido y limpieza de áreas públicas. De igual manera, un año después en 2001 empezó a operar el Parque Tecnológico Ambiental Guayabal (PTAG).

En 2002 incursionaron en el manejo integral de residuos peligrosos. Un año más tarde ampliaron su campo de acción iniciando como operador único para la prestación del servicio en el municipio de Los Patios (Norte de Santander) y consolidándose como la empresa líder de aseo del Oriente Colombiano, llegando también a Casanare.

En 2004 iniciaron labores en Villa del Rosario, fortaleciéndose en el área metropolitana de Cúcuta y en el año 2007 iniciaron la prestación del servicio de aseo en el municipio de Aguachica (Cesar).

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	25 de 83

En el año 2009 participaron como operador de los servicios de barrido y limpieza de vías y áreas públicas al igual que en la prestación de los servicios de recolección y transporte de residuos sólidos ordinarios para Aguas del Cesar en diez municipios de ese departamento. En este mismo año se licenció y construyó el Parque Tecnológico Ambiental Las Bateas en el Municipio de Aguachica.

En estos últimos años han logrado la expansión de las operaciones hasta Pelaya- Cesar y la ampliación de nuestro portafolio de servicios al ofrecer la experiencia, tecnologías, profesionales e instalaciones para el tratamiento y disposición temporal y final de los residuos y desechos generados por las diferentes industrias incluyendo el sector petrolero, todo ello en garantía del cumplimiento de las normas ambientales Nacionales e internacionales.

Su certificado otorgado por el Icontec en el Sistema Integrado de Gestión bajo las normas de calidad, medio ambiente y seguridad y salud en el trabajo, garantiza que su servicio cumple con los más altos estándares requeridos y que la operación se realiza bajo los más estrictos cuidados para la preservación del medio ambiente y la seguridad de sus trabajadores. Garantía que igualmente se encuentra respaldada al contar con el Registro Uniforme de Contratistas (RUC) otorgado por el Consejo Colombiano de Seguridad (CCS).

Por otra parte, Guayabal nace como un Relleno Sanitario que Aseo Urbano ha convertido en Parque Tecnológico Ambiental con reconocimiento del Banco Mundial (2014) como modelo de Gestión de Residuos Sólidos y como referente de Manejo Eficiente de Residuos a nivel Nacional e Internacional; este opera bajo los más altos estándares de calidad y se encuentra ubicado en el kilómetro 10 de la vía a Puerto Santander hacia el norte de la ciudad. Cuenta con

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	26 de 83

Celda de residuos ordinarios, Tratamiento de lixiviados sin vertimientos a fuentes de agua, Celdas de Seguridad, Planta de Biorremediación de suelos (principio de cero vertimientos), Investigación y Desarrollo (laboratorio análisis de suelos).

De igual manera, es importante resaltar que los crecimientos en suscriptores más altos en 2014 los presentaron las operaciones que representan más del 80% de los ingresos de Aseo Urbano (Villa del Rosario, Aguachica, Patios y Cúcuta) crecieron al 12, 7, 6 y 4 por ciento respectivamente, tasa superior a la media Nacional de crecimiento poblacional (Banco Mundial, 2013), último dato publicado que llega a niveles del 1,3%, demostrando ser una empresa de referencia, de sólido prestigio, solvencia económica y sobre todo, de generación de empleo para la Región Norte Santandereana.(Aseo Urbano).

Fotografía 1 Parque tecnológico Ambiental Guayabal



Fuente. Aseo Urbano S.A.S E.S.P

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	27 de 83

4.2 Marco Conceptual

Almacenamiento de residuos sólidos: Es la acción del usuario de guardar temporalmente los residuos sólidos en depósitos, recipientes o cajas de almacenamiento, retornables o desechables, para su recolección por la persona prestadora con fines de aprovechamiento o de disposición final. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 2981, 2013, p.2)

Aprovechamiento: Es la actividad complementaria del servicio público de aseo que comprende la recolección de residuos aprovechables separados en la fuente por los usuarios, el transporte selectivo hasta la estación de clasificación y aprovechamiento o hasta la planta de aprovechamiento, así como su clasificación y pesaje. (p.2)

Barrido y limpieza de vías y áreas públicas: Es la actividad del servicio público de aseo que consiste en el conjunto de acciones tendientes a dejar las áreas y la vías públicas libres de todo residuo sólido, esparcido o acumulado, de manera que dichas áreas queden libres de papeles, hojas, arenilla y similares y de cualquier otro objeto o material susceptible de ser removido manualmente o mediante el uso de equipos mecánicos. (p.2)

Barrido y limpieza manual: Es la labor realizada manualmente para retirar de las vías y áreas públicas papeles, hojas, arenilla acumulada y cualquier otro objeto o material. (p.3)

Barrido y limpieza mecánica: Es la labor realizada mediante el uso de equipos mecánicos para retirar de las vías y áreas públicas, papeles, hojas, arenilla acumulada y cualquier otro objeto o material. (p.3)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	28 de 83

Corte de césped: Es la actividad del servicio público de aseo que consiste en cortar el pasto ubicado en áreas verdes públicas sin restricción de acceso, mediante el uso de equipos manuales o mecánicos que incluye el bordeado y plateo. Comprende la recolección y transporte del material obtenido hasta los sitios de aprovechamiento prioritariamente o de disposición final. (p.3)

Generador o productor: Persona que produce y presenta sus residuos sólidos a la persona prestadora del servicio público de aseo para su recolección y por tanto es usuario del servicio público de aseo. (p.3)

Gestión integral de residuos sólidos: Es el conjunto de actividades encaminadas a reducir la generación de residuos, a realizar el aprovechamiento teniendo en cuenta sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento con fines de valorización energética, posibilidades de aprovechamiento y comercialización. También incluye el tratamiento y disposición final de los residuos no aprovechables. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 2981, 2013, p.3)

Lavado de áreas públicas: Es la actividad de remoción de residuos sólidos en áreas públicas, mediante el empleo de agua a presión. (p.4)

Lixiviado: Es el líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación. (p.4)

Persona prestadora del servicio público de aseo: Es aquella encargada de una o varias actividades de la prestación del servicio público de aseo, en los términos del artículo 15 de la Ley 142 de 1994 y demás que la modifiquen o complementen. (p.4)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	29 de 83

Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS): Es el instrumento de planeación municipal o regional que contiene un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos definidos por uno o más entes territoriales para el manejo de los residuos sólidos, basado en la política de gestión integral de los mismos, el cual se ejecutará durante un período determinado, basándose en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro y en un plan financiero viable que permita garantizar el mejoramiento continuo del manejo de residuos y la prestación del servicio de aseo a nivel municipal o regional, evaluado a través de la medición de resultados. Corresponde a la entidad territorial la formulación, implementación, evaluación, seguimiento y control y actualización del PGIRS. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 2981, 2013, p.4)

Poda de árboles: Es la actividad del servicio público de aseo que consiste en el corte de ramas de los árboles, ubicado en áreas públicas sin restricciones de acceso, mediante el uso de equipos manuales o mecánicos. Se incluye la recolección y transporte del material obtenido hasta las estaciones de clasificación y aprovechamiento o disposición final. (p.5)

Presentación de los residuos sólidos: Es la actividad del usuario de colocar los residuos sólidos debidamente almacenados, para la recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. La presentación debe hacerse, en el lugar e infraestructura prevista para ello, bien sea en el área pública correspondiente o en el sitio de presentación conjunta en el caso de multiusuarios y grandes productores. (p.5)

Recolección y transporte de residuos aprovechables: Son las actividades que realiza la persona prestadora del servicio público de aseo consistente en recoger y transportar los residuos aprovechables hasta las estaciones de clasificación y aprovechamiento. (p.5)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	30 de 83

Recolección puerta a puerta: Es el servicio de recolección de los residuos sólidos en el andén de la vía pública frente al predio del usuario. (p.5)

Residuo sólido: Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. Igualmente, se considera como residuo sólido, aquel proveniente del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles. Los residuos sólidos que no tienen características de peligrosidad se dividen en aprovechables y no aprovechables. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 2981, 2013, p.5).

Residuo sólido aprovechable: Es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso para quien lo genere, pero que es susceptible de aprovechamiento para su reincorporación a un proceso productivo. (p.5)

Residuo sólido ordinario: Es todo residuo sólido de características no peligrosas que por su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso es recolectado, manejado, tratado o dispuesto normalmente por la persona prestadora del servicio público de aseo. El precio del servicio de recolección, transporte y disposición final de estos residuos se fija de acuerdo con la metodología adoptada por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. (p.6)

Los residuos provenientes de las actividades de barrido y limpieza de vías y áreas públicas, corte de césped y poda de árboles ubicados en vías y áreas públicas serán considerados como residuos ordinarios para efectos tarifarios. (p.6)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	31 de 83

Separación en la fuente: Es la clasificación de los residuos sólidos, en aprovechables y no aprovechables por parte de los usuarios en el sitio donde se generan, de acuerdo con lo establecido en el PGIRS, para ser presentados para su recolección y transporte a las estaciones de clasificación y aprovechamiento, o de disposición final de los mismos, según sea el caso. (p.6)

Usuario no residencial: Es la persona natural o jurídica que produce residuos sólidos derivados de la actividad comercial, industrial y los oficiales que se benefician con la prestación del servicio público de aseo. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 2981, 2013, p.6)

Usuario residencial: Es la persona que produce residuos sólidos derivados de la actividad residencial y se beneficia con la prestación del servicio público de aseo. Se considera usuario residencial del servicio público de aseo a los ubicados en locales que ocupen menos de veinte (20) metros cuadrados de área, exceptuando los que produzcan más de un (1) metro cúbico mensual. (p,6)

Vehículo recolector: Es el vehículo utilizado en las actividades de recolección de los residuos sólidos desde los lugares de presentación y su transporte hasta las estaciones de clasificación y aprovechamiento, plantas de aprovechamiento, estaciones de transferencia o hasta el sitio de disposición final. (p.7)

Vía pública: Son las áreas destinadas al tránsito público, vehicular o peatonal, o afectadas por él, que componen la infraestructura vial de la ciudad y que comprende: avenidas, calles, carreras, transversales, diagonales, calzadas, separadores viales, puentes vehiculares y peatonales o cualquier otra combinación de los mismos elementos que puedan extenderse entre una y otra línea de las edificaciones. (p.7)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	32 de 83

4.3 Marco Legal

Tabla 1. Mapa normativo para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia

