

HERRAMIENTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS  
ORGÁNICOS EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE HASTA BÁSICA  
SECUNDARIA.

MIGUEL ÁNGEL RAMÍREZ ROMERO  
JOSÉ FERNANDO SARRIA PAREDES

UNIVERSIDAD ICESI  
INGENIERÍA INDUSTRIAL

SANTIAGO DE CALI  
2009

HERRAMIENTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS  
ORGÁNICOS EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE HASTA BÁSICA  
SECUNDARIA.

MIGUEL ÁNGEL RAMÍREZ ROMERO  
JOSÉ FERNANDO SARRIA PAREDES

Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de Ingeniero  
Industrial

DIRECTORA DEL PROYECTO  
SORY CAROLA TORRES  
Licenciada especialista en Ingeniería Sanitaria y Medio Ambiente

UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2009

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	12
1 MEDIO AMBIENTE	14
1.1 TITULO DEL PROYECTO	14
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	14
1.3 PROBLEMA A TRATAR	14
1.4 JUSTIFICACION	17
1.5 DELIMITACIÓN Y ALCANCE	18
2 OBJETIVOS	21
2.1 OBJETIVO GENERAL	21
2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO	21
2.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
3 METODOLOGÍA	22
3.1 ESTRATEGIA METODOLÓGICA	22
4 MARCO DE REFERENCIA	29
4.1 ANTECEDENTES E INVESTIGACIONES PREVIAS	29
4.2 MARCO TEÓRICO	33
4.2.1 Residuos sólidos	33
4.2.2 Residuos sólidos orgánicos	35
4.2.3 Enfermedades asociadas	35
4.2.4 Gestión integral de residuos sólidos	37
4.2.5 Alternativas tecnológicas para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos	39
4.3 MARCO LEGAL	68
4.3.1 la Constitución Política De Colombia	68
4.3.2 Ley 1259 de 2008	69
4.3.3 Resolución 1045 De 2003	71

4.3.4	Decreto 1860 De 1994	72
4.3.5	Decreto 1505 De 2003	73
4.3.6	Decreto 838 de 2005	74
4.3.7	Decreto 1140	76
4.4	APORTE INTELECTUAL	77
5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	78
5.1	RECURSOS DISPONIBLES	78
5.2	RECURSOS DISPONIBLES	79
5.3	CRONOGRAMA	81
5.4	MATRIZ DE MARCO LÓGICO	82
6	DESARROLLO DEL PROYECTO	86
6.1	INSTITUCIONES EDUCATIVAS A TRATAR IDENTIFICADAS	86
6.2	ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS IDENTIFICADAS	89
6.2.1	Visitas de campo	86
6.3	DISEÑO DE LA HERRAMIENTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RSO PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE HASTA BÁSICA SECUNDARIA.	90
6.3.1	Elaborar matrices para la selección de la o las tecnologías viables	96
6.3.2	Herramienta	103
6.4	APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DISEÑADA EN TRES INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE HASTA BÁSICA SECUNDARIA	112
6.4.1	Selección de las tres instituciones	112
6.4.2	DIAGNÓSTICOS	117
6.4.3	Resultados de la fase 2 y 3 de la herramienta	141
6.4.4	Revisión por expertos	158
6.4.5	Capacitaciones	158
6.4.6	Estructura de las capacitaciones	163
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	174
7.1	CONCLUSIONES	174

7.2	RECOMENDACIONES	177
7.2.1	A las instituciones educativas trabajadas	177
7.2.2	Recomendaciones al proyecto	195
	GLOSARIO	197
	BIBLIOGRAFÍA	202

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1: Estrategia metodológica	23
Tabla 2: Principales microorganismos presentes en los residuos con sus correspondientes enfermedades	36
Tabla 3: Exigencias legales para la fabricación y venta del compost	41
Tabla 4: Parámetros de control de estabilidad del compost	44
Tabla 5: Propiedades del Vermicompost	51
Tabla 6: Organigrama	78
Tabla 7: Recursos financieros	80
Tabla 8: Cronograma	81
Tabla 9: Matriz de marco lógico	82
Tabla 10: listado de colegios y jardines de la comuna 22	86
Tabla 11: Descripción de tecnologías	92
Tabla 12: Recopilación de información	95
Tabla 13: afinidad tipos de residuo – tecnología	96
Tabla 14: Definición de la tecnología a partir del producto deseado	97
Tabla 15: Requerimiento de mano de obra por tecnología	98
Tabla 16: Relación temperatura ambiente y tecnología	99
Tabla 17: olores expelidos por tecnología	100
Tabla 18: tipos de suelos adecuados para cada tecnología	100

Tabla 19: Nivel freático	101
Tabla 20: Costo estimado por tecnología	102
Tabla 21: Ficha herramienta	110
Tabla 22. Instituciones afines al proyecto	115
Tabla 23. Separación en la fuente	117
Tabla 24: Generación Diaria De RSO Provenientes De La Preparación. Colegio Berchmans	123
Tabla 25: Composición de RSO	124
Tabla 26: generación diaria de RSO provenientes de la preparación de alimentos. Colegio Tacurí	132
Tabla 27: Composición RSO	132
Tabla 28: generación diaria de RSO en el Centro De Adopción Chiquitines	139
Tabla 29: composición de RSO del Centro De Adopción Chiquitines	139
Tabla 30: Resultados de la fase 2 y 3 de la herramienta chiquitines	141
Tabla 31: Resultados de la fase 2 y 3 de la herramienta Berchmans	149
Tabla 32: Resultados de la fase 2 y 3 de la herramienta Tacurí	141
Tabla 33: Tabla costos	181

## LISTA DE IMAGENES

	pág.
Imagen 1: Ramada	86
Imagen 2: Pilas de compostaje UniValle	88
Imagen 3: Protocolo	92
Imagen 4: Ficha entrevista	93
Imagen 5: UCAR	118
Imagen 6: Compartimientos UCAR	118
Imagen 7: Plástico	119
Imagen 8: Extintores	119
Imagen 9: Elementos de protección personal y vehículo para transporte de residuos.	120
Imagen 10: Residuos mezclados	122
Imagen 11: Residuos Sólidos Orgánicos	125
Imagen 12: Proceso de pesaje.	126
Imagen 13: Costal para podas	127
Imagen 14: hojas secas y podas	127
Imagen 15: Lombricultura	128
Imagen 16: Quema de podas y hojas secas	130
Imagen 17: Montaje tecnología	130
Imagen 18: contenido lombricultura	130
Imagen 19: Crudos y cocinados Tacurí	131

Imagen 20: pesaje recipiente	135
Imagen 21: Pesaje	136
Imagen 22: RSO chiquitines	136
Imagen 23: RSO miércoles	137
Imagen 24: RSO jueves	137
Imagen 25: RSO viernes	138
Imagen 26: RSO sábado	138
Imagen 27: espacios opcionados para chiquitines	146
Imagen 28: Piscina	147
Imagen 29: Canal	147
Imagen 30: Fuente hídrica	148
Imagen 31: Himalaya	153
Imagen 32: Camas	153
Imagen 33: Espacio de disposición final	157
Imagen 34: Lombricultura	157
Imagen 35: Capacitaciones chiquitines	160
Imagen 36: Capacitaciones Tacurí	160
Imagen 37: Capacitaciones Berchmans	162
Imagen 38: Diapositiva 1	163
Imagen 39: Diapositiva 2	163
Imagen 40: Diapositiva 3	163
Imagen 41: Diapositiva 4	165

Imagen 42: Diapositiva 5	167
Imagen 43: Diapositiva 6	168
Imagen 44: Diapositiva 7	169
Imagen 45: Diapositiva 8	170
Imagen 46: Diapositiva 9	170
Imagen 47: Diapositiva 10	171
Imagen 48: Diapositiva 11	171
Imagen 49: Diapositiva 12	172
Imagen 50: Espacio interior de la ramada	179
Imagen 51: Espacio exterior	179
Imagen 52: Diseño base de cemento	180
Imagen 53: Estructura individual	181
Imagen 54: Camas de ladrillo	185
Imagen 55: Espacio para la producción de abono	186
Imagen 56: Situación de las canecas	187

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: tipo de residuo	pág. 96
Cuadro 2: principal entrada para obtener el producto final deseado	97

## INTRODUCCIÓN

De la mano del crecimiento económico y el desarrollo de la humanidad los residuos sólidos han incrementado notablemente su volumen y complejidad haciendo cada vez más difícil su asimilación por el medio ambiente. De estos residuos generados, según algunas investigaciones, en los países en vía de desarrollo cerca del 66% corresponde a la fracción orgánica, la cual presenta una tasas de descomposición bastante altas en relación a los demás materiales, los impactos que tiene el manejo inadecuado de estos representa un grave problema para el medio ambiente y, por consiguiente, para los seres humanos, bien sea directa o indirectamente.

Esta fracción es susceptible de aprovechamiento si se permite la presencia de estos procesos de descomposición de manera controlada para la obtención de un producto final deseado como abonos, energía, gas de cocina, alimentación animal, entre otros. De esta forma se obtiene un beneficio doble que redundará finalmente en el mejoramiento de la calidad de vida de las personas debido a que esto se convierte en una oportunidad de negocio al tiempo que se mitiga los impactos proporcionados por el mal manejo de estos.

Para lograr un resultado deseado en cuanto al manejo y aprovechamiento de estos residuos, más que contar con las tecnologías apropiadas, se necesita una concientización y sensibilización de las personas sobre el tema, ya que esto se verá reflejado en una correcta separación en la fuente que es la base fundamental de cualquier programa de aprovechamiento, puesto que es esta operación de donde se obtiene la materia prima a ser transformada a través de dichas tecnologías.

Con el fin de contribuir en la generación de consciencia y sensibilización, y que esta tenga un impacto mayor en el largo plazo, se decidió trabajar con

instituciones educativas de hasta básica secundaria, es decir, jardines y bachillerato, buscando una interiorización de esto desde la temprana edad con una menor resistencia al cambio, complementando los procesos educativos fortaleciendo la relación humano-medio ambiente.

Para lo anterior se diseñó una herramienta que nos permitió seleccionar tres colegios afines al proyecto, y para cada uno de estos una tecnología de aprovechamiento viable. Esto se realizó dentro del marco de la ingeniería industrial que permitirá abarcar un abanico de beneficios en cuanto a la reducción de costos por transporte de recolección y adquisición de fertilizantes o abonos; agregarle valor al proceso educativo de la institución a través de la integración de proyectos ambientales con las áreas académicas tradicionales de manera fundamentada y continua. Para lograr esto se aplicaron conceptos como creación de nuevos productos, aprovechamiento de materias primas que anteriormente eran consideradas como desperdicios y fuente de sobrecostos. También se utilizaron conceptos como control de procesos en donde se intenta mantener, bajo unos parámetros, ciertos factores críticos para la obtención de un producto que satisfaga las necesidades de la institución. Además de la integración de la cadena de abastecimiento suportado con una coordinación y colaboración de clientes internos y externos, y todo esto bajo la constitución de un sistema prospero en términos económicos y que vaya de la mano del medio ambiente teniendo en cuenta una responsabilidad social.

# 1 MEDIO AMBIENTE

## 1.1 TITULO DEL PROYECTO

Herramienta para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en instituciones educativas de hasta básica secundaria.

## 1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

A pesar de que hay gran documentación sobre el tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánico a nivel nacional e internacional, la mayoría de los sectores en la ciudad de Santiago de Cali, enfocándose en los colegios de bachillerato y jardines de la comuna 22, no les dan un tratamiento adecuado y no se está aprovechando el gran potencial de dichos residuos.

## 1.3 PROBLEMA A TRATAR

Como consecuencia de los problemas ambientales y el aumento de la producción de residuos sólidos orgánicos, los cuales cada día presentan una mayor dificultad para ubicarlos por su complejidad a nivel social, ambiental, geográfico y económico, Se ha dado inicio a investigaciones sobre el desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de dicha fracción, las cuales han generado mucha documentación que cambia la percepción que se tiene sobre estos residuos, atribuyéndoles un valor muy grande, que los convierten en recursos potenciales para obtener beneficios económicos de ellos.