NORMA	DESCRIPCION
Constitución Nacional de Colombia 1991	En los artículos 1,3,4,8,13,23,25,44,48,79,80,86,88,332,334,365,366,367 y 370, se declara y fijan deberes y derechos fundamentales, tareas del estado , con relación al derecho del trabajo, a la dignidad, a un ambiente sano, a proveer los servicios públicos agua y saneamiento ambiental, las tareas de regulación de las fuerzas económicas del mercado, a la función social que debe cumplir la empresa, a administrar y proteger los recursos naturales.
Política para la Gestión Integral de los Residuos. 1998. Ministerio del Medio Ambiente	Esta política define los principios de la Gestión Integral para todos los tipos de residuos. Establece el máximo aprovechamiento y mínimo de residuos con destino al Relleno Sanitario. Define las categorías de Residuo Aprovechable y No Aprovechable, para impedir o minimizar los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente, que ocasionan los residuos de todo orden, y minimizar la generación y la disposición final como alternativa ambiental deseable.
LEYES	DESCRIPCION
Decreto - Ley 2811 de 1974. Presidencia de la República.	El Código Nacional de los Recursos Naturales es la base para las autorizaciones, concesiones y autorizaciones para el uso y el aprovechamiento de los recursos naturales y se definen procedimientos generales para cada caso.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	33 de 83

Ley 99 de 1993	<p>Por medio de la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se establece formalmente el Sistema Nacional Ambiental. Se responsabiliza a todos y cada uno de los actores del desarrollo de la tarea de conservar y aprovechar de manera racional los recursos naturales y el ambiente. Define que las Autoridades Ambientales, serán las responsables de formular y verificar el cumplimiento de las políticas y normas ambientales.</p>
----------------	--

Ley 142 de 1994 / Ley 632 de 2000	<p>Algunos elementos normativos y políticas existentes a la fecha, establecen y reconocen las conductas y procedimientos que se deben aplicar con relación a como valorar servicios y actividades de aprovechamiento de residuos. La Ley 142/94 en sus Art. 9 y 146 establece taxativamente que el servicio que se paga es el que se mide y fija claramente la función ecológica de los servicios públicos.</p>
-----------------------------------	---

Ley 1259/2009	<p>El Comparendo Ambiental controla a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros mediante sanciones pedagógicas y económicas a todas aquellas personas naturales o jurídicas que infrinjan la normatividad existente en materia de residuos sólidos; así como fomentar las buenas prácticas ambientalistas.</p>
---------------	---

Ley 1252/2008 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial	<p>Regula dentro del marco de la gestión integral, la protección de la salud humana y el ambiente, lo relacionado con la importación y exportación de residuos peligrosos, su minimización desde la fuente, la producción más limpia; su disposición adecuada, la eliminación responsable de las existencias de estos dentro del país. Así mismo se regula la infraestructura de la que deben ser dotadas las autoridades aduaneras y zonas francas y portuarias.</p>
---	---

DECRETOS	DESCRIPCION
Decreto 2981 de 2013. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.	Por el cual se deroga el decreto 1713 del 2002 y se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	34 de 83

Decreto 1505 de 2003. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.	Por el cual se modifican parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos, especialmente lo relacionado con la definición de aprovechamiento, el acatamiento de parte las autoridades municipales al PGIRS, su actualización y la garantía de participación de los Recicladores.
Decreto 1140 de 2003. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con el tema de las unidades de almacenamiento, y se dictan otras disposiciones.
Decreto 838 de 2005. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.	Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1299 de 2008. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.	Departamentos Ambientales en las Empresas.
RESOLUCIONES	DESCRIPCION
Resolución 1096 de 2000. Ministerio de Desarrollo Económico (RAS).	Tiene por objeto señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias, que adelanten las entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo o quien haga sus veces. En el título F de la sección II, presenta las definiciones, criterios de identificación de residuos urbanos, su separación, almacenamiento, recolección, transporte, aprovechamiento, disposición final, criterios de ubicación de instalaciones para el tratamiento y disposición de residuos peligrosos, etc. En el Título J, se dan los criterios y especificaciones para los proyectos de aprovechamiento a nivel rural.
Resolución 1045 de 2003. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.	Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	35 de 83

Resolución 1552 de 2005. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.	Por la cual se adoptan los manuales para evaluación de estudios ambientales y de seguimiento ambiental de proyectos y se toman otras determinaciones.
--	---

Fuente. Bohórquez, K.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	36 de 83

5. Metodología Propuesta

El método utilizado para realizar este proyecto es de tipo aplicada y de campo, teniendo en cuenta que se van a utilizar conocimientos obtenidos de investigaciones en la práctica, además servirá para interpretar y solucionar problemas relacionados con residuos orgánicos.

Se debe tener en cuenta los fundamentos teóricos y prácticos acerca del tema ya sean manuales, proyectos municipales, tesis entre otros. Se tendrán que definir la población o cantidad de la muestra con la que se pretende trabajar, para ello se revisara informes realizados en la empresa sobre caracterización de residuos de allí se definirá las zonas o rutas para luego realizar visitas y realizar campañas de información y sensibilización, donde se eduque a los habitantes como se debe realizar la separación en la fuente y explicar la utilización de cada contenedor.

Se tendrá soporte de cada una de las áreas de la empresa que sean necesarias para llevar a cabo el proyecto, además se contara con apoyo financiero, préstamo de equipos, herramientas y talento humano que se requiera en cada etapa del proyecto.

Es importante tener en cuenta las variables que puedan interferir en este proceso de producción del compost, para lo cual se crearan planes de manejo ambiental y planes de control y seguimiento basados en la evaluación de impactos de la planta piloto de compostaje.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	37 de 83

6. Resultados

6.1 Identificación y propuesta de ruta, frecuencias y horarios para la recolección de los residuos orgánicos

Para la identificación de las rutas se analizó la caracterización de residuos sólidos ordinarios del Relleno Sanitario Guayabal realizada por el área de gestión ambiental de la empresa Aseo Urbano, como resultado del análisis se identificaron las dos rutas significativas en cuanto a residuos sólidos orgánicos, Grandes Productores (GPCD) y Ciudad Mejor, se acompañó cada ruta en los días de alta (Lunes y Martes) para identificar la población que más produce este tipo de residuos y que es con la que se pretende iniciar el proyecto.

La recolección de los residuos se llevara a cabo por un equipo de tres personas, conformado por un conductor y dos operarios o recolectores, la actividad se realizada por medio del método de contenedores, ya que este resulta ser el más adecuado teniendo en cuenta la población identificada, además, este método permite al cliente presentar sus residuos de la manera más adecuada. En cuanto al transporte de los residuos, se utilizara un vehículo compactador con mecanismo de carga trasera para facilitar la maniobra; la frecuencia de recolección será diaria, esto para prevenir la producción de vectores y además la hora de inicio del recorrido iniciara a las seis (6) de la mañana, con el fin de no tener problemas con el tránsito vehicular de la ciudad.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	38 de 83

En lo referente al diseño de la microruta se tuvo en cuenta los métodos heurísticos como lo son:

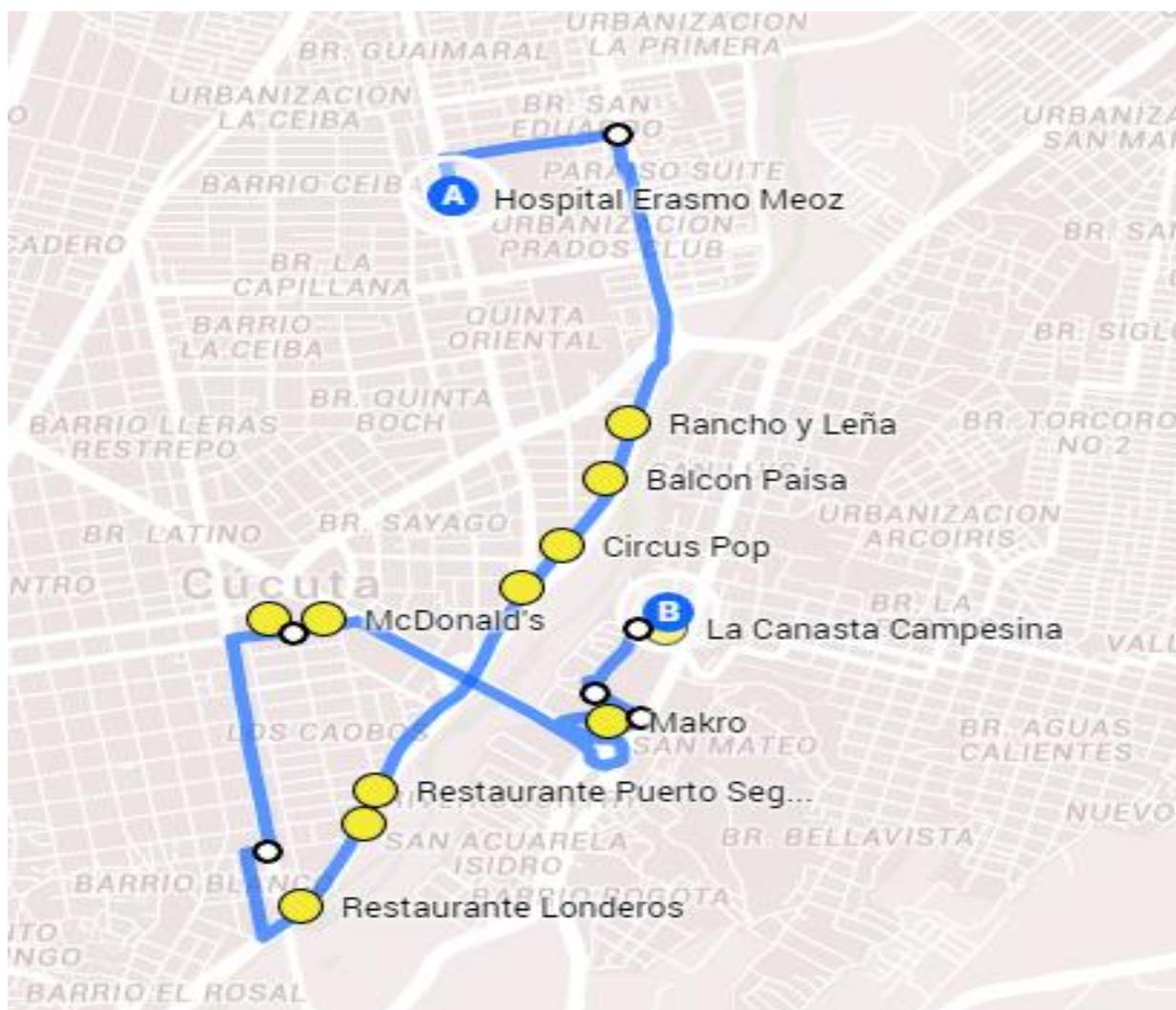
1. El comienzo de la ruta debe estar lo más cercano posible al campamento de limpia y debe tender a terminarse en dirección del sitio de disposición final o aprovechamiento.
2. Debe evitarse la recolección en las avenidas con tráfico pesado durante las horas pico.
3. En las zonas con pendientes iniciar la ruta en los puntos más altos y recolectar bajando.
4. En las calles sin salida o sin un retorno apropiado, recolectar a pie con el vehículo esperando en la esquina.
5. Recolectar, siempre que sea posible, a ambos lados de la calle a la vez.

La ruta inicia en el punto A (Hospital Erasmo Meoz), sigue hasta el restaurante Rancho y Leña, siguiendo por la avenida libertadores para recoger en los restaurantes el Balcón Paisa, Circus Pop, Comida China y Crepes, Puerto Seguro, Molinito y Londeros; toma la avenida 0 hasta la calle 11 para llegar el Centro Comercial Ventura Plaza y McDonald's, continua por la avenida Santander hasta llegar a Makro y por ultimo llegar



hasta la canasta campesina. En la siguiente imagen se observa la ruta propuesta para la recolección selectiva de residuos sólidos orgánicos.¹

Imagen 1 Ruta de recolección de residuos sólidos orgánicos



Fuente. Bohorquez, K

¹ Observar el Anexo 1 donde se encuentra el diseño de la ruta en formato KML

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	40 de 83

Cabe resaltar que el punto más importante de la ciudad de Cúcuta como lo es la central de abastos no se logró tener en cuenta en este proyecto debido a las políticas internas de la empresa, además, la recolección de residuos sólidos ordinarios en el municipio está dividida en dos grandes zonas, donde, Aseo Urbano realiza la recolección y embellecimiento de la ciudad del canal Bogotá hacia el oriente; este fue otro motivo por las cual no se pudo integrar el punto central abastos en el proyecto.

6.2 Evaluación de impactos ambientales de la planta piloto de compostaje.

Para la evaluación de los impactos ambientales se realizaron tres pasos detallados, en primer lugar se realizó la identificación y clasificación de todas las actividades que componen la construcción y funcionamiento de la planta de compostaje que tendrán una interacción directa o indirectamente con el medio ya sea de manera positiva o negativa. Seguido se identificaron los componentes y elementos susceptibles de alteración en cada uno de los sistemas (abióticos, bióticos y socio-económico) que componen el ambiente. Por último se realizó la identificación de las interacciones del ambiente y la actividad del proyecto, en cada una de estas interacciones se procederá a la valoración de los impactos ambientales.

Lo referente a la valoración se tuvo en cuenta: la naturaleza, intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, relación causa efecto, prioridad y Recuperabilidad; y la para la valoración cuantitativa se utilizó la siguiente ecuación:

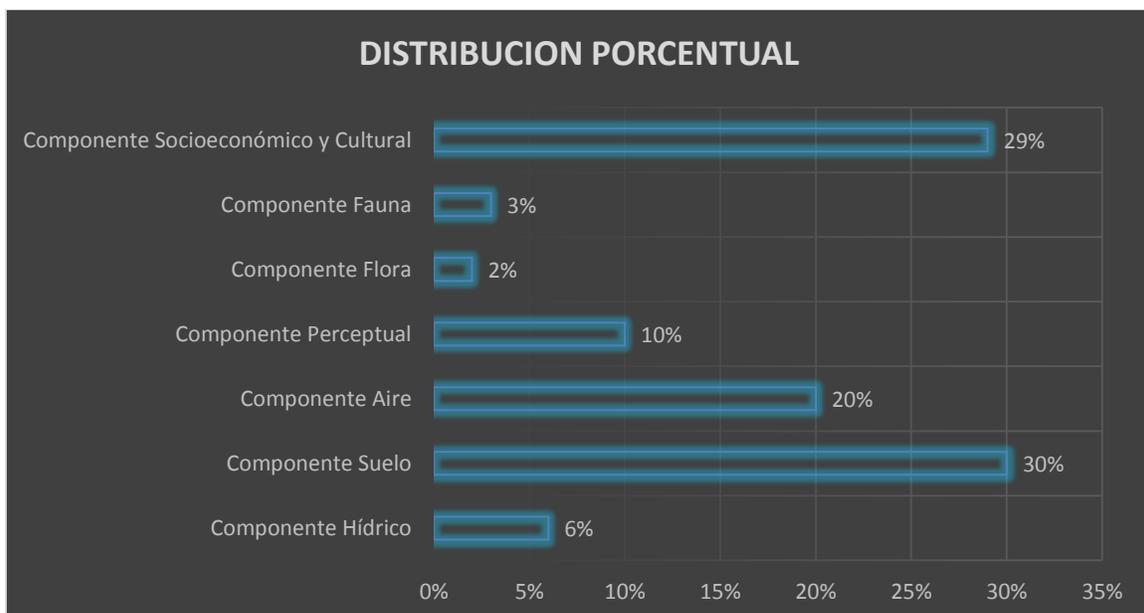
$$I = (3IN + 2EX + Mo + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	41 de 83

La distribución porcentual es un proceso subjetivo donde el evaluador otorga mayor o menor porcentaje a los componentes basado en las interacciones del ambiente con la construcción y puesta en marcha que se observan en campo.

Se distribuyeron 100 unidades al total de factores ambientales partiendo de la experiencia y conocimiento de los procesos que se van a desarrollar en la planta piloto de compostaje y representados por componentes ambientales clasificados como sigue: el recurso hídrico se le asignó un porcentaje de 6%, al suelo por ser un componente con el que se va a realizar varias interacciones se le asignó el 30%, al componente aire el 20%, al componente perceptual se le estableció un 10%, los componentes fauna y flora se les concedió un 3% y 2% respectivamente y por ultimo al componente socioeconómico y cultural se le estipulo un 29%.

Grafico 1 Distribución porcentual de los componentes ambientales



Fuente. Bohorquez, K

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	42 de 83

Los resultados obtenidos de la evaluación de impactos representativos por componentes ambientales permiten concluir que en cuanto a los impactos negativos, todos se encuentran en un grado de incidencia compatible lo que quiere decir que estos impactos son de recuperación inmediata, sin embargo, es de resaltar el componente perceptual con un valor de -27.20, esto debido a los levantamiento de tierras y de nuevas estructuras visibles en el área, el otro componente afectado con un grado de incidencia menor es el componente aire con un -8.09 ocasionado por el material particulado y emisiones de CO₂, los siguientes componentes son el suelo, hídrico y socioeconómico y cultural con valores de -3.47, -0.5 y -0.97 respectivamente.

En cuanto a los impactos positivos, los componentes suelo y socioeconómico y cultural son los únicos con representación con un valor de 0.5 y 2.24 respectivamente esto concerniente al aumento de empleo, reducción de focos de contaminación y a los beneficios que traerá el producto sobre el suelo.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	43 de 83

Grafico 2 Valoración de los impactos sobre los componentes ambientales ocasionados por la planta piloto de compostaje.



Fuente. Bohorquez, K

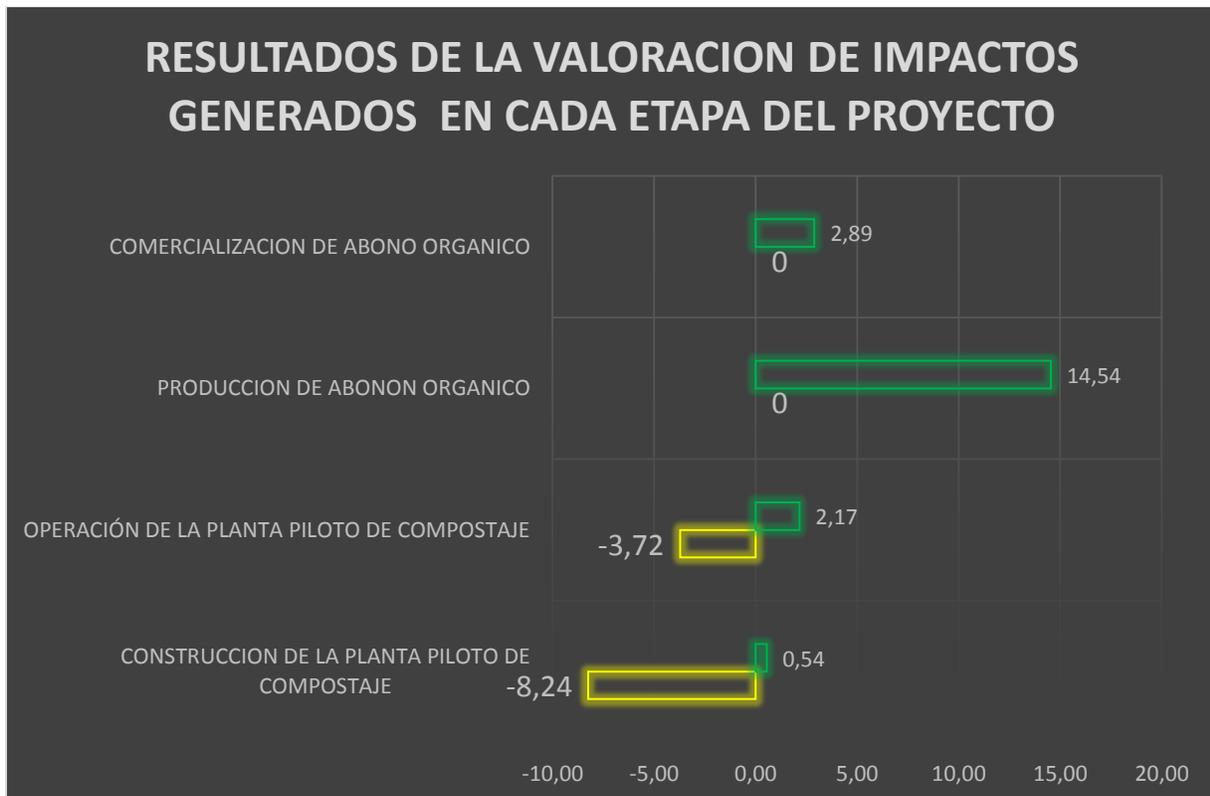
En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en lo referente a impactos positivos el de mayor grado es el de servicios con un valor de 3.74 y seguidamente el factor del medio rural con un valor de 2.43 debido al aumento del empleo, por otra parte, el impacto de mayor nivel dentro del grado de incidencia compatible es el factor perceptual con un valor de -

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	45 de 83

en la etapa de producción de abono orgánico debido a los beneficios que traerá consigo sobre el suelo, como aportes de nutrientes al mismo;

Se tiene previsto que la cantidad del producto aumente a medida que el tiempo avanza, lo que quiere decir que se espera los impactos positivos en la etapa de operación y producción y venta aumente y traigan consigo beneficios para el ambiente y la población.³

Grafico 4 Resultados de la valoración de impactos por etapas.