El manejo inadecuado de los residuos sólidos orgánicos es fuente de problemas de salud. La fermentación sin control de la basura permite el desarrollo de bacterias, donde también hay diferentes seres vivos como aves, roedores e insectos que facilitan la proliferación de estas infecciones, causando

enfermedades como: Hepatitis A y B, Meningitis, afecciones respiratorias, Diarrea, Fiebre tifoidea, Cólera, entre otras más enfermedades provenientes de virus, bacterias y protozoos.<sup>1</sup>

La contaminación de fuentes hídricas, también se ha visto afectada por el mal manejo de los residuos sólidos orgánicos. Los vertederos se han ubicado cerca de quebradas y ríos donde la lluvia se ha convertido en el medio, por el cual los residuos terminan en dichas vías fluviales. Que a su vez, mientras continúan su curso, van contaminando sus alrededores y cuyos efectos contaminantes son aumentados cuando es utilizada en actividades humanas como riegos, ganado, preparación de alimentos entre otras. Además, los lixiviados de estos residuos mal destinados, que drenan a través de los suelos, terminan mezclándose con las aguas subterráneas y contaminándolas.<sup>2</sup>

Por otro lado, uno de los malos tratamientos comúnmente utilizado para la eliminación de los residuos sólidos orgánicos es la quema indiscriminada e irresponsable de estos. Según el centro panamericano de ecología humana y salud, de la organización panamericana de la salud, las cantidades calculadas de partículas contaminantes que son arrojados a la atmosfera de SO<sub>2</sub>, Oxido nitroso, hidrocarburo y CO, debido a dicha quema, contribuyen relevantemente al aumento del efecto invernadero, principal causante del calentamiento global, y la destrucción de la capa de ozono.<sup>3</sup>

Otro factor importante sobre el mal manejo de los residuos sólidos orgánicos, es que durante el proceso de descomposición de estos, se genera un biogás compuesto principalmente por metano y bióxido de carbono, lo cuales tiene un

---

<sup>1</sup> KIELY, Gerard. Ingeniería Ambiental: Fundamentos, Entornos, Tecnologías y Sistemas de Gestión. Ed. 1ª. Barcelona: 1998. 843 p. Tratamiento de Residuos Sólidos. ISBN: 8448120396.

<sup>2</sup>KIELY, Gerard. Ibíd., p. 844.

<sup>3</sup> KIELY, Gerard. Ibíd., p. 70 - 71.

impacto importante en el efecto invernadero, trayendo como consecuencia el calentamiento global.

Además de los problemas ambientales anteriormente mencionados, en las instituciones educativas el no tener un plan de gestión para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos ha ayudado a que se aumenten sus costos de recolección de basura, ya que el 80% de la denominada “basura” es residuos sólidos orgánicos, y si se aprovecharan podrían disminuirse el volumen entregado a la empresa recolectora, lo cual tendría un impacto en los costos.

La carencia del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en las instituciones se debe según el centro de documentación de la universidad del valle CINARA a los siguientes factores: un desconocimiento de las tecnologías existentes, el no tener interés en implementarlas debido a que no se conoce el beneficio económico que se puede obtener con esto, la falta de compromiso de algunos docentes, la resistencia al cambio, la falta de recursos económicos para destinarlo a temas ambientales, falta de campañas educativas por parte de la Secretaría de educación y no hay conciencia sobre el manejo de residuos sólidos entre otras<sup>4</sup>.

Por otro lado, aunque se han desarrollado propuestas como el PRAES para obligar a los colegio a desarrollar programas ambientales, no se tiene un seguimiento por parte del Ministerio de Educación Nacional y de la Secretaria de Educación Ambiental, genera que no se cumplan a cabalidad. También la falta de un medio de socialización de los proyectos ambientales que se desarrollan en las instituciones educativas ha sido una barrera para incentivar y tener una retroalimentación interinstitucional, que promuevan el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.

---

<sup>4</sup> COLOMBIA, Departamento administrativo de planeación municipal, Alternativas ciudadanas al manejo de residuos en Cali, Santiago de Cali, La Alcaldía, 2006. 125 p.

A nivel mundial ya se ha comenzado a implementar toda esa documentación, Alemania es un claro ejemplo de innovación tecnológica y sistemas de tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Esta realidad contrasta con las practicas que se tienen actualmente en la ciudad de Cali, en donde, a pesar de la vasta documentación y las ventajas que conllevan dichas prácticas amigables con el medio ambiente, apenas en el 2008 se dio el primer paso para hacerse a estas. Aunque en las instituciones educativas en especial las de la comuna 22 no se tiene planes serios para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, ya se realizo una prueba piloto en una bodega del norte de la ciudad, en donde se realizo una caracterización de los residuos que se producen en esta, y se encontró que de estos, entre en 11% y el 14% son susceptibles de aprovechamiento, lo que ha servido de base solida para la construcción del primer centro de acopio de la ciudad.<sup>5</sup>

#### 1.4 JUSTIFICACION

Debido al manejo inadecuado de los residuos sólidos orgánicos se han incrementado problemas como: contaminación de aguas, contribución al efecto invernadero, consecuencias directas e indirectas sobre la salud de las personas, del mismo modo que las dificultades de tipo social, geográfico, económico y del impacto al entorno en cuanto a la ubicación de dichos residuos; a nivel mundial se han tomado acciones, desarrollando proyectos para el tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos contrarrestando su efecto y convirtiéndolos en una oportunidad económica.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> BECERRA CARDENAS, Katherine. Estrategia Del PGIRS Para El 2009. Departamento Administrativo de planeación municipal. 2009.  
<http://www.cali.gov.co/noticias.php?id=18523>

<sup>6</sup> DEL VAL, Alfonso. Tratamiento De Residuos Sólidos Urbanos: Bases Para Una Gestión Más Sostenible De Los Residuos. CVC. 1997.  
<http://habitat.aq.upm.es/cs/p3/a014.html>

En contraste a esta tendencia global, vemos que en la ciudad de Santiago de Cali, a pesar de la vasta documentación sobre el tema, no se ha tomado acciones considerables al respecto. El lograr generar un modelo de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en tres colegios o jardines de la comuna 22, podrá marcar un comienzo para cambiar esto, porque podrá mostrar a otras instituciones y sectores que si es posible obtener ventajas de lo que hoy se considera “basura”.

Trabajando con las instituciones educativas es más fácil interiorizar en las personas la importancia y las ventajas del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, porque se puede crear conciencia, incluirlo en el desarrollo integral e introduciendo estas prácticas dentro de la cultura ciudadana.

Se escogen instituciones educativas hasta básica secundaria de la comuna 22, porque es un sector de la ciudad de Santiago de Cali donde no se ha trabajado ampliamente en este tema, y debido al diseño campestre de dichas instituciones se facilita para la aplicación de la herramienta, porque se cuenta con el espacio y el volumen de residuos necesario en muchas de ellas.

Por otro lado, el desarrollo de este proyecto en tres instituciones educativas hasta bachillerato, representa en cada una de ellas una oportunidad de negocio y reducción de costos, sacando de algo que se considera “basura”, abonos, energía y harinas. Al tener un plan adecuado para el aprovechamiento se disminuye el volumen de residuos que es recolectado por la empresa encargada, lo cual tendrá un impacto considerable en los costos de la institución.

## 1.5 DELIMITACIÓN Y ALCANCE

El proyecto “Herramienta para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en instituciones educativas.” es un proyecto de tipo Industrial Aplicado y de investigación descriptiva que abarca desde la documentación sobre los

residuos sólidos orgánicos y sus diferentes alternativas de tratamiento y aprovechamiento hasta la generación de una herramienta sustentable que permita determinar una o varias tecnologías viables. Dicha herramienta consta de la elaboración seguida de su aplicación en tres instituciones educativas hasta básica secundaria de la comuna 22 en la ciudad de Cali, donde se realizará el montaje inicial.

Se tomará en cuenta solo tres instituciones educativas para la aplicación de la herramienta debido al tiempo disponible para el desarrollo del proyecto y los recursos económicos que este implica.

La duración del proyecto será de 8 meses, la primera etapa que se desarrollara en el primer semestre del 2009, donde se analizaran las diferentes documentaciones existentes sobre los residuos sólidos orgánicos, los problemas que contraen y las diferentes tecnologías para su tratamiento y aprovechamiento. En esta etapa se planeará la manera como se desarrollará nuestro proyecto para cumplir con él a cabalidad.

Como consecuencia del calendario escolar de las instituciones educativas, en la etapa inicial se debe adelantar una parte de la herramienta que me permita la selección de dichas instituciones, con las que se validará.

En la segunda etapa del proyecto por medio de la herramienta con todos sus variables, factores e indicadores se determinará la o las tecnologías viables para el aprovechamiento de RSO en las instituciones seleccionadas.

Finalmente, Las variables y criterios a tener en cuenta para el desarrollo del proyecto, son la composición de la fracción orgánica de los residuos generados en las instituciones, las condiciones del entorno como la temperatura, tipo de suelo, nivel freático, cercanía de fuente hídricas y costos Así como la disposición de

dichas instituciones, su espacio, si tiene separación en la fuente y recursos para realizar el montaje inicial de la tecnología.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Contribuir en el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos por medio de una herramienta para instituciones educativas hasta básica secundaria.

### **2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO**

Generar una herramienta para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en instituciones educativas de hasta básica secundaria.

### **2.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Revisión bibliográfica sobre aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.
- Instituciones educativas a tratar identificadas.
- Alternativas para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos identificadas.
- Diseño de la herramienta para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para institución educativas hasta básica secundaria.
- Aplicación de la herramienta diseñada en tres instituciones educativas hasta básica secundaria.

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Tabla 1: Estrategia metodológica

No.	Etapas del proyecto	Actividades críticas	Metodologías específicas
1	Revisión bibliográfica y crear el marco de referencia.	Documentar antecedentes y realizar el marco teórico y normativo.	-Consulta y análisis bibliográfico relacionado con el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. -Selección de la información apropiada y con un contenido sustancial para el proyecto. -documentar estudios previos relacionas con el tema. - definir los conceptos claves para el desarrollo del proyecto y la

			normatividad que se debe tener en cuenta.
2	-identificar el sector a tratar	-Identificación de las instituciones hasta bachillerato de la comuna 22.	- Visita a la secretaria de Educación Municipal para la obtención del listado de colegios y jardines de la comuna 22. - Ubicación de las instituciones y tomas fotográficas
3.	-identificar alternativas para el aprovechamiento de RSO.	- seleccionar cuales de las alternativas son viables en nuestro entorno	-Se investigará a fondo sobre las tecnologías existentes. -Se visitará el centro de documentación de la universidad del valle. -Opinión de expertos. - Se realizarán visitas de campo, videos, se leerán manuales, se

			<p>investigará sobre dichas tecnologías.</p> <p>- se realizará matrices que nos permita contrastar las características de las tecnologías según las diferentes fuentes.</p>
4.	- Diseñar la herramienta	- identificar los parámetros que se tendrán en cuenta.	<p>-A partir de la revisión bibliográfica, de la identificación del sector, y la identificación de alternativas, se definen los factores, variables e indicadores que intervendrán en nuestra herramienta: como disponibilidad del colegio, espacio, temperatura, nivel freático, tipo de suelo, volumen de residuos</p>

			generados entre otros.
3.	-creación de ficha con criterios claves para la selección de instituciones	-Documentar criterios claves para la selección de instituciones	- Determinación de los factores críticos de las tecnologías, colegios y jardines para lograr el aprovechamiento de los residuos.
4.	-Conocer las condiciones de los colegios y jardines	- Visita a los colegios y jardines	- Elaboración de una carta con el logo de la universidad, como soporte institucional, donde se manifieste el asunto de la cita. - toma de fotografías -obtención de la cita por medio telefónico, correo electrónico o personalmente. - Entrevista con la persona

			encargada --organizar la información obtenida de las visitas.
6.	- Cálculo y medición de los factores e indicadores de la herramienta.	-Medición de la cantidad de RSO generados por estudiante. -Medición de temperatura, determinación de tipo de suelo y nivel freático de este.	- Durante una semana se estará en las tres instituciones seleccionadas, pesando en la cafetería, u otras fuentes de generación de RSO, y con el apoyo de las personas recolectoras se pesará -Por medio de un termómetro se medirá temperatura del medio.
7.	-Aplicación de la herramienta	-Correr la 2da y 3ra fase de la herramienta con tres instituciones	--Determinar cuáles de las de las instituciones se acoplan a

		<p>educativas y analizar resultados de lo que concierne a esta.</p>	<p>nuestro proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-De los colegios y jardines aptos, ver cuáles son los tres que mas adaptan según criterios subjetivos y objetivos de los autores.</li> <li>-Introducir los tres colegios y los datos obtenidos de la medición de la generación de RSO.</li> <li>- contrastar la información obtenida de la caracterización, de la medición de variables e indicadores, las condiciones del colegio y jardines seleccionados con las especificaciones teóricas de cada tecnología.</li> </ul>
--	--	---	--

			<p>-La herramienta nos arroja la(s) tecnología(s) viable.</p> <p>-exposición de lo que se ha realizado a una persona o entidad externa al proyecto.</p>
11.	-Documentación de la herramienta	- plasmar la propuesta para que quede una herramienta general aplicable a cualquier institución educativa.	- precisión de los pasos y consideraciones a seguir para el aprovechamiento de los RSO en las instituciones educativas hasta básica secundaria.