Fuente. Bohorquez, K

³ Observar el anexo 2, donde se incluye la matriz de evaluación de impactos ambientales de la planta piloto de compostaje y los gráficos correspondientes con mayor detalle.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	46 de 83

En general, la implementación de este proyecto no representa ningún impacto crítico, lo cual es conveniente porque los impactos que se generan son de tipo negativo y reversibles ya sea por la intervención del hombre o por la acción de la naturaleza, además cabe resaltar que los impactos positivos a medida que se aumenta la producción estos también aumenten.

Luego de desarrollar la evaluación de impactos, se diseñó un plan de manejo ambiental el cual contiene los siguientes programas:

Tabla 2 Programas de Manejo Ambiental para la planta piloto de compostaje

ESTRUCTURA DEL PMA DE LA PLANTA PILOTO DE COMPOSTAJE		
CLASIFICACION	FICHA	PROGRAMAS DE MANEJO AMBIENTAL
PROGRAMA PARA MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES	PRN-1	Programa de Manejo de Contaminación Atmosférica y Olores Ofensivos
	PRN-2	Programa de Manejo Paisajístico
PROGRAMAS PARA LA OPERACIÓN DEL PROYECTO	PO-1	Programa de Manejo de abono líquido
PROGRAMA PARA LA GESTIÓN SOCIAL	PGS-1	Programa de Gestión Social

Fuente. Bohorquez, K

Los programas de manejo ambiental se presentan en fichas, las cuales están compuestas por los siguientes ítems:

- Objetivos
- Meta
- Etapa de aplicación de la acción
- Definición de componente y elementos ambientales afectados

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	47 de 83

- Jerarquía del impacto e importancia obtenida en la evaluación ambiental
- Tipo de medida a implementar
- Localización
- Responsables de la ejecución
- Acciones a desarrollar
- Indicador de seguimiento y monitoreo
- Cronograma
- Presupuesto

Tabla 3 Ficha PRN-1 programa y manejo de contaminación atmosférica y olores ofensivos

PRN-1 PROGRAMA DE MANEJO DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y OLORES OFENSIVOS		
OBJETIVOS		
<ul style="list-style-type: none"> • Reducir las emisiones de gases contaminantes generadas en las fuentes móviles que se requieren para la operación de la Planta Piloto de Compostaje. • Disminuir el riesgo en empleados y personal en general dentro de las instalaciones por la inmisión de material particulado y olores ofensivos. • Evitar las molestias por olores ofensivos en el área de influencia del proyecto. 		
META		
<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la generación de olores ofensivos en la Planta Piloto de Compostaje • Mitigar la generación de gases contaminantes en las fuentes móviles que operan en la Planta Piloto de Compostaje 		
ETAPAS DE APLICACIÓN		
Construcción y Operación		
IMPACTOS A CONTROLAR		
Componente Ambiental	Impacto Ambiental	Importancia del Impacto
Componente Aire	Alteración de las características físicas del aire.	- 10.53 Impacto Compatible
	Alteración de las características químicas del aire.	- 5.66 Impacto Compatible

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	48 de 83

TIPO DE MEDIDA RECOMENDADA	
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/> Corrección <input checked="" type="checkbox"/>
Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/> Compensación <input type="checkbox"/>
LOCALIZACIÓN	RESPONSABLE DE EJECUCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Planta piloto de Compostaje 	<ul style="list-style-type: none"> • Líder de Disposición Final • Coordinador de Planta • Jefe de Mantenimiento Regional • Líder de Operaciones
ACCIONES A DESARROLLAR	
<p>Manejo de gases generados en fuentes móviles. Los gases generados en los vehículos, equipos y maquinarias se controlaran de la siguiente forma.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los vehículos que se utilicen en la etapa de construcción y operación tendrán el SOAT y la revisión técnica mecánica al día. • Los vehículos que se utilicen durante la construcción y operación de la planta, cumplirán con el programa de mantenimiento y sincronización, para mitigar la emisión de gases como dióxido de carbono. • Se controlará el tiempo de trabajo con maquinaria, garantizando el uso eficiente de combustible, con el control de tiempos y rendimientos de la maquinaria y equipos en general. <p>Protección personal para personal operativo y visitantes. Para mitigar los efectos negativos en la salud de los colaboradores que operan la planta, se establecerán las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se establecerá un sistema de seguridad industrial y salud ocupacional (SISO) para garantizar los procedimientos seguros en el manejo de residuos, a través de este sistema se realizara el seguimiento continuo de la ejecución de las actividades con todos los elementos de protección personal para reducir los efectos por la inmisión de gases contaminantes y material particulado. • El personal de SISO garantizará que todo el persona reciba la protección personal de acuerdo a los riesgo a los que se expone según el tipo de residuos que se maneje. <p>Control de olores ofensivos. Para el control de los olores ofensivos en las zonas de almacenamiento y disposición final de residuos se realizarán las siguientes actividades.</p>	

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	49 de 83

- **Sembrar y mantener barreras vivas en todas las zonas de almacenamiento temporal y de tratamiento de los residuos.**
- **Mantener las condiciones óptimas del tratamiento para prevenir la proliferación de olores.**

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Descripción	Característica de Calidad
(N° de Equipos y Vehículos con Mantenimiento Preventivo / Total de Equipos móviles que operan en la planta) *100	>90%
(N° de Monitoreos de PM10 y PST que cumplen el Estándar de Calidad establecido por la Normatividad Vigente / Total de Monitoreos Realizados)*100	≥85%

Fuente. Bohorquez, K

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	50 de 83

Tabla 4 Ficha PRN-2 programa de manejo paisajístico y compensación forestal

PRN-2 PROGRAMA DE MANEJO PAISAJÍSTICO Y COMPENSACIÓN FORESTAL		
OBJETIVOS		
<ul style="list-style-type: none"> • Mitigar los cambios generados en el paisaje por la construcción y operación de la planta. • Compensar las áreas intervenidas por la construcción y operación de la planta. 		
META		
<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar la compensación forestal de las áreas intervenidas por la operación de la planta. • Mantener las unidades y áreas sembradas en las áreas paisajísticas. 		
ETAPAS DE APLICACIÓN		
Construcción y Operación.		
IMPACTOS A CONTROLAR		
Componente Ambiental	Impacto Ambiental	Importancia del Impacto
Componente Suelo Componente Aire Componente Perceptual	Alteración de Procesos Naturales en el Suelo (Activación de Procesos Erosivos, Contaminación de escorrentía).	- 4.28 Impacto Compatible
	Contaminación con Olores Ofensivos.	- 4.32 Impacto Compatible
	Alteración Morfológica del Paisaje.	- 27.20 Impacto Compatible
TIPO DE MEDIDA RECOMENDADA		
Prevención	<input type="checkbox"/>	Corrección <input checked="" type="checkbox"/>
Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/>	Compensación <input checked="" type="checkbox"/>
LOCALIZACIÓN		RESPONSABLE DE EJECUCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • PTAG • Planta Piloto de Compostaje 		<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero de Proyectos • Líder de Disposición Final • Coordinador de Planta

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	51 de 83

ACCIONES A DESARROLLAR

- **Generar abonos orgánicos a través de compostaje y lombri-compostaje para el sostenimiento de especies en áreas de compensación y semillero.**
- **Siembra y sostenimiento de taludes con cobertura vegetal nativa para proporcionar estabilidad al terreno, mitigar erosión hídrica y mitigar el impacto visual en las zonas alteradas por la operación y construcción.**
- **Siembra de barreras vivas para aislar los olores del almacenamiento de residuos y lixiviados.**
- **Sembrar especies en el semillero ubicado en el vivero del PTAG y garantizar su supervivencia hasta que puedan ser trasplantadas en las áreas de compensación paisajística.**
- **Siembra y sostenimiento de plantas nativas en zonas alteradas por construcción y operación de la planta.**
- **Controlar las aguas lluvias a través de canales perimetrales y de corona en los taludes y en las zonas de recuperación paisajística con alta pendiente, adicionalmente realizar el mantenimiento de los canales ya existentes.**
- **Proporcionar el agua y los nutrientes requeridos para el sostenimiento de las áreas sembradas.**

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Descripción	Característica de Calidad
(No. árboles sembrados / No. árboles establecidos como compensación) * 100	≥80%
(m² de Cobertura Vegetal sembrados sobrevivientes /Total de m² sembrados en el año)*100	≥75%

Fuente. Bohorquez, K

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	52 de 83

Tabla 5 Ficha PO-1 programa de manejo de lixiviados

PO-1 PROGRAMA DE MANEJO DE ABONO LÍQUIDO		
OBJETIVOS		
<ul style="list-style-type: none"> • Impedir posibles fugas de abono líquido, que generen contaminación en aguas superficiales o subterráneas. • Realizar seguimiento y control a la red de conducción de abono líquido. • Realizar medición a los volúmenes de abono líquido generados y recirculados. 		
META		
Garantizar que el volumen de lixiviado recirculado sea superior al volumen de abono líquido generado.		
ETAPAS DE APLICACIÓN		
Operación		
IMPACTOS A CONTROLAR		
Componente Ambiental	Impacto Ambiental	Importancia del Impacto
Componente Suelo	Alteración de las características Químicas del suelo.	- 0,29 Impacto Compatible
	Alteración en los procesos naturales del suelo.	- 4.28 Impacto Compatible
TIPO DE MEDIDA RECOMENDADA		
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/> Corrección	<input checked="" type="checkbox"/>
Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/> Compensación	<input type="checkbox"/>
LOCALIZACIÓN		RESPONSABLE DE EJECUCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Red de Lixiviados • Planta Piloto de Compostaje 		<ul style="list-style-type: none"> • Coordinador de Planta
ACCIONES A DESARROLLAR		
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar medición de caudal semanal de generación de lixiviados para llevar un control del aumento o disminución del caudal. 		

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	53 de 83

- **Realizar inspecciones a la red de conducción de lixiviados al lugar de almacenamiento para detectar fugas, fallas.**

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Descripción	Característica de Calidad
((Volumen de Lixiviado Recirculado - Volumen de Lixiviado Generado) / Volumen de Lixiviado Recirculado) *100	20%

Fuente. Bohorquez, K

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	54 de 83

Tabla 6. Ficha PGS-1 programa de gestión social.

PGS-1 PROGRAMA GESTIÓN SOCIAL		
OBJETIVOS		
<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un programa de educación ambiental que abarque la formación de estudiantes y comunidad del área de influencia directa e indirecta • Establecer un programa de participación comunitaria de acuerdo al desarrollo del proyecto en sus diferentes etapas 		
META		
Educar a toda la población mediante campañas sobre la separación en la fuente		
ETAPAS DE APLICACIÓN		
Construcción y Operación		
IMPACTOS A CONTROLAR		
Componente Ambiental	Impacto Ambiental	Importancia del Impacto
Componente Socioeconómico y cultural	Generación de Riesgos Profesionales.	- 12.99 Impacto Compatible
TIPO DE MEDIDA RECOMENDADA		
Prevención	<input type="checkbox"/> x	Corrección <input type="checkbox"/> X
Mitigación	<input type="checkbox"/> X	Compensación <input type="checkbox"/>
LOCALIZACIÓN		RESPONSABLE DE EJECUCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Planta Piloto de Compostaje 		<ul style="list-style-type: none"> • Líder de Gestión Ambiental • Coordinadora de Gestión Social
ACCIONES A DESARROLLAR		
<ul style="list-style-type: none"> • Se establecerá un programa de participación comunitaria, el cual incluirá charlas periódicas con la comunidad. • Se continuara con el funcionamiento de la oficina de atención de quejas, reclamos y solicitudes, la cuenta con horario laboral. 		

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	55 de 83

- Se establecerá un programa de gestión social, el cual incluirá la generación de empleo para mano de obra calificada y no calificada proveniente la zona de influencia directa e indirecta del proyecto.
- Se dotará al personal de elementos de protección personal, de acuerdo al panorama de riesgos establecido.
- Se establecerá un programa de higiene y salud ocupacional para los trabajadores del proyecto.

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Descripción	Característica de Calidad
(No. De PQR Resueltas/No. PQR Comunicadas)*100	$\geq 80\%$

Fuente. Bohorquez, K

En cuanto al plan de seguimiento y monitoreo está encaminado a realizar una observación a través del tiempo y del espacio a las variable ambientales y sus indicadores. La siguiente tabla se presenta los programas de control y monitoreo que lo componen:

Tabla 7 Estructura del plan se seguimiento y monitoreo de la planta piloto de compostaje.

ESTRUCTURA DEL PLAN DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL PARQUE TECNOLÓGICO AMBIENTAL LAS BATEAS		
CLASIFICACIÓN	FICHA	PROGRAMAS DE MANEJO AMBIENTAL
SEGUIMIENTO Y MONITOREO AMBIENTAL DEL RECURSO HÍDRICO	SMA-1	Seguimiento y Monitoreo de Calidad de Aguas Lluvias y Superficiales
	SMA-2	Seguimiento y Monitoreo de Lixiviados
PROGRAMAS DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE	SMAR-1	Seguimiento y Monitoreo de la Calidad del Aire

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	56 de 83

PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE LA COBERTURA VEGETAL	SMCV- 1	Seguimiento y Monitoreo de la Compensación Ambiental y Restauración de la Cobertura Vegetal
--	------------	---

Fuente. Bohorquez, K

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	57 de 83

Tabla 8. Ficha SMA-1 seguimiento y monitoreo de calidad de aguas lluvias y subterráneas

SMA-1 SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE CALIDAD DE AGUAS LLUVIAS Y SUPERFICIALES	
OBJETIVOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar el estado de calidad de las aguas lluvias y superficiales en los reservorios ubicados en PTALB. • Comparar los resultados con la normatividad vigente para establecer el estado de calidad de las variables ambientales medidas. 	
ETAPAS DE APLICACIÓN	
Construcción y Operación.	
FRECUENCIA	RESPONSABLE DE EJECUCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Semestral 	<ul style="list-style-type: none"> • Líder de Gestión Ambiental Regional • Líder de Disposición Final • Laboratorio Ambiental Acreditado por el IDEAM
SITIOS DE APLICACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Drenaje de aguas lluvias intermitente • Reservorios de agua ubicados en el PTALB 	
DESCRIPCIÓN DEL MONITOREO	
<p>Se contrataran los servicios de un Laboratorio acreditado por el IDEAM, el cual realizara el muestreo puntual, transporte de muestras en cadena de frio, análisis de laboratorio y presentara informe de resultados finales. Se medirán los siguientes parámetros (Tabla 9):</p>	
<p>Tabla 9 Parámetro de monitoreo y frecuencia de medición del monitoreo del primer semestre.</p>	
PARÁMETROS	FRECUENCIA
pH	Semestral
Oxígeno Disuelto	Semestral
Temperatura	Semestral
Conductividad	Semestral



SST	Semestral
Nitrógeno Amoniacal	Semestral
Mercurio	Semestral
Plomo	Semestral
Cromo Total	Semestral
Cadmio	Semestral
DQO	Semestral
DBO5	Semestral
Nitritos	Semestral
Nitratos	Semestral

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Descripción

Criterios de Calidad

Decreto 1594 de 1984

“Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.” o la Norma que los Sustituya.

CAPITULO IV: DE LOS CRITERIOS DE CALIDAD PARA DESTINACIÓN DEL RECURSO.

- ART. 40: Destinación del recurso para uso agrícola
- ART. 41: Destinación del recurso para uso pecuario.
- ART. 43: Destinación del recurso para fines recreativos contacto secundario.
- ART. 45: Destinación del recurso para preservación de flora y fauna.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	59 de 83

Tabla 10. Ficha SMA-2 seguimiento y monitoreo de abono líquido.

SMA-2 SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE ABONO LIQUIDO	
OBJETIVOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar las características de calidad y cantidad de abono líquido generados en la operación de las celdas de ordinarios y de seguridad. • Comparar los resultados del monitoreo con la normatividad vigente para establecer el estado de calidad de los efluentes. 	
ETAPAS DE APLICACIÓN	
Construcción, Operación	
FRECUENCIA	RESPONSABLE DE EJECUCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Semestral 	<ul style="list-style-type: none"> • Líder de Gestión Ambiental Regional • Líder de Disposición Final • Laboratorio Ambiental Acreditado por el IDEAM
SITIOS DE APLICACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Almacenamiento de Lixiviados 	
DESCRIPCIÓN DEL MONITOREO	
<p>Se contratarán los servicios de un Laboratorio acreditado por el IDEAM, el cual realizará muestreo puntual, medición de los caudales, transporte de muestras en cadena de frío, análisis de laboratorio y presentación informe de resultados finales. Se medirán los siguientes parámetros (Tabla 11):</p>	
<p>Tabla 11 Parámetro de monitoreo y frecuencia de medición del monitoreo del primer semestre.</p>	
PARÁMETROS	FRECUENCIA
pH	Semestral
Oxígeno Disuelto	Semestral
Temperatura	Semestral
Conductividad	Semestral
Caudal	Semestral



Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental

Código 1.1 00

Página 60 de 83

Solidos Sedimentables **Semestral**

SST **Semestral**

Mercurio **Semestral**

Plomo **Semestral**

Cromo Total **Semestral**

Cadmio **Semestral**

DQO **Semestral**

DBO5 **Semestral**

El manejo de abono líquido propuesto para la operación de la Planta es bajar concentraciones y utilizar para riego, por consiguiente no se generaran vertimiento de lixiviados tratados. El monitoreo de lixiviados se realiza para el seguimiento de los parámetros, avaluación de riesgos ambientales y evidenciar los resultados de la recirculación como alternativa viable de manejo de abono líquido.

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Descripción

Criterios de Calidad

Decreto 1594 de 1984

“Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.” o la Norma que los Sustituya

CAPITULO VI: DEL VERTIMIENTO DE LOS RESIDUOS LÍQUIDOS.

- Art. 72.
- Art. 73.

Fuente. Bohorquez, K

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	61 de 83

Tabla 12. Ficha SMAR-1 Seguimiento y Monitoreo de la Calidad del Aire

SMAR-1 SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE		
OBJETIVOS		
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar el estado de la calidad del aire y el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos por la normatividad colombiana vigente. • Realizar el monitoreo y seguimiento de los olores ofensivos según lo establecido en la normatividad y compararlos con los mites máximos permisibles. 		
ETAPAS DE APLICACIÓN		
Construcción y Operación y Clausura.		
FRECUENCIA	RESPONSABLE DE EJECUCIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Trimestral y Anual 	<ul style="list-style-type: none"> • Líder de Gestión Ambiental • Líder de Disposición Final • Laboratorio Ambiental Acreditado por el IDEAM 	
SITIOS DE APLICACIÓN		
<ul style="list-style-type: none"> • Planta Piloto de Compostaje 		
DESCRIPCIÓN DEL MONITOREO Y SEGUIMIENTO INTERNO DEL PROCESO		
<p>El monitoreo de calidad del aire se subdivide en tres ítem de acuerdo a lo establecido en la normatividad ambiental y a las necesidades identificadas en la formulación del PMA. A continuación se describen los parámetros establecidos.</p> <p>Mediciones de Material Particulado y Solidos Suspendidos Totales. Se realizara trimestralmente a través de un laboratorio acreditado por el IDEAM según las condiciones establecidas en el Decreto 838 de 2005 (Observar tabla 13).</p>		
Tabla 13 parámetro de monitoreo y frecuencia de medición de PM10 y PST		
PARÁMETROS	FRECUENCIA	TIEMPO DE MONITOREO
Partículas Suspendidas Totales	Trimestral	24 Horas/10 días
Partículas Respirables	Trimestral	24 Horas/10 días

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	62 de 83

Estación Meteorológica	Trimestral	24 Horas/10 días
------------------------	------------	------------------

Medición de Olores Ofensivos. Se medirán los parámetros establecidos por la resolución 1541 de 2013 (Observar Tabla 14).