## 4 MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 ANTECEDENTES E INVESTIGACIONES PREVIAS

A lo largo de la historia hemos visto como ha evolucionado y cambiado nuestro estilo de vida y con esto, el entorno en el que habitamos; en los tiempos de la sociedad primitiva el problema de los residuos no representaba un asunto de preocupación puesto que la población era muy pequeña y el espacio disponible para su asimilación era muy amplio, en esta época se habla de culturas nómadas que disponían de los recursos de la tierra para su supervivencia y disposición de residuos y no alteraban el flujo natural del planeta con dichas prácticas.

El problema de la evacuación de residuos empezó a emerger cuando los seres humano comenzaron a congregarse en tribus, aldeas y comunidades y evidentemente no contaban con ningún tipo de gestión para los residuos y la disposición de estos se limitaba a ser arrojados a las calles dando lugar a un habitat perfecto para la proliferación de roedores e insectos. Esto llevó a la producción de epidemias, plagas y muerte negra; miles de personas murieron en el siglo XVI a consecuencia de estas malas prácticas y dieron lugar a otras epidemias con altos índices de mortalidad. Fue en el siglo XIX cuando los funcionarios públicos se empezaron a dar cuenta acerca de la importancia de la recogida y evacuación de los residuos de forma sanitaria para controlar estos transmisores de enfermedades.<sup>7</sup>

El almacenamiento, recogida y evacuación inapropiados de los residuos sólidos no solo tiene una estrecha relación con la salud pública puesto que es en los

---

<sup>7</sup> TCHOBANOGLIOUS, George. Gestión Integral de residuos sólidos. 1ª ed. Aravaca: McGraw - Hill 1998. 5 p. Evolución de la Gestión de Residuos Sólidos. ISBN: 84-481-1766-2.

vertederos incontrolados donde se reproducen las ratas, las moscas y otros transmisores de enfermedades (hay 22 enfermedades humanas relacionadas con la gestión incorrecta de los residuos sólidos); si no también con los problemas de contaminación que afectan directamente al medio ambiente. Con el excesivo crecimiento demográfico y los cambios de consumo y estilo de vida que trajo consigo la industrialización y las nuevas prácticas de producción asociada a esta, la cantidad y composición de los residuos se vieron afectados, haciendo más complicado su manejo, teniendo en cuenta la naturaleza misma de muchos de los residuos sólidos que es cada vez más distante de la tradicional doméstica (orgánicos y biodegradables).

En Colombia, durante tres décadas se ha promovido por medio del código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente el adecuado almacenamiento, selección y disposición de los residuos sólidos urbanos con el fin evitar la proliferación de plagas y epidemias teniendo en cuenta las ratas, moscas y otros transmisores de enfermedades que tienen lugar en los vertederos no controlados. Esto, enmarcado en la situación de aumento poblacional, composición compleja de los residuos y el impacto ambiental que representan estas técnicas por contaminación en el aire y en las aguas superficiales y subterráneas, y ante la creciente demanda del aprovechamiento de dichos residuos y la escasez de insumos y materias primas, se dio paso a cambios en la concepción convencional de modo que se empezara a velar por un control ambiental sobre la generación y disposición de estos, buscando minimizar los residuos, reutilizarlos en la medida de lo posible, y la disposición controlada de los no reutilizables, por medio de la implementación de un plan de gestión integral de residuos Sólidos.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guía para la Selección de Tecnologías de Manejo Integral de Residuos Sólidos. Bogotá: El Ministerio, 2002. 17 p.

A partir de los años sesenta, con los cambios culturales y la disminución en el crecimiento demográfico de la población, que se vio reflejado en la constitución de familias más pequeñas y de distintos tipos; y además por los problemas de inseguridad, las unidades residenciales y los edificios pasaron a representar una opción de vivienda muy interesante en la población caleña identificada en los diferentes estratos socio-económicos, hasta el punto en que se destacan grandes sectores y barrios en las diferentes comunas de la ciudad que están conformados principalmente por este tipo de vivienda.

Actualmente la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento (CRA), encargada de regular las tarifas por concepto de aseo, adelanta una iniciativa a nivel municipal que incluye la participación directa del sector residencial de la ciudad de Cali, específicamente los conjuntos residenciales y edificios, por medio de la conformación de multiusuario que presentan en forma conjunta los residuos sólidos, fomentando de este modo la reducción, separación en la fuente y aprovechamiento de los mismos, y del mismo modo, facilita la medición de los residuos sólidos que realmente son producidos por estos de modo que el cobro sea congruente y corresponda a su cantidad, peso y volumen.<sup>9</sup>

En municipio de Santiago de Cali, en concordancia con los lineamientos trazados en el país a través del Plan Nacional de Desarrollo (2006 – 2011)<sup>10</sup> busca activamente dar solución a los sistemas de aprovechamiento de residuos abarcando alternativas adicionales de creación de empleos y consolidación de la cadena de abastecimiento por medio del desarrollo de proyectos, que además, incentiva la cultura de separación en la fuente y centros de acopio, así como la consolidación de una cultura mas solida frente a la problemática de los residuos.

---

<sup>9</sup> COLOMBIA. ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Programa de GIRS para el Sector Residencial del Municipio de Santiago de Cali. Santiago de Cali: La Alcaldía, 2008. 11 – 12 p.

<sup>10</sup> COLOMBIA. ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Programa de GIRS en Instituciones Educativas. Santiago de Cali: La Alcaldía, 2008. 9 – 10 p.

Con lo anterior, el municipio busca consolidar Planes de Gestión integral en cuatro sectores importantes: educativo, residencial, comercial y público; el plan también alcanza la gestión y el procedimiento frente a los residuos generados en eventos masivos en aras a la construcción de dicha cultura ciudadana que normalice un comportamiento amigable con el medio ambiente y el entorno donde habitamos.

En varios departamentos de Colombia ya se ha llevado a cabo el desarrollo de proyectos que abarcan como actividad principal recuperación de residuos de papel y cartón, Manizales y Bucaramanga cuentan con plantas importantes para la separación en la fuente y recuperación selectiva. Apoyado en el decreto 605 de 1994, en donde se obliga a los municipios con población mayor a 100.000 habitantes a analizar la viabilidad de proyectos de recuperación de residuos con lo que se busca aportar a la solución de la problemática socio-económica por medio de la generación de empleos enmarcado dentro de la idea de considerar los residuos como auténticos recursos necesarios, y no solo desde la perspectiva del impacto ambiental.<sup>11</sup>

Paralelamente a las acciones adelantadas a nivel nacional y regional, en el departamento de Risaralda el señor Gabriel Germán Londoño encabeza una iniciativa alterna por medio del desarrollo de una tecnología a base de la deshidratación de los residuos de harinas provenientes de las cadenas de supermercados que sobran al final del inventario, los cuales son sometido a un proceso de deshidratación y trituración, el resultado de dicho proceso son harinas con un contenido nutricional importante que son utilizadas para la producción de concentrados para alimentos de animales.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guía para la Selección de Tecnologías de Manejo Integral de Residuos Sólidos. Bogotá: El Ministerio, 2002. 77 p.

<sup>12</sup> ENTREVISTA con Gabriel Germán Londoño, Ganadero. Pereira, 20 de Marzo de 2009

## 4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 Residuos sólidos. Se consideran residuos sólidos, aquellos que se producen por las actividades del hombre y los animales que se desechan como inútiles o no deseados. Una de las grandes clasificaciones son los residuos sólidos urbanos (RSU), este grupo está compuesto por tres tipos de residuos, los cuales son domésticos (el papel, plásticos, restos de comida entre otros), comerciales (los embalajes, los recipientes de madera y de plástico) y algunos de tipo industrial no peligrosos. Estos no tienen una composición repetida entre ellos, varían entre sí, dependiendo del origen, estación, país y estrato socio económico.

Actualmente es muy importante tener conocimiento acerca de las propiedades físicas, química y mecánicas de los residuos para que sea posible el reciclaje, reutilización, transformación y eliminación de los mismos.

### 4.2.1.1 *Propiedades físicas de los RSU.*

- Contenido de humedad: existen dos formas de expresar el contenido de húmedo de los residuos sólidos: el primero y más utilizado en la gestión de residuos sólidos es el método de peso-humedad, aquí la humedad de la muestra se expresa como un porcentaje del peso del material húmedo. El segundo es el método peso-seco, en el cual se expreso como un porcentaje del peso seco del material. El contenido de humedad de los residuos varía según las condiciones meteorológicas, la composición de estos y la estación del año.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> TCHOBANOGLOUS. Op. cit., p. 82

- Distribución del tamaño de partículas: para poder incinerar y transformar, y darles una transformación biológica a los RSU, su porcentaje de combustibles y la distribución del tamaño de las partículas son muy importantes; esta última también es utilizada para su reciclaje y la reutilización, y para el diseño de equipos para posteriores tratamientos, para esto es vital el dimensionamiento del material para determinar elementos como: tamaño de bandas transportadoras, las trituradoras y demás.

Capacidad del campo: es el porcentaje de humedad volumétrica del suelo que una muestra de terreno es capaz de retener libremente contra la gravedad. La capacidad de campo de los residuos sólidos no compactados varía entre el 50 y el 60 por ciento.

Esta propiedad física es importante porque nos permite determinar la forma de disminuir la eliminación de lixiviados.

- Conductividad hidráulica de los residuos: debido al alto contenido de humedad en los lodos de los depósitos la conductividad hidráulica es muy baja, siendo esto elemental a tener en cuenta, para el transporte de lixiviados y otros componentes líquido/microbiológico dentro del relleno de los residuos sólidos.

4.2.1.2 Propiedades químicas. Ahora que el control que se tiene sobre los residuos sólidos urbanos está enfocado para su reciclaje, reutilización y transformación, es muy importante determinar las propiedades químicas con el fin de identificar la tecnología más apropiada para su tratamiento.

Para esto se hace un Análisis Inmediato, que incluye a su vez, determinación de humedad en porcentaje en peso, material volátil, carbón fijo, fracción no combustible (cenizas); seguido de un análisis mediato o elemental, y finalmente, contenido de energía.

4.2.2 Residuos sólidos orgánicos. La fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos está compuesta por residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, goma, cuero, residuos de jardín y madera. Estos se pueden obtener de dos formas, por medio de la separación en origen o en una IRM; o separando de los RSU la parte inorgánica. La separación en origen por lo general garantiza que los residuos contengan menos contaminantes y presentan propiedades físicas y químicas diferentes de los compuestos no seleccionados.

Cabe aclarar aquí que la fracción orgánica de interés para la realización del proyecto excluye los que no son de rápida degradación como plásticos, cueros y textiles, y se consideraran el papel y el cartón otro tipo de reutilización diferente a las posibilidades de reutilización y reciclaje como: la producción de abonos por medio de procesos biológicos de compostaje, vermicompostaje o lombricompostaje, producción de metano, de compuestos orgánicos y combustibles derivados de residuos.

4.2.3 Enfermedades asociadas. El mal manejo de los residuos generados por las diferentes actividades humanas constituyen el hábitat indicado para la proliferación patógenos y vectores como insectos, roedores, aves y animales que sirven como vehículo de los diferentes agente generadores de enfermedades en los humanos.