Tabla 14 Parámetros de monitoreo y frecuencia de medición de olores ofensivos

PARÁMETROS	FRECUENCIA	TIEMPO DE MONITOREO
Sulfuro de Hidrogeno (H ₂ S)	Anual	24 Horas
Amoniaco (NH ₃)	Anual	24 Horas

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Descripción	Criterios de Calidad
Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010	Capítulo 2. Niveles Máximos Permisibles
Resolución 8321 de 1983	Art. 36 y Art 41
Resolución 1541 de 2013	Art. 5 y Art. 6

Fuente. Bohorquez, K

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	63 de 83

Tabla 15. Ficha SMCV-1 seguimiento y monitoreo de la compensación Ambiental y Restauración de la Cobertura Vegetal

SMCV-1 SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE LA COMPENSACIÓN AMBIENTAL Y RESTAURACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL	
OBJETIVOS	
<ul style="list-style-type: none"> Hacer el seguimiento de las especies sembradas y las áreas re-vegetalizadas en el PTAG. 	
ETAPAS DE APLICACIÓN	
Operación y Clausura.	
FRECUENCIA	RESPONSABLE DE EJECUCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> Semestral 	<ul style="list-style-type: none"> Líder de Gestión Ambiental Líder de Disposición Final
SITIOS DE APLICACIÓN	
PTAG	
DESCRIPCIÓN DEL MONITOREO Y SEGUIMIENTO INTERNO DEL PROCESO	
<p>Llevar un registró completo de las cantidades de plantas sembradas en los entornos del proyecto, área de compensación ambiental e impacto paisajístico con barreras vivas. Se realizara un inventario semestral de los resultados obtenidos en la siembra de espacios arbóreas y arbustivas a través de la ejecución de los programas ambientales.</p> <p>Realizar un seguimiento e inventario de las áreas re-vegetalizadas, corroborando la supervivencia de las áreas sembradas y el sostenimiento de las mismas.</p>	
INDICADORES DE SEGUIMIENTO	
Descripción	Criterio de Calidad
(No. árboles sembrados / No. árboles establecidos como compensación) * 100	$\geq 80\%$
(m² de Cobertura Vegetal sembrados sobrevivientes / Total de m² sembrados en el año)*100	$\geq 75\%$

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	64 de 83

6.3 Diseño de infraestructura de la planta piloto de compostaje

La planta piloto de compostaje estará ubicada dentro de las instalaciones del PTAG, teniendo en cuenta que la empresa aseo urbano quiere iniciar el proceso de aprovechamiento con una cantidad de 17.5 toneladas de residuos, lo primero que se hizo fue establecer el volumen de residuo que se trataría en una pila de la siguiente manera: Para una pila de $5m^3$ (1m de ancho, 5m de largo 1 metro de alto) estas dimensiones son adaptas de bibliografía, con una densidad del residuos de $250 \text{ Kg}/m^3$ (dato tomado de los estudios de la empresa Aseo Urbano) se tiene:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$m = \rho * v$$

$$m = \frac{250Kg}{m^3} * 5m^3$$

$$m = 1250Kg \text{ de residuos por pila}$$

Si se quiere tratar 17500 Kg y cada pila está diseñada para procesar 1250 Kg de residuos entonces,

$$\text{cantidad de pilas} = \frac{17500Kg}{1250Kg}$$

$$\text{cantidad de pilas} = 14 \text{ pilas}$$

Debido a el proceso biológico de las bacterias para transformar los residuos en abono orgánico, el tiempo estimado según el manual de la FAO para el proceso completo de

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	65 de 83

compostaje es de aproximadamente 5 meses, lo cual quiere decir que la producción de abono será en este intervalo de tiempo, y además este manual indica que del 100% de residuos sin tratar solo se logra obtener un 40% - 50% de abono orgánico, es decir, que de los 17500 Kg solo se obtendrá una cantidad de abono alrededor de 7000-8750 Kg.

En el Reglamento Técnico de Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000 se establecen los siguientes parámetros de diseño para las edificaciones de una planta de compostaje:

1. El área mínima de almacenamiento de la materia prima de la unidad debe ser la suficiente para acomodar el equivalente a tres días de abastecimiento y el área mínima de almacenamiento para el material procesado debe tener la capacidad para dos meses.
2. Deben utilizarse paneles anchos para lo cual deben disponerse un número mínimo de columnas interiores de manera que se presente la mínima interferencia con la circulación de los vehículos.
3. Los paneles deben tener una altura de piso suficiente para el acomodamiento y volteo de los residuos sólidos.
4. La edificación debe tener puertas amplias de manera que no interfieran con las maniobras de los vehículos.
5. Ventilación. El sistema de ventilación debe ser diseñado de tal forma que no haya acumulaciones de sustancias que interfieran con la salud y la seguridad de las personas que laboran en la unidad.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	66 de 83

6. La unidad de aprovechamiento debe contar con el diseño del sistema de contraincendios.
7. La unidad debe contar con el diseño de las obras de drenaje para el control de las aguas de escorrentía e infiltración, diseño del sistema de recolección de lixiviados y diseño y localización de la planta de tratamiento, de éstos en caso de que se produzcan.

El manual de compostaje del valle de Aburra para la construcción se recomienda:

1. Piso duro
2. Cerramiento del área para evitar el ingreso de roedores y/o personas no autorizadas
3. Techo para impedir la entrada de agua lluvia al proceso de compostaje.
4. Se recomienda un estilo de instalaciones estándar, en caso de no contar con un sitio construido apto para instalar el sistema de compostaje.

Si en total la empresa aseo urbano quiere tratar 17500 kg de residuos en y conociendo el periodo de tiempo de todo el proceso que son 5 meses (150 días) se puede calcular que por día la planta recibiría 117kg/día, ahora teniendo en cuenta el primer parámetro del RAS, la zona de almacenamiento debe estar diseñada para mantener 3 días de residuos lo cual sería 351 kg entonces,

$$v = \frac{351 \text{ kg}}{250 \text{ kg/m}^3}$$

$$v = 1,5 \text{ m}^3$$

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	67 de 83

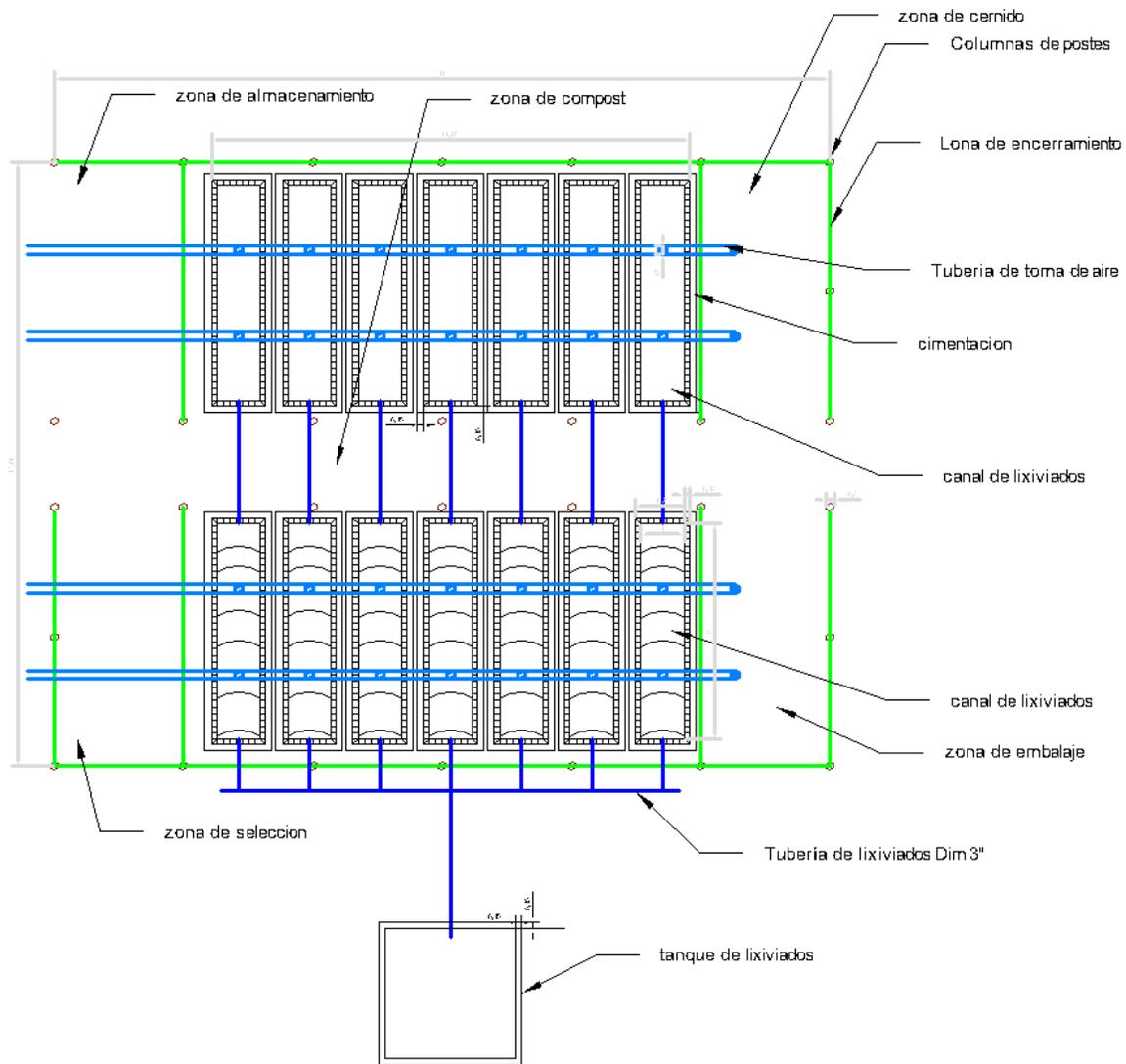
Se necesitarían 1,5 m³ cada 3 días

Teniendo un área de 18m² destinados a la zona de almacenamiento o un volumen de 36m³ con altura de techo de 2m, se afirma que se cumple con este parámetro ya que se tiene capacidad para mantener los residuos hasta 24 días aproximadamente. Las zonas de selección, cernido y embalaje estarán construidas en la misma área teniendo en cuenta el cálculo anterior. En cuanto a la zona de compostaje que estará compuesta por 14 pilas en total distribuidas dos bloques cada bloque conformada por 7 pilas y cada una con ancho de 1m para un total de 7m sumándole 0,3m de cada pila para el drenaje de lixiviado que en total sería 2.10m, con un borde cada una de 0.1m a cada lado que en total sería 1.4m, en total a lo ancho la zona de compostaje constaría de 10.5m el cual se aproximara a 12 para permitir el paso del operario de la planta; en cuanto al largo sería 10 m entre los dos bloques de pilas, también se tendrá en cuenta la medida del drenaje y borde de cada pila que es 0,6 m y 0,4 m respectivamente y un pasillo de 3m, en total a lo largo sería de 14m, es decir que el área total de la zona de compostaje es de 168m² y el total en área de la planta será de 252m².