Estos patógenos estas conformados por tres grupos; los virus, que se encuentran principalmente en las eses provenientes de animales o humanos, residuos de

comida en estado descomposición, residuos hospitalarios, entre otros y es por medio de los animales que se alimentan de este tipo de residuos que puede llegar hasta el organismo humano. Las bacterias, cuya presencia está determinada por la existencia de material orgánico en los RSU. Y finalmente, los protozoos, se encuentran debido a la presencia de las excretas animales y alimentos contaminados.

A continuación se presentan los cuadros de cada grupo de patógenos con sus respectivas enfermedades:

Tabla 2: Principales microorganismos presentes en los residuos con sus correspondientes enfermedades

GRUPO	GENERO	ENFERMEDADES
Virus	Poliovirus	Parálisis y meningitis
	Hepatitis A	Hepatitis A
	Hepatitis B	Hepatitis B
	Coxsackievirus	Meningitis, afecciones respiratorias, parálisis y fiebre
	Reovirus	Enfermedades respiratorias
Bacterias	Escherichia coli	Diarrea
	Salmonella typhi	Fiebre tifoidea
	Shigella sp.	Disentería bacilar
	Vibrio cholerae	Cólera
	Yersinia enterocolitica	Gastroenteritis
	Campylobacter sp.	Gastroenteritis
	Mycobacterium tuberculosis	Tuberculosis
	Bacillus anthracis	Ántrax
	Leptospira sp.	Leptospirosis
Protozoos	Entamoeba histolytica	Disentería amebiana
	Giardia lamblia	Giardiasis
	Acanthamoeba castellanii	Meningoencefalitis
	Balantidium	Disentería y úlcera intestinal

Fuente COMANDO, Antonio Ignacio. Optimación del compostaje de residuos sólidos urbanos en procesos de serie anaerobio-aerobio. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad de Madrid. Cátedra de ingeniería sanitaria y ambiental. Departamento de ordenación del territorio, urbanismo y medio ambiente, 2006. 23 p.

4.2.4 Gestión integral de residuos sólidos. “se entiende por gestión de de residuos sólidos urbanos al conjunto de operaciones encaminadas a dar a los RSU generados en una determinada zona, el tratamiento global más adecuado, desde los puntos de vista ingenieril, económico, medioambiental y sanitario, de acuerdo con las características de los mismo y los recursos disponible”<sup>14</sup>.

La gestión integral de residuos sólidos se puede resumir en 6 elementos claves para el desarrollo de esta. Los cuales son la generación de residuos, pre recogida, recogida, transferencia y transporte, tratamiento y evacuación.

En la generación de residuos sólidos es donde se planifican o se toman decisiones para todas las siguientes etapas determinando las cantidades producidas, la composición, variables que se deben tener en cuenta entre otras.

El siguiente elemento de la gestión integral de residuos es la pre recogida donde se tiene en cuenta todas las actividades realizadas desde que se generó el residuos hasta que es recogido, esto incluye el introducir los residuos en la bolsa, la forma que se hace, si es selectivamente o todos en una sola, el cerrarla y el lugar donde se depositan ya sea en contenedores compartidos como ocurre en los edificios y unidades residenciales o en contenedores en la vía pública ya sean fijos o que se sacan justo antes de que pase el vehículo recolector.

---

<sup>14</sup> COLOMER M, Francisco José. Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos Urbanos. 1ª ed. Valencia: Limusa 2007. 121 p. Gestión Integral de los Residuos Sólidos. ISBN- 13: 978-968-18-7036-2.

En otros países se usan diferentes sistemas como lo es el uso de trituradoras, que van incluidas en los sumideros, donde se depositan los restos de comida y son triturados, siendo dirigidos a una red de saneamiento. Mientras que los otros residuos sólidos son recogidos y depositados en canecas a la espera de ser recogidos.

También, en países desarrollados existen redes neumáticas (incluye pre recogida, recogida y transporte) donde los residuos son transportados por medio de tuberías subterráneas hacia la planta central de recolección. Dicho sistema consta de unos buzones ubicados en sitios estratégicos donde se deposita la basura.

Otro elemento clave de la gestión integral de residuos sólidos es la recogida, que consiste de que adquieren los residuos donde han sido depositados en la fase anterior, hasta que son llevados a las plantas de tratamiento o estaciones intermedias (transferencia) cuando se necesita recorrer grandes distancias.

En cuanto a la transferencia o transporte es el medio por el cual se desplazan los residuos desde que son recogidos hasta que son llevados a la planta final de tratamiento y evacuación.

En el elemento otro elemento clave que es el tratamiento se realiza desde la separación de los residuos, después su procesamiento para finalmente transformarlos. En la separación se usan procesos como separación de voluminosos, separación manual y mecánica. Donde se seleccionan cuales son los residuos que pueden ser aprovechados en la transformación para reducir su volumen por medio de las diferentes tecnologías y cuales definitivamente van los vertederos.

Finalmente la gestión de residuos sólidos orgánicos se enfrenta a una serie de problemas, que muchas veces se sale de las manos y es muy difícil de controlar debido a la gran cantidad y diversidad de residuos, generándose una gran

variabilidad de lo anterior mencionado, las limitaciones económicas (lo cual es un recurso muy importante para su transporte y aprovechamiento) y la pobre legislación vigente.

4.2.5 Alternativas tecnológicas para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos. A continuación se describen los procesos biológicos para la transformación de la fracción orgánica de los RSU en productos de conversión gaseoso, líquido o sólido dentro de las posibilidades de reutilización descritas anteriormente, y algunos de tipo químico y térmico.

Es importante tener en cuenta que en los procesos de transformación biológicos se conocen dos fenómenos que dan paso a la transformación de la fracción orgánica, la fermentación y la digestión. El primero de estos es un proceso que transforma la biomasa en energía almacenable teniendo como agentes principales microorganismos, en su mayoría levaduras y tiene lugar en presencia de oxígeno para la producción de alcohol; la digestión la transforma teniendo como base microorganismo, mayoritariamente bacterias, se da en una atmósfera libre de oxígeno y tiene como producto final el metano.

La mayoría de los componentes de la materia orgánica puede ser digerido por las bacterias en las diferentes alternativas para la transformación, a excepción de la lignina, a partir de la cual, la producción de metano es poco esperanzadora a menos que se encuentren bacterias o microorganismos capaces de romper su estructura y sobrevivir en el medio anaerobio.

4.2.5.1 Compostaje aerobio. El proceso de compostaje se puede definir como una biotecnología cuyos procesos de biodegradación sobre la materia orgánica se pueden controlar. “Es un proceso dirigido y controlado de mineralización y pre-

humificación del componente orgánico de los residuos por medio de un conjunto de técnicas que facilita el manejo de las variables de proceso; y que tienen como objetivo la obtención de un biofertilizante de características físico-químicas, biológicas y microbiológicas predeterminadas, conocido como compost".<sup>15</sup>

Por medio de los procesos de biodegradación que se generan como consecuencia a la actividad y ciclo de los microorganismos que crecen y se reproducen en los residuos orgánicos que se están descomponiendo, se genera la transformación de los mismos en otras formas químicas. Los principales controles, entre otros, que se deben llevar a cabo para garantizar la calidad del producto final están enfocados en los tipos de metabolismos y los grupos fisiológicos que intervienen en el proceso.

Los objetivos del compostaje son:<sup>16</sup>

- Transformación de materiales orgánicos biodegradables, en un material biológicamente estable, durante este proceso también se logra reducir el volumen de los residuos sólidos de manera significativa.
- Evitar el desarrollo de patógenos, huevos de insectos y otros organismos indeseados que se podrían presentar en los residuos sólidos urbanos (RSU) sin tratar.
- Retener la mayor parte del contenido nutricional (N, P, K).
- Dar como resultado, la elaboración de un producto que soporte el crecimiento de plantas como mejora del suelo.

En la pila del material a compostar se pueden dar procesos metabólicos de tipo fermentativos y respiración anaerobia y metabolismos respiratorios de tipo aerobio, el primero de los casos puede aparecer en alguna de las etapas bajo

---

<sup>15</sup> COLOMER M, Francisco José. Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos Urbanos. 1ª ed. Valencia: Limusa 2007. 196 - 197 p. El Compostaje. ISBN- 13: 978-968-18-7036-2.

<sup>16</sup> TCHOBANOGLOUS. Op. Cit., p. 342

ciertas condiciones y en lo posible es mejor minimizarlos ya que dan como resultado un producto poco aplicable en la agronomía y conducen a la pérdida de nutrientes.

Para garantizar la buena calidad del compost obtenido a partir de los residuos sólidos urbanos es necesario tener en consideración, en primera instancia, la separación de los materiales no deseables como plásticos, vidrio, entre otros, cuya degradación es compleja, y materiales que puedan aportar elementos tóxicos como metales pesados y productos químicos y que representan un riesgo para la salud; por otro lado, la granulometría final del producto, que está determinada por el proceso de homologación y fermentación, que busca que todas las capas de la pila de materias rotas estén en su posición de modo que el núcleo pase a conformar la corteza y viceversa.

Tabla 3: Exigencias legales para la fabricación y venta del compost

Principio Activo	Niveles admisibles
Materia orgánica	>25 % s. m. s
Humedad	<40 %
Granulometría	90 % de las partículas pasarán por la malla de 25mm
Tamaño partículas de inertes	< 10 mm
Cadmio	< 10 mg/kg
Cobre	< 450 mg/kg
Níquel	< 120 mg/kg
Plomo	< 300 mg/kg
Zinc	< 1.100 mg/kg
Mercurio	< 7 mg/kg
Cromo	< 400 mg/kg

Fuente COLOMER M, Francisco José. Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos Urbanos. 1ª ed. Valencia: Limusa 2007. 195 p. El Compostaje. ISBN- 13: 978-968-18-7036-2.

**SISTEMAS DE COMPOSTAJE** Lo que se busca con las distintas alternativas para la construcción del sistema de compostaje es generar las condiciones

adecuadas que impidan la existencia de patógenos, parásitos, y elementos germinativos como semillas y esporas.

El primero de estos sistemas es el de pilas de compostaje, que, como su nombre lo indica, consta de una masa de residuos en compostaje con una morfología y dimensiones determinadas.

La pila está compuesta básicamente por dos regiones o zonas: la zona central o núcleo de compostaje, que es la que está sujeta a los cambios térmicos más notorios; y la corteza o zona cortical, que es la zona que rodea al núcleo y la textura de los componentes y su compactación determinan su espesor.

Es en el núcleo de la pila en donde se efectúan los cambios determinantes para el funcionamiento del proceso y actúa como zona inductora para la corteza puesto que los cambios térmicos no alcanzan a afectar a la totalidad del volumen de la masa; según las temperaturas alcanzadas en el núcleo, se diferencian las siguientes etapas<sup>17</sup>:

- Etapa de latencia: esta es la etapa inicial de proceso y abarca desde la conformación de la pila hasta que se constatan incrementos de temperatura en el núcleo. La duración de esta etapa es muy variable y depende, en las condiciones correctas de balance Carbono-Nitrógeno (C/N), el PH y la concentración parcial de oxígeno, de la temperatura ambiente y de la carga de biomasa microbiana que contiene el material.
- Etapa mesotérmica 1 (10 – 40°C): en esta etapa se generan oxidaciones aeróbicas al mismo tiempo que las fermentaciones facultativas de la microflora mesófila. Además, se dan procesos de nitrificación y oxidación en compuestos de azufre, fósforo, entre otros; esta etapa es especialmente

---

<sup>17</sup> Ibíd., p.195

sensible a la relación humedad-aireación y es la actividad metabólica la que incrementa paulatinamente la temperatura. La retención del calor ayuda a la al desarrollo e incremento de la microflora termófila que se encuentra en los residuos en estado latente. Su duración es variable.