En general, el diseño de la planta piloto de compostaje del Parque Tecnológico Ambiental Guayabal cuenta con cada una de estas recomendaciones y se pueden evidenciar en la siguiente imagen la cual representa la propuesta para el diseño realizado en AutoCAD y en el esquema 3D que se encuentra en los anexos de la planta piloto de compostaje.⁴

⁴ Observar el anexo 3 donde se encuentra el plano de la planta con detalle

Imagen 2 Diseño de la planta piloto de compostaje



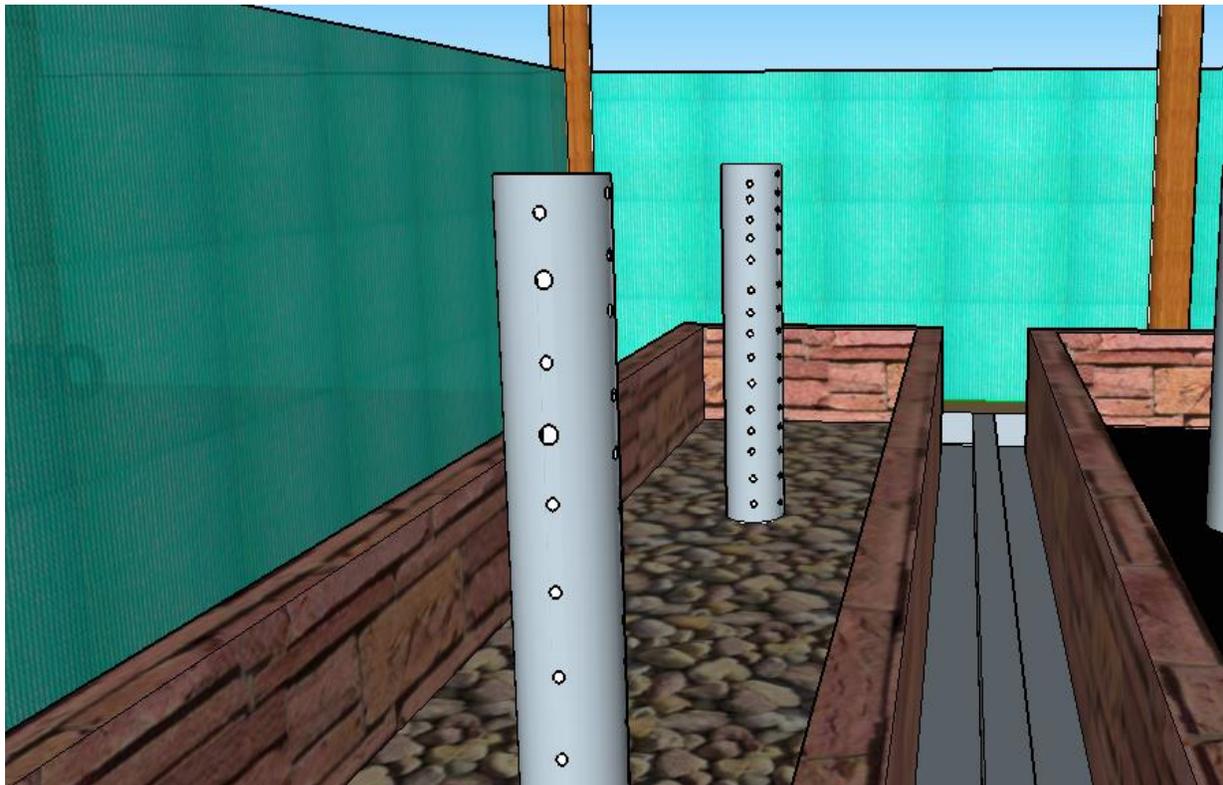
Fuente. Bohorquez, K

Además, se realizó una simulación en 3D de la construcción la planta en donde se puede observar más detalladamente la construcción de las pilas de compost, los canales y red de tubería para el transporte de lixiviados, también se optó por construir las pilas sobre un falso fondo que consta de piedra, geomembrana, plástico perforado y además se instalara un par de tuberías

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	69 de 83

verticales en cada pila perforadas con el fin de inyectarle aire al interior de pila para prevenir que el proceso biológico se prolongue o en el peor de los casos se arruine todo el proceso.⁵

Imagen 3 Visualización de tubería vertical



Fuente. Bohorquez, K

⁵ Observar el Anexo 4 donde se encuentra el diseño en 3D de la planta

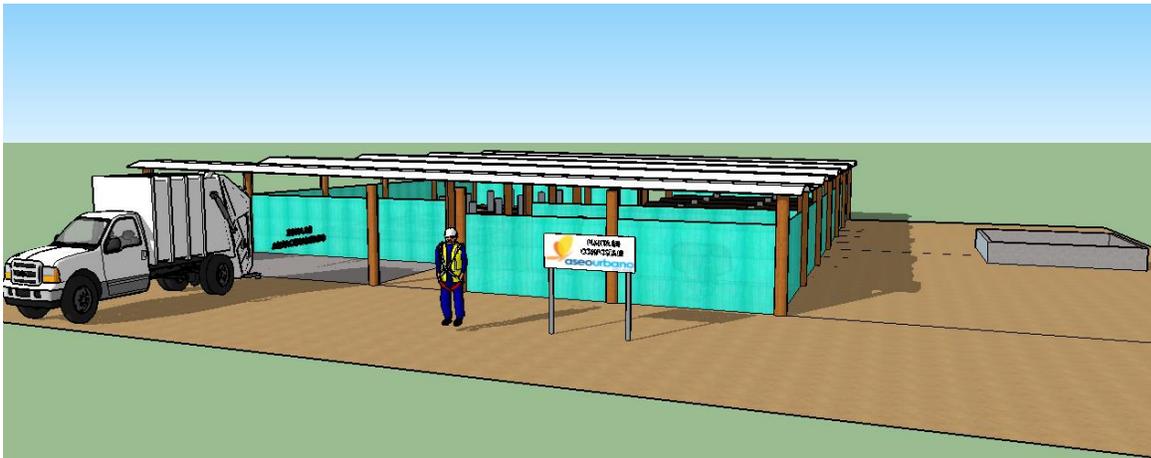
	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	70 de 83

Imagen 4 Visualización de las pilas de compost



Fuente. Bohorquez, K

Imagen 5 Visualización de la planta



Fuente. Bohorquez, K

Calculo del diámetro de la red de lixiviados

$$Q = 0,2785 * C * D^{2,63} * S^{0,54}$$

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	71 de 83

Tubería 1

$$Q = 1 \text{ Lt/día} = 0,00001157 \text{ Lt/s}$$

C (coeficiente de rugosidad) PVC = 140

$$S = \frac{0,05}{2,80} = 0,01785$$

$$D = \left(\frac{1,157^{-5}}{0,2785 * 140 * (0,01785)^{0,54}} \right)^{\frac{1}{2,63}}$$

$$D = 0,00753 = 0,29" \cong 1"$$

Tubería 2

$$Q = 2 \text{ Lt/día} = 0,00002315 \text{ Lt/s}$$

C = 140

$$S = \frac{0,1}{1,2} = 0,083$$

$$D = \left(\frac{2,315^{-5}}{0,2785 * 140 * (0,083)^{0,54}} \right)^{\frac{1}{2,63}}$$

$$D = 0,007153 = 0,28" \cong 1\frac{1}{2}"$$

6.4 Guía de operación de la planta piloto de compostaje

La guía de operación de la planta consiste básicamente en informar al operador sobre el proceso biológico del compostaje, descripción de las fases que se presentan, las condiciones de proceso y el material a compostar. En esta guía se encuentran establecidos los parámetros de control del proceso (temperatura, humedad, pH, oxígeno tamaño de la partícula, relación carbono-nitrógeno), los rangos óptimos y además informa al operador sobre qué actividades debe realizar si algún parámetro se encuentra en descontrol. En la siguiente tabla se puede observar por ejemplo los parámetros óptimos de humedad y que se debe hacer en caso de que el parámetro este fuera de lo normal.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	72 de 83

Tabla 16 Parámetros óptimos de humedad

Porcentaje de humedad		Problema	Soluciones
<45%	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)
45% - 60% Rango ideal			
>60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono, como serrines, paja u hojas secas.

Fuente. FAO

Al igual que la tabla anterior se encuentran todos los parámetros a controlar. En la siguiente tabla se observa los rangos óptimos de los parámetros a tener en cuenta en cada fase o etapa del proceso.⁶

⁶ Observar el anexo 5 guía de la planta piloto de compostaje.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	73 de 83

Tabla 17 Parámetros del compostaje

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para el compost en fase termófila II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C:N	25:1 – 35:1	15:1 – 20:1	10:1 – 15:1
Humedad	50% - 60%	45% - 55%	30% - 40%
Concentración de oxígeno	~ 10%	~10%	~10%
Tamaño de partícula	< 25 cm	~15 cm	<1,6 cm
pH	6,5 – 8	6 – 8,5	6,5 – 8,5
Temperatura	45 – 60 °C	45 °C Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Densidad	250 – 400 Kg/m ³	<700 Kg/m ³	<700 Kg/m ³
Materia orgánica (Base seca)	50% - 70%	>20%	>20%
Nitrógeno total (Base seca)	2,5 – 3%	1 – 2%	~1%

Fuente. FAO

En esta guía también se encuentran algunos ejemplos para calcular las dimensiones de las pilas, además se encuentra la fórmula de calcular la relación carbono/nitrógeno acompañado de una breve explicación, asimismo se encuentran los valores de referencia en materias primas para el compostaje.

6.5 Registro legal ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)

En aras de que la empresa pueda comercializar el producto libremente a nivel regional y nacional, se realizó una investigación en las instalaciones del ICA sobre los requisitos legales para el registro de producción y venta de compost, para el cual se definieron dos procesos, el

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	74 de 83

registro como productor y el registro de venta, a continuación se describe los requisitos para cada registro.