- Etapa termogénica (40 – 75°C): debido a la actuación de bacilos y actinomicetos termófilos, la microflora mesófila es sustituida por la termófila y normalmente, es en esta etapa donde se eliminan misófilos patógenos, hongos, semillas, esporas y los demás elementos biológicos indeseables. Si las condiciones de compactación y ventilación son las adecuadas, se observa emanaciones de vapor de agua. En la zona del núcleo se producen importantes cantidades de dióxido de nitrógeno (CO<sub>2</sub>), gas fundamental para evitar la congregación de largas e insectos y que llega hasta la corteza para evitar las condiciones favorables de habitat creando un ambiente completamente anaerobio. Posteriormente, los termófilos que intervienen mueren.
- Etapa mesotérmica 2: con el agotamiento de los nutrientes y la muerte de los termófilos, la temperatura empieza a descender, dando paso, nuevamente, al desarrollo de microorganismos mesófilos cuando se sitúa igual o por debajo de los 40°C. estos microorganismos utilizarán como nutrientes los materiales más resistentes a la biodegradación entre los que se encuentran la celulosa y la lignina. Esta es la etapa de maduración y su duración depende de muchos factores, la temperatura descenderá hasta igualar o rondar por la temperatura ambiente y es en estos momentos cuando el material presenta una estabilidad biológica y se da por terminado el proceso.

Estas etapas no se alcanzan a presentar en la totalidad de la masa, por lo que es necesario removerla en momentos puntuales del proceso de modo que el material

presente en la corteza pase a formar parte del núcleo y el del núcleo a la corteza. Con dicha remoción permite además airear el material, lo que provoca que la serie de etapas mencionadas se den por lo general más de una vez.

Tabla 4: Parámetros de control de estabilidad del compost

Variable	Estado
Temperatura	Estable
Color	Marrón oscuro – Negra ceniza
Olor	Sin olor desagradable
PH	Alcalino (anaerobic. ,55°C; 24h)
C/N	>= 20
N° de termófilos	Decreciente a estable
Respiración	0 < 10 mg/g compost
Media	0 < 7.5 mg/compost
COD	< 700 mg/g (peso seco)
ATP	Decreciendo a estable
CEC	> 60 meq./100 libre de cenizas
Actividades de enzimas hidrosolubles	Incrementándose – Estable
Polisacáridos	< 30 – 50 mg glúcidos/g. peso seco
Reducción de azúcares	35 %
Germinación	< 8
Nemmatodes	Ausentes

Fuente COLOMER M, Francisco José. Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos Urbanos. 1ª ed. Valencia: Limusa 2007. 200 p. El Compostaje. ISBN- 13: 978-968-18-7036-2.

El segundo sistema de compostaje es el sistema en reactores, esta, a diferencia del sistema de pilas, no se basa en la conformación de las mismas, los residuos orgánicos son procesados en instalaciones cuya estructura por lo general es metálica y vienen en formas cilíndricas o rectangulares, el papel de los reactores es mantener controlados determinados factores como la humedad y aireación de forma constante y en algunos casos, se cuentan con códigos informáticos de control por ordenador. Los reactores dinámicos cuentan con un sistema mecánico que realiza la mezcla constante del material, garantizando de esta forma homogeneidad en el proceso para toda la masa.

Este sistema acelera las primeras etapas del proceso de compostaje, una vez finalizadas, la mezcla es retirada de la estructura y dispuesta para dar paso a la etapa de maduración; y es utilizado de manera industrial cuando los volúmenes de los residuos son relevantemente altos.

**CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS A COMPOSTAR** Para que el proceso tenga la evolución y los resultados de calidad, es necesario tener en cuenta las características de los residuos a compostar que inciden de forma directa:

- Relación Carbono – Nitrógeno (C/N)

Este parámetro es muy importante a tener en cuenta en el material que se va a someter al proceso de compostaje así como la adecuada relación entre estos dos nutrientes, Carbono y Nitrógeno, que favorecerá el buen crecimiento y reproducción de los microorganismos en ella; el Carbón es una fuente de energía para los microorganismos y el Nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis de proteínas. Esta se expresa en unidades de carbón por unidades de nitrógeno y la relación adecuada en el material es de 25, es decir, 25 unidades de carbono por una unidad de Nitrógeno.

La relación se considera aceptable para iniciar el proceso si está entre 20 y 30, si esta cerca de 10, significa que tiene mayor cantidad de Nitrógeno, este es el caso de los residuos de origen animal, en este caso se producirán pérdidas importantes de nitrógeno; si la relación superior a 30, significa que tiene mayor cantidad de carbono y requerirá mayor número de generaciones de microorganismos y tiempo para lograr la relación adecuada, este es el caso de los residuos de origen vegetal.

En caso de que el material que se disponga para el compostaje no tenga la relación C/N indicada, se debe realizar un balance de nutrientes adicionando

materiales de modo que si tiene un contenido alto de Carbono, se mezcle con uno que tenga alto contenido de Nitrógeno y viceversa.

- Estructura y tamaño de los Residuos

Hay materiales, que por su composición, pierden rápidamente su estructura original al entrar al proceso de compostaje como es el caso de las excretas, a diferencia de otros que resultan muy resistentes a los cambios, como los materiales leñosos y fibras vegetales, en este caso el contacto entre los microorganismos y los desechos es casi nulo.

Para generar un equilibrio entre estos dos tipos de materiales que se pueden encontrar en los desechos, es necesario mezclar desechos de distinta estabilidad estructural que al mismo tiempo asegure una buena relación C/N de entrada.

En caso de que el material a compostar este conformado en su mayoría por desechos con estructura resistente y no se cuente con material de distinta estabilidad estructural, se debe procesar para lograr un tamaño adecuado, las alternativas para materiales leñosos es la utilización de trituradoras que le den a las partículas un diámetro de 20 a 10 mm para mejorar su biodisponibilidad y el tiempo de compostaje. No es aconsejable que el diámetro de estas partículas se reduzca a aproximadamente 3 mm, puesto que estas tenderían a compactarse en el asentamiento de las pilas disminuyendo de esta forma la capacidad de intercambio gaseoso.

- Humedad

Al igual que las características anteriores, esta es muy variable y se debe buscar el equilibrio adecuado de humedad procurando mantener siempre una adecuada relación C/N.

Si se cuenta con materiales cuyo contenido de humedad es muy alto, como es el caso de los desechos orgánicos crudos como las excretas y estiércoles (mayor a 50%), es necesario buscar la forma de que el material pierda humedad, esto se puede lograr expandiéndolo en capas delgadas para lograrlo por efectos de la evaporación natural o mezclándolo con materiales secos cuidando de igual forma la relación C/N.

La humedad adecuada que asegura una biodegradación con el predominio de la respiración aeróbica oscila entre el 15 y 35%, y del 40 al 60% si se cuenta con una buena aireación; si el contenido de humedad supera estos valores, el medio volvería anaerobio por efectos del desplazamiento del aire entre las partículas, y da lugar a metabolismos fermentativos y respiraciones anaeróbicas; si por el contrario, el contenido de humedad es inferior al 10%, desciende la actividad biológica general y el proceso se tornaría muy lento.

- El PH

Para garantizar el crecimiento favorable de la mayoría de los grupos fisiológicos es suficiente con que la materia cuente con un PH cercano al neutro (6.5 – 7.5), aunque existen diferentes grupos bacterianos adaptados a valores extremos. Valores de PH por debajo de 5.5 (ácidos) o superiores a 8 (alcalinos) inhiben el crecimiento de la mayoría de los grupos fisiológicos y provoca que los microorganismos no tengan acceso a los nutrientes debido a la precipitación de nutrientes al medio. Es natural que durante el proceso de compostaje, el valor de PH vaya cambiando así como los grupos fisiológicos que dependen de este.

Aunque no es habitual encontrar desechos orgánicos agrícolas con PH muy distante a 7 (neutro), dado el caso de que este sea marcadamente ácido, como por ejemplo, los residuos provenientes de algunas actividades agroindustriales, se debe realizar una neutralización mediante la adición de piedra caliza, calcáreo o carbonato de uso agronómico.

- La Aireación

Este, junto con la relación C/N, es uno de los principales parámetros a tener en cuenta para controlar en el proceso de compostaje aeróbico. Para asegurar el desarrollo de metabolismos de respiración aerobia se debe controlar la concentración de oxígeno, cuando esta es inferior al 20% se producen condiciones favorables para los metabolismos fermentativos y las respiraciones anaeróbicas.

Los principales indicadores de esta indeseable eventualidad son: la aparición de olores nauseabundos como consecuencia a la respiración anaeróbica, o fuerte olor a amoníaco producto de la amonificación. Las causas de esta situación, dado las condiciones deseables de C/N, son el exceso de humedad o la excesiva compactación del material, y para dar solución a la esto se recomienda detener el riego, remover el material y formar nuevamente los canales.

- Mezcla/Volteo

La mezcla de material es de vital importancia para el proceso de compostaje desde varias perspectivas; este es esencial, inicialmente para incrementar o disminuir el contenido de humedad hasta el nivel óptimo. De la misma manera, la mezcla se puede utilizar para obtener una uniformidad en la distribución de los nutrientes y microorganismos y mantener la actividad aerobia, atacando de alguna manera lo que se me menciona en el anterior elemento. Debido a que el volteo depende del contenido en humedad, la característica de los residuos y las necesidades de aire, no existe un número definido de volteos.<sup>18</sup>

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE AERÓBICO**      Antes que nada es muy importante caracterizar los residuos sólidos orgánicos, identificando cuales de sus componentes tienen cierta deficiencia nutricional para determinar cuáles

---

<sup>18</sup> TCHOBANOGLOUS. Op. cit., p. 777

otros componentes me puede ayudar a realizar las correcciones pertinentes. Por otro lado, es importante analizar que los residuos estén libres de contaminación como químicos, otros residuos sólidos, materiales pesados entre otros.

También, es importante determinar los volúmenes de ingreso de las materias a compostar para poder delimitar el área (incluye los pasillos entre las pilas) y la unidad de compostaje apropiada. Dicha unidad es la masa de residuos con la cual se conformará una pila, que ingresara al sistema como una unidad independiente del resto.

Al diseñar las pilas de compostaje es importante tener en cuenta que deben ser de volúmenes grandes, ya que cuando son muy pequeños los cambios de temperatura son bruscos.

Respecto al tiempo de compostaje que es el tiempo transcurrido desde que se conforma la pila hasta que se obtiene un compost estable, se puede decir que este varía según las características del residuo, las condiciones climatológicas, manejos microbiológicos y las exigencias del producto final. Por lo anterior, es una variable que se debe controlar y tratar de pronosticar.

Otro factor importante cuando se va a diseñar una suma de compostaje es el área donde se van a conformar las pilas. Estas áreas deben ubicarse bajo dos criterios básico: el primero es que debe ser en las zonas más altas del terreno, nunca en precipitaciones, para así poder evacuar los líquidos lixiviados y las aguas pluviales, que se evacuaran por medio de unas canaletas diseñadas alrededor de la pila según las condiciones topográficas del terreno. El segundo criterio es la impermeabilidad del suelo, para evitar la contaminación de aguas subterráneas.

Nunca se debe mezclar en una misma pila residuos sólidos orgánicos nuevos con los ya depositados. De cada unidad de compostaje se debe llevar un registro de

sus datos más relevantes (fecha de conformación, relación C/N de entrada, temperatura del sistema y del ambiente). También, es importante instalar un pluviómetro y llevar los registros de este.

Otro aspecto para tener en cuenta es la continua aireación y homogenización de la masa en compostaje, donde se favorece el metabolismo aeróbico y se busca que se cumple homogéneamente en todos los residuos. Los movimientos en las pilas deben tratar de rotar la masa de tal forma que el núcleo se convierta en parte de la corteza y viceversa. Aunque dicha aireación es necesaria no debe excederse con ella porque puede ser tan perjudicial como el no tenerla. Para saber cuándo airear se puede basar dicha decisión en el control de temperatura que debe ser tomando en el núcleo de la pila, la cual descenderá y subirá durante la etapa termogénica.

La humedad, que es otro factor importante durante el diseño de un sistema de compostaje se puede controlar por medio del siguiente procedimiento:

- 1) Se toma con la mano una muestra de material.
- 2) Se cierra la mano y se aprieta fuertemente el mismo.
- 3) Si con esta operación se verifica que sale un hilo del material, entonces se puede establecer que el material contiene más de un 40% de humedad.
- 4) Si no se produce un hilo continuo de agua y material gotea intermedicamente, se puede establecer que su contenido en humedad es cerca al 40%
- 5) Si el material no gotea y cuando se abre el puño de la mano permanece moldeado, se estima que la humedad presenta entre un 20 a 30%
- 6) Finalmente, si se abre el puño y el material se disgrega, se asume que el material contiene una humedad inferior al 20%.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> COLOMER M, Op. cit., p. 212 - 213

Dentro del diseño del sistema de compostaje se debe tener en cuenta el proceso de refinado, debido a que los residuos presentan diferente estructura morfológica, propiedades físicas y químicas, muchas veces en su proceso de transformación en compost no se presenta la misma granulometría o simplemente se encuentran en diferentes etapas de biodegradación. Para el refinado del compost existen diferentes técnicas como: separación balística, centrífuga, o cribado (granulometría). La última de estas técnicas presenta los menores costos de implementar y la que presenta mejores resultados.