6.5.1 Registro como productor.

Para llevar a cabo el registro como productor de acondicionadores de suelos ante el ICA se debe:

- Diligenciar el formato ICA 3 – 894. Este formato se encuentra en el siguiente link: <http://www.ica.gov.co/Tramites/Formas-para-los-tramites.aspx>
- **Contratos.**
 - *Arrendamiento.*

Si el lugar donde se realiza la producción del acondicionador del suelo es arrendado, anexar el contrato de arrendamiento, si el lugar es propio anexar escrituras de la propiedad.

- *Director técnico.*

Se debe presentar un certificado donde conste que se ha celebrado contrato con un biólogo, químico, agrónomo, microbiológico, ingeniero biotecnológico o bacteriólogo para ejercer funciones de director técnico responsable de la calidad del o los productos.

- *Fabricación, formulación, envasado, empaque.*
- *Control de calidad.*

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	75 de 83

Para el control de calidad se debe contar el contrato con alguno de los laboratorios certificados y autorizados por el ICA, los cuales se pueden consultar en el siguiente link:

<http://www.ica.gov.co/Areas/laboratorios/Laboratorios-Registrados-ICA.aspx>

- **Certificado de existencia y representación legal o matrícula mercantil.**

Se debe anexar el registro ante la cámara de comercio.

- **Facturas de pago por la tarifa vigente.**

Las tarifas de pago para el 2015 se pueden consultar en el siguiente link:

<http://www.ica.gov.co/Tarifas/Servicios-Tarifados-ICA-Ano-2015.aspx> el cual para el registro de productor es el ítems 681 por el concepto de: Registro de productor (fabricante, formulador, envasador o empacador) de fertilizantes y/o acondicionadores de suelos.

- **Croquis (planta, bodegas).**

Luego de haber diligenciado y presentados los documentos nombrados anteriormente el ICA dispondrá hasta de treinta (30) días hábiles a partir de la radicación completa de la solicitud de registro para analizar, aceptar y realiza una visita técnica de verificación de los datos señalados anteriormente. El ICA emitirá concepto favorable, pendiente o desfavorable según sea el caso. Si el concepto es desfavorable se rechazara la solicitud; si el concepto es pendiente, en el acta de la visita técnica se otorgara un plazo máximo de hasta sesenta (60) días calendario contados a partir de la fecha de la firma de la misma para que el solicitante del registro efectuó las correcciones o adecuaciones requeridas.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	76 de 83

Si realizada la verificación por parte del ICA, el solicitante no ha dado cumplimiento al o los ajustes respectivos dentro del término mencionado, se considerara desistida la solicitud, procediendo mediante oficio a la devolución de la misma dentro de los quince (15) días hábiles siguientes con sus anexos, sin perjuicios que pueda realizar una nueva solicitud, cancelando la tarifa correspondiente.

6.5.2 Registro de venta.

Para llevar a cabo el registro de venta ante el ICA se debe:

- Diligenciar el formato ICA 3 – 896. Este formato se puede consultar en el siguiente link: <http://www.ica.gov.co/Tramites/Formas-para-los-tramites.aspx>
- Certificado de existencia y representación legal si se trata de persona jurídica, o matrícula Mercantil, si es persona natural con fecha de expedición no mayor a noventa (90) días al momento de la presentación del formulario de solicitud ante el ICA.
- Contrato suscrito con un laboratorio de control de calidad registrado ante el ICA para tal efecto, en caso de no contar con un laboratorio propio o que en éste no se efectúen todas las pruebas de calidad requeridas para los productos a elaborar.
- Certificado de análisis físico químicos o microbiológicos realizados por los laboratorios registrados en el ICA, o en su defecto, por el fabricante en el exterior.
- Hoja de seguridad del producto.
- Soporte de las recomendaciones de uso.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	77 de 83

- Proyecto de etiquetado, por duplicado de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana no. 40. Abonos o Fertilizantes, Etiquetado.

- Métodos de Control de Calidad.

- Certificado de libre venta de país de origen.

- Fichas técnicas de las materias primas.

- Ficha técnica del producto de acuerdo con la Guía.

- Comprobante de pago por la tarifa establecida para este servicio. Las tarifas de pago para el 2015 se pueden consultar en el siguiente link:

<http://www.ica.gov.co/Tarifas/Servicios-Tarifados-ICA-Ano-2015.aspx> el cual para el registro de venta es el ítems 691 por el concepto de: Registro de venta de rocas fosfóricas y acondicionadores de suelos (Enmiendas, compost, lombricompuestos).

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	78 de 83

7. Conclusiones

- Según el análisis hecho a la caracterización de residuos sólidos ordinarios y como resultado del acompañamiento a las rutas, se puede afirmar que de las 850 ton/día en promedio que ingresan al Parque Tecnológico Ambiental Guayabal el 50% de estos residuos sólidos ordinarios son orgánicos, los cuales no están siendo aprovechados.
- La construcción y operación de la planta piloto de compostaje resulta viable según los resultados de la evaluación de impactos ambientales, ya que la degradación ambiental en el lugar no es significativa y es recuperable por medios naturales o por la acción del hombre, además, la demanda de recursos naturales y económicos es mínima, por el contrario, la implementación de este proyecto es beneficioso para el ambiente por los nutrientes que el producto aporta al suelo para las actividades de reforestación.
- El desarrollo del compostaje en el Relleno Sanitario Guayabal resulta útil, debido a que el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, aumenta directamente la vida útil del Relleno, al mismo tiempo, la ubicación del lugar presenta las condiciones climáticas óptimas para el proceso biológico.
- La certificación como productores y vendedores de acondicionadores de suelo, son posibles y fáciles de obtener para la empresa, ya que posee todos los requisitos que la institución solicita y se espera que el producto cumpla con los parámetros de calidad según la normativa colombiana.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	79 de 83

8. Recomendaciones

- Para facilitar el proceso de selección de residuos orgánicos en el Parque Tecnológico Ambiental Guayabal se recomienda realizar campañas de sensibilización y educación sobre la separación en la fuente a la población seleccionada para iniciar el proyecto, donde se implementen charlas interactivas y videos. Para fortalecer este proceso es recomendable que estas charlas se den de manera periódica a la población.
- Para estudiar la viabilidad económica se sugiere realizar un estudio de mercadeo donde se indague sobre los posibles compradores, los precios y calidad del producto que se encuentran en el mercado asimismo estudiar la competencia que hay a nivel regional. El estudio además puede dar indicaciones del precio al que se debe ofertar el producto.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	80 de 83

9. Referencias

Alcaldía de Cúcuta. (2014). *Nuestro Municipio*. [En línea]. Recuperado de http://www.cucuta-nortedesantander.gov.co/informacion_general.shtml#historia

Alcaldía de Cuenca, Ecuador. (2013). *Planta de compostaje EMAC*. [En línea]. Recuperado de <https://gobernanzalocal.wordpress.com/2013/06/20/planta-de-compostaje-emac-cuenca/>.

Alcaldía de San José de Cúcuta. (2010). *Ajuste y revisión del plan de ordenamiento territorial del municipio de San José de Cúcuta*. [En línea]. Recuperado de http://www.cucuta-nortedesantander.gov.co/apc-aa-files/34366363326537303063366361663363/DTS_REVISION_CUCUTA.pdf

Departamento de residuos sólidos. (2008). Ayuntamiento de Madrid. [En línea]. Recuperado de http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Valdemingomez/05_Legislacion/Espanola/Residuos/Ley11_1997.pdf.

Ingenio del Cauca Incauca S.A. (2013). *Planta de compostaje el Hortigal*. [En línea].
Recuperado de http://www.ingas.com.co/proyecto_detalle_ingas_invernaderos_medellin_colombia.php?ID_proyecto=1.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	81 de 83

Ingenio Mayagüez. (2015) *Compost*. [En línea]. Recuperado de

<http://www.ingeniomayaguez.com/compost>

Ingenio Providencia S.A. (2015). *Procesos / Destilería*. [En línea]. Recuperado de

<http://www.ingprovidencia.com/procesos/85>.

Jaramillo y Zapata (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*.

[En línea]. Recuperado de

<http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2013). *Decreto 2981 de 2013*. [En línea].

Recuperado de <http://www.actualicese.com/normatividad/2013/Decretos/D2981-13.pdf>

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	82 de 83

10. Bibliografía

Gracia, A., Jiménez, K. *Estudio de la gestión ambiental del relleno sanitario “el guayaba”*

Cúcuta – Norte de Santander. [En línea]. Recuperado de

http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/2055/1/digital_24298.pdf

Jaramillo y Zapata (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia.*

[En línea]. Recuperado de

<http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

Manual de Compostaje, Experiencias Realizadas años 2004-2008, Ministerio de Medio

Ambiente y Medio Rural y Marino. [En línea]. Recuperado de

http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/manual_de_compostaje_2011_paginas_1-24_tcm7-181450.pdf

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2013). *Decreto 2981 de 2013.* [En línea].

Recuperado de <http://www.actualicese.com/normatividad/2013/Decretos/D2981-13.pdf>

Plan de Manejo Ambiental Integral relleno sanitario Guayabal - Actualización 2010

Plan de Manejo Ambiental, Parque Tecnológico Ambiental Las Bateas

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, Título F –

Sistemas de Aseo Urbano.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental	Código	1.1 00
		Página	83 de 83

Röben, E. *Manual de Compostaje para municipios*. [En línea]. Recuperado de

<http://www.resol.com.br/Cartilha7/ManualCompostajeparaMunicipios.pdf>

Román, P., Martínez, M., Pantoja, A. *Manual de Compostaje del Agricultor, Experiencias en*

América Latina, FAO. [En línea].recuperado de

<http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>

Sepúlveda, L., Alvarado J. *Manual de Compostaje, Manual de Aprovechamiento de Residuos*

Orgánicos a través de Sistemas de Compostaje y Lombricultura en el Valle de Aburra. [E

n línea]. Recuperado de

<http://www.metropol.gov.co/Residuos/Documents/Cartillas/Manual%20Compostaje.pdf>

Valenzuela, M. *Optimización en el Manejo y Aprovechamiento de los Residuos Sólidos*

Generados en el Centro Comercial Andino. Universidad el Bosque. [En línea].

Recuperado de <http://oab.ambientebogota.gov.co/apc-aa->

[files/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/residuos_andino.pdf](http://oab.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/residuos_andino.pdf)

Yanez, S. (s.f.). *Informe de Especies Vegetales en el PTAG*.