Para que el proceso de refinado se lleve a cabo exitosamente el compost debe tener una humedad inferior al 20 %, donde se produce un rechazo del 20% si es con materia prima obtenida de residuos domiciliarios y de un 6% si se obtiene de residuos agroindustriales.<sup>20</sup>

4.2.5.2 Vermicompostaje. Las lombrices son la “maquinaria” principal de esta tecnología, estos seres vivos son de gran importancia económica, porque permiten la fertilización de los suelos debido a su actividad cavadora en el suelo, de donde obtiene el calcio de sus capas más internas y lo llevan al exterior.

Las lombrices expelen el 60% de la cantidad ingerida diaria que es similar a su propio peso. Dicha cantidad excrementada es aproximadamente 0,3gr. Y es lo que comúnmente se conoce como Humus o vermicompost, que es un abono orgánico con alto contenido nutricional.

Las características del humus más perceptibles son su parecido con la tierra, su suavidad, su poco peso, el alto contenido de nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio y potasio. Por otro lado, este abono orgánico presenta gran cantidad de enzimas, ácidos húmicos, ácidos fulvicos, huminas y uliminas, mejorando la estructura del

---

<sup>20</sup> *Ibíd.*, p. 214

suelo y uniendo las partículas de este. Lo cual, genera un entorno perfecto para el desarrollo radicular y para que se presente con mayor facilidad la oxidación de los nutrientes esenciales para las plantas.

En la siguiente tabla se pueden apreciar las características del humus de lombriz:

Tabla 5: Propiedades del Vermicompost

Características del humus de lombriz			
Materia orgánica	65-70%	pH	6,8-7,2%
Humedad	40-45%	Carbono orgánico	14-30%
Nitrógeno, como N <sub>2</sub>	1,5-2%	Calcio	2-8%
Fósforo, como P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2-2,5%	Potasio como K <sub>2</sub> O	1-1,5%
Relación C/N	10-nov	Ácidos Húmicos	3,4-4%
Flora Bacteriana	2x 10 <sup>6</sup> colonias/gr	Magnesio	1-2,5%
Sodio	0,02%	Cobre	0,05%

Fuente: Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos.<sup>21</sup>

Después de que las lombrices consumen los materiales biodegradables se unen una gran cantidad de microbios, los cuales se convierten en los responsables de la disponibilidad de nutrientes para los vegetales.

El humus tiene presentaciones tanto sólidas como líquidas, el cual además de sus aplicaciones a hortalizas, flores o frutales es muy usado para campos de golf y fútbol.

Es importante proporcionales a las lombrices el sustrato o fuente de alimento estabilizado porque de esta forma se asegura su crecimiento poblacional y una buena calidad de humus. Para la preparación de este sustrato se deben controlar ciertos factores como la humedad, el PH y la temperatura.

---

<sup>21</sup> *Ibíd.*, p. 220

La humedad debe estar en el 70 y 80%, la cual es ideal para la reproducción de la lombriz. Una humedad superior a este rango genera que la lombriz entre en un tiempo de latencia y no se genere o se vea afectada la reproducción y la producción de compostaje. Si la humedad se encuentra por debajo del rango ideal son condiciones muy desfavorables, incluso si llega a ser inferior al 55% es mortal para ellas.

Para comprobar la humedad se puede realizar una prueba que le conoce como la del puño cerrado, donde se coge una muestra, se aprieta y si salen de 8 a 10 gotas, se considera que tiene un 80% de humedad.<sup>22</sup>

El pH del sustrato debe estar ente 5 a 8,4, el cual debe ser controlado, debido a que si se sale de este rango la lombriz entre en latencia, y por otro lado si es inferior a estos niveles se puede desarrollar un plaga que se conoce como planaria.

En cuanto a la temperatura, esta también es de gran influencia en la reproducción y producción de humus, su rango ideal es de 18°C-25°C. Dicho rango se puede controlar con sensores que generen una alarma cuando la temperatura sobre pase este límites. Si los termómetros me indican que la temperatura es de 15°C se puede presentar problemas como falta de reproducción, de producción de vermicompost entre otros.

El sustrato puede mezclarse con otro elementos como lo es el papel, pero nunca con elementos como metales, vidrios y plásticos, ya que la lombrices no pueden ingerirlo.

Antes de introducir las lombrices en el alimento este debe estar perfectamente fermentado. Para evitar daños mayores se debe hacer primero una prueba

---

<sup>22</sup> *Ibíd.*, p. 217

tomando solo 50 lombrices, que serán depositadas en el alimento y se observaran por dos días, si el 96% de estas se encuentra en vivas y condiciones apropiadas, esto es una señal de que el sustrato es el adecuado.

Al realizar la lombricultura bajo techo tiene grandes ventajas como lo son: que no hay variaciones de temperatura ni lluvia, no se producen malos olores, no se contaminan aguas subterráneas ya que los lixiviados se recolectan con el humus y se recicla, no se producen desechos porque el 100% del material se convierte en abono.

Existen dos métodos para las camas de las lombrices. El primero consiste en usar las arcas que contienen cajones de diferentes dimensiones, donde se agregan 10 cm de sustrato y se depositan las lombrices. El segundo son las cunas que radican en colocar un sustrato sobre el piso con 150 cm de ancho y 10 cm de alto, donde se deposita un kilogramo de lombriz por cada metro del espacio. Se le proporciona el alimento en capas de 10 cm.

La superficie donde se realice la lombricultura debe tener un desnivel para evitar la acumulación de agua, las cunas no deben sobre pasar los 60cm para evitar que la fermentación pase de ser aerobia a anaerobia, lo que generaría una disminución de la calidad del humus.

Después de 7 a 15 días, que es consumido el sustrato, se empiezan a identificar ciertos grumos, que una señal de que no tienen comida y se debe agregar más. |Este nuevo alimento se debe agregar en la parte media y esperar dos a tres días que las lombrices empiecen a colonizarlo como señal que si es el apropiado.

La parte final de la producción de humus es su recolección, si el tipo de cama que se utilizó fue las cunas simplemente se les suspende la alimentación a las lombrices por 4 días y después se le deposita algo de comida, posteriormente en 2 o 3 días la superficie estará poblada y perfecta para la recolección de estas,

separándolas del humus. Por el contrario si el tipo de cama son cajones esta separación se hará por si sola porque estas tiene un malla metálica en la parte inferior la cual me facilitará el proceso.

Después de la recolección del vermicompost se extiende en un plástico donde se extraerá la humedad hasta que llegue a un 40% y se pueda empacar en bolsas aireadas de polietileno para su venta o utilización. Aunque si no se desea disponer de él, se puede mantener bajo sombra controlando que su humedad no descienda de un 40%.

Finalmente, además del uso del humus también se puede pensar en la lombriz como un alimento para animales incluso para el hombre debido al alto valor proteínico de su carne.

Relleno sanitario: “actualmente relleno sanitario controlado se refiere a una instalación diseñada técnicamente con principios de la ingeniería para la evacuación de Residuos sólidos Urbanos, diseñada y explotada para minimizar los impactos ambientales y sobre la salud pública. Un relleno sanitario a veces se identifica como unidad para la gestión de residuos sólidos”<sup>23</sup>.

Con el desarrollo de nuevas tecnologías, se puede disminuir el volumen de residuos que es depositado en los rellenos sanitarios, pero estos siempre serán necesarios como estructuras finales de una correcta gestión.

Estos residuos sanitarios constan del enterramiento de residuos los cuales son cubiertos con varias capas de tierra, la cual es compactada. La última capa tiene un espesor mayor para generar una impermeabilidad y el desarrollo de vegetación.

---

<sup>23</sup> PINEDA M, Samuel Ignacio. Manejo Y Disposición De Residuos Sólidos Urbanos. Ed. 1ª. Bogotá: 1998. 146 p. Los Rellenos Sanitarios. ISBN: 9589645402.

Cuando se desea ubicar un relleno sanitario es necesario tener en cuenta la protección de aguas subterráneas, por medio de la creación de un drenaje en su vaso, la impermeabilización de este y el tratamiento adecuado a los lixiviados. También se debe proteger las aguas superficiales, se debe crear una protección visual por medio de barreras y capas que me cubran los desechos.

Por otro lado, no se debe permitir la dispersión de objetos y olores, lo cual se impide creando barreras contravientos. Además se deben acondicionar dichos rellenos de tal manera que no se permita el paso de animales y personas. Para protegerse contra los gases se deben crear barreras impermeables y chimeneas de ventilación.

Hay diferentes tipos de rellenos sanitarios o vertederos sanitarios los cuales se pueden clasificar por el tipo de residuos depositados en ellos como lo son los peligrosos, no peligrosos y residuos inertes que son los que no experimentan ningún tipo de transformación física, biológica o química representativa.

Otro tipo de clasificación de los rellenos sanitarios es por el tipo de tratamiento de los residuos, determinado por la forma de depositar los residuos. Entre este grupo se pueden encontrar los vertederos sin trituración, vertederos con trituración in situ donde la maquinaria empelada extiende el material lo compacta y lo tritura, también en este grupo se clasifican los vertederos con previa trituración.

Además de la anterior clasificación se pueden encontrar vertedero dependiendo del grado de compactación como los son: vertederos de baja densidad con cobertura, de media densidad con cobertura, de alta densidad con trituración, de alta densidad en balas y de balas plastificadas rectangulares.

Los vertederos de baja densidad con cobertura donde se extiende el material con una pala cargador, después se deposita una capa de 15-20 cm para evitar

problemas con insectos y otros animales. Este tipo de vertedero es usado en espacios en los cuales la producción de residuos es baja.

En los vertederos de media densidad de cobertura se usa una maquinaria especial, que tiene un peso de 15 toneladas, la cual compacta los materiales y después realiza este mismo proceso junto con la tierra de cobertura. Estos vertederos se usan en zonas urbanas con baja generación de residuos.

Los vertederos de alta densidad con trituración consisten en que la maquinaria extiende los residuos en una capa de 15 a 30 cm, los cuales compactan y tritura. Después de que una capa se estabiliza se procede sucesivamente con la otra. Esta clase de vertedero es muy usado para pocos volúmenes.

Los vertederos en balas requieren menos cantidad de cobertura ya que los residuos son comprimidos y empaquetados, formando balas que contienen la cohesión y estructura. Por lo anterior, tiene una mayor estabilidad y se genera menor cantidad de lixiviados.

El último tipo de vertedero de esta clasificación son los vertederos de balas plastificadas rectangulares en los cuales se compactan los residuos y son embalados con plástico, donde se impide la actividad biológica y no se generan gases.

Finalmente, se encuentra la clasificación según el terreno topográfico, en lo cual se distinguen vertederos en área, en trinchera, en depresión y en ladera.

Los rellenos sanitarios en área son generalmente en terrenos planos, donde su altura recomendada está alrededor de 2,5 m, para evitar excesos.

En cuanto a los vertederos en trincheras son en terrenos amplios. En estos se generan unas zanjas que son cubiertas con residuos y recubiertas con material

escavados. El ancho de estas zanjas debe ser aproximadamente de dos veces el ancho de la máquina que esparce los residuos, y con una altura de 2,5 m.

El otro tipo de vertedero que se denomina de depresión “se aprovechan las características orográficas del terreno, aprovechándose un valle, una hondonada o una cantera abandonada”.<sup>24</sup>

Otro tipo de vertedero perteneciente a esta clasificación son los vertederos en laderas cuyas características son parecidos a los de área, pero se debe tener mucho cuidado en su diseño con los derrumbes.

Los residuos depositados en los rellenos sanitarios son sometidos a diferentes procesos biológicos, físicos y químicos, algunos de cuales son: la descomposición, oxidación, escape y difusión de gases, movimiento de líquidos por las diferentes presiones, la disolución y lixiviados de materiales orgánicos e inorgánicos, el movimiento de material disuelto por osmosis y gradientes de concentración.

Debido a la gran cantidad de variables que influyen en los residuos sumados a la temperatura, humedad y pH es muy difícil determinar qué cantidad de contaminación se genera y como se comportará.

4.2.5.3 Digestión anaerobia de sólidos en baja concentración. Este proceso biológico consiste en la fermentación anaerobia de los residuos sólidos orgánicos en concentraciones de hasta 4 – 8%, junto con residuos humanos, agrícolas y animales, a partir de los cuales se obtiene gas metano para la producción de energía. Para la realización de la digestión anaerobia de sólidos en baja concentración es necesaria la adición de grandes cantidades de agua a los residuos para alcanzar el rango requerido (4 – 8%), esto genera un proceso

---

<sup>24</sup> COLOMER M, Op. Cit., p.. 265

adicional de deshidratación por efectos de disolución resultante de la adición. La evacuación del fluido que resulta de dicha de este último proceso representa un problema ambiental relevante a tener en cuenta en el momento de la selección de tecnologías.

A continuación se describen los parámetros a tener en cuenta para garantizar los resultados deseables en los procesos de digestión anaerobia de sólidos en baja y en alta concentración.<sup>25</sup>

- Temperatura: La temperatura influye directamente en la velocidad de producción de ácidos en los procesos que se generan al interior del biodigestor, aunque esta no afecta la producción de biogás, hay que tener cuidado porque si el proceso se lleva a cabo muy rápido debido a la presencia de altas temperaturas, las bacterias podrían ser desalojadas del biodigestor antes de la reproducción, lo que podría frenar el proceso.

El hábitat adecuado para la subsistencia de las bacterias anaerobias está influenciado por temperaturas desde 0 a 97° C, aunque existen tres rangos en los cuales el crecimiento de la biomasa bacteriana encargada de la producción de biogás es máximo.

Temperatura psicrófila: Este rango varía entre 4 y 30 °C y el máximo rendimiento está entre los 15 y 18°C, por debajo de 15°C la producción de biogás no se ve afectada y tiene un bajo rendimiento.

Temperatura mesófila: El intervalo en el que se da esta temperatura varía entre 15 y 45°C, y la producción de gas es mayor entre los 28 y 33°C, aumentando en un 1% por cada grado de incremento.

---

<sup>25</sup> COMANDO, António Inácio. Optimización del compostaje de residuos sólidos urbanos en procesos de serie anaerobio-aerobio. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad de Madrid. Cátedra de ingeniería sanitaria y ambiental. Departamento de ordenación del territorio, urbanismo y medio ambiente, 2006. 46 p.

Temperatura termofílica: Esta se sitúa en los 25 y 80°, el rango óptimo productivo es de 50 a 60°C, por encima de este último valor el balance energético es desfavorable y debido a la complejidad en los procesos de control, es importante mantener bajo este rango para evitar la sensibilidad a variaciones como consecuencia a la alta temperatura.

Como la temperatura es el factor crítico para en cuanto a la energía neta producida o consumida por el sistema, influye de manera relevante en el control de PH, la alcalinidad y la presión parcial de dióxido de carbono.

- Relación C/N: Es importante mantener esta relación de carbono y nitrógeno balanceada puesto que el exceso de nitrógeno inhibe la reproducción de las bacterias en la masa como consecuencia al elevado valor de alcalinidad. La relación adecuada es de 20:1 a 30:1; en el caso contrario, ante la presencia excesiva de carbono, la actividad de las bacterias se inhibe debido a la alta concentración de amonio, la cual debe ser menor a 20000 mg/L.
- PH: El control de PH en el sistema es de vital importancia puesto que una disminución de este inhibe el crecimiento de las bacterias encargadas de la producción del metano (metanogénicas), lo que provoca una disminución en la producción del gas y aumenta el contenido de dióxido de carbono, dando lugar a la generación de olores desagradable como consecuencia del aumento de gases de sulfuro de hidrógeno.

Los niveles óptimos de PH en la biomasa se consideran entre 7.0 y 8.5, este es un factor determinante en el proceso de producción de biogás en cuanto al crecimiento de los microorganismos puesto que la mayoría de estos no pueden subsistir bajo niveles superiores a 9.5 o inferiores a 4.0,

por lo general en rango que garantiza un crecimiento óptimo está entre 6.5 y 7.5.

- Población microbiana y su crecimiento: Las poblaciones bacterianas de metanogénicas y no metanogénicas debes estar en una proporción óptima para lo cual se necesita un previo inóculo que desarrolle suficientes sustancias tampones que garanticen los niveles deseados de PH y la producción de los diferentes sulfuros que hacen posible las condiciones anaerobias que necesitan las bacterias metanogénicas.

El proceso consta básicamente de tres pasos:

El primero de estos consiste en la recepción, selección y separación, en caso de que no se disponga previamente de un sistema de gestión ambiental que integre la separación en la fuente de los residuos orgánicos, y la reducción en tamaño de las partículas.

En el segundo paso es cuando se es adicionado la humedad y nutrientes necesarios, se mezcla, se balancea el PH (6,8) y se calienta la masa húmeda hasta 55 o 60 grados Celsius. Para la digestión anaerobia se utiliza un birreactor de flujo continuo. Se debe tener en cuenta al momento de realizar la mezcla para crear el equilibrio en cuanto a nutrientes y humedad para evitar la formación de espuma y de corteza que causa problemas en la digestión de los residuos.

El tercer y último paso implica la captura de gases producidos en el proceso, el almacenamiento del mismo, y si es necesario, la separación de los diferentes componentes gaseosos. En cuanto a la deshidratación y procesamiento de los

fangos que quedan al final del proceso representan unos costos muy elevados por lo que la digestión de sólidos en baja concentración es poco usada.<sup>26</sup>

4.2.5.4 Digestión anaerobia de sólidos en alta concentración. También conocida como digestión seca, trabaja con un contenido de sustrato sólido entre 20 y 35% del total de la fracción orgánica de los RSU. A diferencia del anterior, este requiere poco agua y el aprovechamiento de la capacidad del digestor es total.

En la digestión seca se ven afectados muchos factores ambientales en la población microbiana de manera más severa que la de sólidos en baja concentración; uno de los efectos consiste en la toxicidad de amoníaco que afecta la actividad de las bacterias metanogénicas, haciendo que el sistema se torne inestable y que la producción de metano disminuya. La forma de contrarrestar ese efecto es logrando una adecuada relación de C/N en la alimentación de entrada.

En cuanto al tamaño del material, los residuos a digerir se deben triturar de modo que permita un buen funcionamiento del mecanismo de alimentación y descarga.

La temperatura para un reactor mesofílico debe ser de 30 a 38°C y de 55 a 60°C para un reactor termofílico.<sup>27</sup>

4.2.5.5 Biogás. Es también conocido como gas de pantano que es un compuesto generado por la parte orgánica de los residuos sólidos que tienen como principales componentes dióxido de carbono y metano. Dicho gas es inodoro y arde como una llama azul sin ocasionar humo. Su energía de 28m<sup>3</sup> equivale a 16,8 m<sup>3</sup> de gas natural, o a 18,4 litros de Diesel, o a 20,8 litros de gasolina.<sup>28</sup>

---

<sup>26</sup> TCHOBANOGLOUS. Op. cit., 784

<sup>27</sup> COMANDO, Op. cit., 50

<sup>28</sup> PINEDA M, Op. cit., 264

La generación de biogás en los vertederos consta de 4 fases principales las cuales se explicarán detalladamente a continuación:

- En la fase I (hidrolítica) se da una fermentación aerobia de los residuos orgánicos debido a todo el oxígeno atrapado entre los residuos. Esta fase inicia desde que es depositada la materia orgánica en el vertedero hasta transcurridos más o menos 15 días, donde se ha producido gran cantidad de CO<sub>2</sub> y nitrógeno.
- En la siguiente, fase II, la cantidad de oxígeno ha disminuido notablemente y se pasa a una descomposición anaeróbica, lo cual produce menos niveles de nitrógeno pero un aumento de CO<sub>2</sub> e hidrógeno.
- En la fase III entran en acción microorganismos llamados metanogénicos quienes son los encargados de empezar a aumentar la concentración de metano (CH<sub>4</sub>) y cierta cantidad de ácidos, disminuyendo el CO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub>.
- En la última fase, que consiste en una estabilización del metano y el dióxido de carbono con valores porcentuales de 55% y 45% respectivamente.

Debido al potencial energético del biogás, se han desarrollado diferentes tecnologías para el aprovechamiento de este y a su vez minimizar el impacto ambiental que este ocasiona.

En Europa es muy común la utilización de motores de gas para la generación eléctrica, cuyo calor también es aprovechado en invernaderos, también se puede usar ese biogás para iluminación, cocción y refrigeración. Por otro lado, el biogás tiene aplicaciones como la conversión de este, en gas natural, pero para esto se debe cumplir con ciertas exigencias en los vertederos. Los sistemas donde se genera el biogás debe tener membranas o carbón activo, que permitan eliminar el dióxido de carbono como el ácido sulfhídrico, cloro y flúor.

4.2.5.6 Deshidratación de residuos. Dentro de los residuos sólidos orgánicos de encuentran innumerables elementos susceptibles para la transformación y

producción de harinas ya sea para consumo animal o humano dependiendo de las consideración y la condiciones bajo las cuales se realice el procedimiento, teniendo en cuenta que para fines de consumo humano, las instalaciones deben proteger el producto de insectos y roedores, y las demás variables que ponen en riesgo la salud del consumidor.

En algunos casos, el contenido nutricional que se encuentra en la cascara de las frutas puede llegar a superar el de la misma pulpa dependiendo del ser vivo que lo consuma, este es el caso de la cascara de plátano que sirve de base relevante para la dieta de cerdos y caballos, así mismo la cascara del maracuyá, chontaduro, querilla, entre otros. Y que constituyen una opción muy interesante para ser deshidratados y ser transformados en harinas; como complemento a estos o como elemento individual para la producción de harinas también se tienen en cuenta los residuos a base de de la misma como galletas, pan y demás productos que son sometidos a una serie de pasos comunes utilizados para diferentes procesos:

- Secado al sol: Este se realiza para evitar el deterioro durante el almacenamiento y para eliminar la cantidad de agua indeseada en los residuos. Es posible que se realice varias veces tras la molienda dependiendo del tipo de residuo y el contenido de humedad que posea. Esto se puede hacer exponiendo el producto al sol protegido por mallas para evitar el ataque de insectos y roedores; o de forma mecánica por medio de equipos de aire caliente que seca el producto de forma más rápido pero es más costoso.
- Molienda: en este paso es necesario contar con maquinaria especializada que disminuya el tamaño de las partículas a unas muy pequeñas, este paso, al igual que el anterior se puede repetir intercaladamente dependiendo de los requerimientos del producto.

- Limpieza: en este paso se busca la eliminación de elemento no deseados como palos, ramas, entre otras. Las partículas que no fueron molidas correctamente pasaran a ser secados nuevamente para, posteriormente, ser molidos y garantizar el contenido de humedad mínimo requerido para la producción de la harina. Para esto se utiliza un malla que puede ser operada manual o mecánicamente con la ayuda de una maquina que genere rápidas vibraciones para que las partículas de tamaña adecuado sean separadas y respectivamente empacadas.

4.2.5.7 La incineración. “Es un proceso mediante el cual se reduce de manera controlada los residuos en instalaciones especiales. De esta manera son reducidos a material inerte (escoria) con generación de energía calórica y desprendimiento de gases, algunos de ellos tóxicos como las dioxinas y los furanos.”<sup>29</sup> .

La combustión en la incinera puede disminuir el volumen de los residuos entre un 70 y 90%, pero presenta grandes desventajas como su alta inversión económico en instalaciones, mano de obra especializada y la contaminación atmosférica que provoca, aunque esta puede ser controlada con costosa tecnología.<sup>30</sup>

Debido a la baja presencia de azufre en los residuos doméstico, “ya no se despierta el temor con relación a los óxidos de azufre (SOx) vinculados al <<Smog sulfuroso>> y a la <<Lluvia ácida>>”<sup>31</sup>. Por lo anterior, grandes ciudades lo utilizan, aunque bajo un concepto erróneamente denominado disposición final de residuos, pero realmente durante este proceso se generan otros residuos, lo cual lo convierte simplemente en un tratamiento para minimizar el volumen de estos.

---

<sup>29</sup> *Ibíd.*, p. 128.

<sup>30</sup> TCHOBANOGLOUS. *Op. cit.*, 695

<sup>31</sup> PINEDA M, *Ibíd.*, 128

Al decidir implementar la incineración se deben tener en cuenta ciertas variables que muchas veces se ignoran como lo son la cantidad de residuos que se transformarán, el lugar donde se llevará a cabo este proceso, la caracterización de dicho residuos y el entorno medio-ambiental. Por otro lado, se debe tener en cuenta la capacidad, tipo y sistema de control de los equipos ceñidos a las normas técnicas y medio ambientales de cada país.

Un problema frecuente con los equipos de incineración es que a pesar de su gran variedad clasificada según la configuración de sus cámaras, la capacidad de carga y la cantidad de aire muy pocos cumplen con las exigencias técnicas y ambientales.

En cualquier incinerador se puede identificar básicamente las siguientes partes: Cámara de cremación, chimenea, cámara de combustión, medios de carga, dispositivos complementarios (hoyos de cenizas, inyección, dispositivos de control y aparatos de precalentamiento).

Analizando los incineradores desde la cantidad de aire que consumen en el proceso de combustión se pueden identificar en dos tipos: incineradores con aire controlado y con aire en exceso. Los primeros generan un gas combustible de los residuos que es consumido a la entrada de más aire. En cuanto a los incineradores de aire en exceso estos tienen una subclasificación: Sistemas de combustión en masa y sistemas con CDR (combustible derivado de los residuos).

Respecto a la configuración de las cámaras de los incineradores se pueden identificar dos grupos importantes de Tipo Regreso, donde los gases se devuelven (hacen una especie de u) y de Recorrido Lineal.

Aunque la incineración no es un proceso muy aconsejable para nuestro país ya que no contamos con las normas y la disposición para afrontar de manera responsable un proceso como este, que necesita de un control exigente para

minimizar su impacto ambiental, es indispensable para el tratamiento de ciertos residuos como lo son los hospitalarios.

Como se mencionó anteriormente el proceso de incineración genera ciertos residuos denominados cenizas, para los cuales se ha diseñado cierto tratamiento algunos demostrativos y otros ya operativos.

Según Kjell Nilson presidente del Consejo Sueco de Investigación de Residuos, las tecnologías para el tratamiento de las cenizas más importantes son: la separación, la solidificación, la estabilización y el tratamiento térmico.

Una práctica bien conocida es la separación y clasificación de las cenizas, lo cual se realiza en el fondo del horno para el reciclaje de metales ferrosos, y darle un uso posterior a las cenizas en diferentes campos como la construcción. También para la separación se usa la extracción química de componentes como el  $\text{CaCl}_2$  y la separación de los ácidos y sales solubles.

Por otro lado podemos destacar la solidificación que “es un proceso físico para encapsular los residuos con un material aglomerante”<sup>32</sup>. El método de solidificación consiste en moldear el cemento con las cenizas generando bloques endurecidos monolíticamente. Esta tecnología genera grandes usos en la construcción, donde su costo no es muy alto, aunque los costos de almacenaje, transporte y disposición si se aumenta por la características del peso del cemento.

Muchos investigadores dicen que la estabilidad de los metales no se presenta ni a largo plazo, y hay gran interés por verificar la eficiencia de los métodos eliminando el riesgo de la emisión de lixiviados, por lo cual es común que en la separación se haga mediante el lavado de sales solubles de los residuos.

---

<sup>32</sup> PINEDA M, *Ibíd.* p. 132

Durante el procesos de solidificación hay que tener en cuenta ciertas variables que se pueden presentar durante el proceso de mezclado y moldeo, el sistema de transporte, el método de disposición y el tipo de cemento para obtener la calidad del producto deseada.

### 4.3 MARCO LEGAL

A continuación se mencionan las leyes, decretos y resoluciones más importantes relacionadas con el tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, que tiene que ver de forma directa o indirecta con nuestro proyecto.

4.3.1 la Constitución Política De Colombia. Esta establece en su TITULO II capitulo 3 los derechos colectivos y del ambiente, donde se puede encontrar artículos relacionados con nuestro proyecto como:

ART 79. "Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines."<sup>33</sup>

ART 80. En este menciona la función del Estado como planificador del "manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

---

<sup>33</sup> COLOMBIA, ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE, Constitución política de Colombia: Capitulo 3, de los derechos colectivos y del ambiente. {en línea}. s.p.i {citado en: 1-may-2009}. URL disponible en: <<http://www.banrep.gov.co/regimen/resoluciones/cp91.pdf>>

Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas”<sup>34</sup>.

Por otra parte, en el capítulo 5 de la misma, se obliga a todos los ciudadanos colombianos al cumplimiento de la constitución y se mencionan los deberes de dichos ciudadanos donde se pueden resaltar, el tener que ser responsable con acciones humanitarias ante circunstancias que pongan en peligro la salud o la vida de las demás persona y el velar por los recursos naturales para la conservación de un ambiente sano.

4.3.2 Ley 1259 de 2008. Por medio de está de ley se instaura un comparendo ambiental a las personas que la incumplan en cuanto a las normas de limpieza, aseo y recolección de escombros.

Art. 1: se define el comparendo como un instrumento que permita un cambio cultural, en cuanto al manejo que se le da a los residuos sólidos y escombros.

ART. 2: En este artículo se definen conceptos importantes, que son de gran importancia para nuestro proyecto como:

- “Residuo sólido. Todo tipo de material, orgánico o inorgánico, y de naturaleza compacta, que ha sido desechado luego de consumir su parte vital.
- Residuo sólido recuperable. Todo tipo de residuo sólido al que, mediante un debido tratamiento, se le puede devolver su utilidad original u otras utilidades.

---

<sup>34</sup> COLOMBIA, ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE, Ibíd.,. URL disponible en: <<http://www.banrep.gov.co/regimen/resoluciones/cp91.pdf>

- Residuo sólido orgánico. Todo tipo de residuo, originado a partir de un ser compuesto de órganos naturales.
- Residuo sólido inorgánico. Todo tipo de residuo sólido, originado a partir de un objeto artificial creado por el hombre.
- Separación en la fuente. Acción de separar los residuos sólidos orgánicos y los inorgánicos, desde el sitio donde estos se producen.
- Reciclar. Proceso por medio del cual a un residuo sólido se le recuperan su forma y utilidad original, u otras.
- Sitio de disposición final. Lugar, técnica y ambientalmente acondicionado, donde se deposita la basura. A este sitio se le denomina Relleno Sanitario.
- Lixiviado. Sustancia líquida, de color amarillo y naturaleza ácida que supura la basura o residuo orgánico, como uno de los productos derivados de su descomposición.”<sup>35</sup>

ART 4: Se especifica quienes serán sujetos del comparendo ambiental, dónde se menciona a toda persona natural o jurídica que tengan faltas contra la sana convivencia, el medio ambiente y el ecosistema. Teniendo a su vez una mala disposición de los residuos sólidos.

ART. 5: Se consideran infracciones meritorias de comparendo ambiental porque “por representar un grave riesgo para la convivencia ciudadana, el óptimo estado de los recursos naturales, el tránsito vehicular y peatonal, el espacio público, el buen aspecto urbano de las ciudades, las actividades comercial y recreacional, en

---

<sup>35</sup> EL CONGRESO DE LA REPÚBLICA, ley 1259 de 2008, Santa fe de Bogotá D.C, República de Colombia. [http://www.elabedul.net/San\\_Alejo/Leyes/Leyes\\_2008/ley\\_1259\\_2008.php](http://www.elabedul.net/San_Alejo/Leyes/Leyes_2008/ley_1259_2008.php)

fin, la preservación del medio ambiente y la buena salud de las personas, es decir, la vida humana.”<sup>36</sup>

ART. 6: Se enumeran las diferentes acciones que hay contra el ambiente según esta ley.

ART. 7: En este artículo se determinan las diferentes sanciones que en que se incurre con este comparendo ambiental.

4.3.3 Resolución 1045 De 2003. El Ministerio De Medio Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial decide por medio de esta resolución que es necesario adoptar metodologías para el plan de gestión de residuos sólidos orgánicos (PGIRS). Que en los siguientes artículos estable:

ART. 1º: Adoptar una metodología para tener una forma de elaborar y de gestión integral de residuos sólidos, PGIRS.

ART. 2º: Para esta resolución y en cuanto a la metodología para la elaboración y ejecución de los planes de gestión integral de residuos sólidos, PGIRS, se definen los siguientes conceptos: Botadero a cielo abierto, Plan de gestión integral de residuos sólidos, plan financiero viable, presupuesto y plan de inversiones.

ART 3º: Por medio de este se estable la obligación de una articulación entre las empresas recolectoras y los planes de gestión integral de residuos sólidos.

ART 5º: Las entidades territoriales deben involucrar en la creación de planes de gestión integral de residuos sólidos a sectores como el solidario y los recicladores.

ART 6º Los planes como el PGIRS debe incluir como mínimo los siguientes aspectos:

---

<sup>36</sup> EL CONGRESO DE LA REPÚBLICA, Ibíd., Artículo 5

- 1) Descripción de la organización municipal
- 2) Diagnostico.
- 3) Proyecciones demográficas, de generación de residuos y de expansión urbana
- 4) Objetivos y metas específicas definidas a través de programas.
- 5) Análisis y selección de alternativas soportada en estudios de prefactibilidad y factibilidad.
- 6) Estructuración del Plan
- 7) Proyectos específicos, los cuales conforman los programas, que incluyan una descripción del resultado esperado, las actividades a realizar, cronograma de ejecución, presupuesto, duración y responsables.  
Presupuesto y Plan de Inversiones de cada programa que conforma el PGIRS  
  
Plan financiero viable.
- 8) Plan de contingencias.
- 9) Mecanismos para la implementación, actualización, seguimiento y control del PGIRS.

ART 10°: establece los plazos con los cuales cuentan los municipios según el número de habitantes para adoptar el PGIRS.

ART 13°: se fija un plazo de 2 años para clausurar de los botaderos que no cumplan las especificaciones necesarias para el cuidado del medio ambiente y normas de sanidad.

4.3.4 Decreto 1860 De 1994. Por medio de este decreto se obliga a las instituciones educativas a realizar grandes cambios. En dicho decreto se menciona que la educación es obligación de la sociedad y de los padres, también el mínimo de años que dura la educación de hasta básica secundaria, los diferentes niveles por los cuales se organiza esta, el contenido del proyecto de

educación institucional donde se hace un énfasis importante en el medio ambiente y donde se establecen otros aspectos importantes relacionados con la educación.

Este decreto es importa porque de aquí surge el PRAES, que son las siglas que significan proyectos ambientales escolares. Por medio de los cuales se pretende involucrar a las instituciones educativas en la búsqueda de obtener un ambiente sano.

4.3.5 Decreto 1505 De 2003. Con este decreto se modifica el decreto 1713 de 2002 en lo relacionado a los planes de gestión integral de residuos sólidos. Los aspectos más relevantes mencionados en sus artículos son:

ART 1º: con este se busca adicionar al decreto 1713 la definición de aprovechamiento dentro de diferentes marcos.

- "Aprovechamiento en el marco de la gestión Integral de residuos Sólidos.- Es el proceso; mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales' recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos.
- Aprovechamiento en el marco del servicio público domiciliario de aseo.- Es el conjunto de actividades dirigidas a efectuar la recolección, transporte y separación, cuando a ello haya lugar, de residuos sólidos que serán sometidos a procesos de reutilización, reciclaje o incineración con fines de generación de energía, compostaje, lombricultura o cualquier otra

modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos en el marco de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos".<sup>37</sup>

ART. 2º: En este se obliga a los municipios y distritos a tener un plan de gestión de residuos sólidos orgánicos y el mantenerlo actualizado, el cual deberá implementarse con plazo máximo de 2 años después de la publicación de la resolución 1045.

ART 3º: permite que la poda de árboles y césped sea pactada con cualquier persona al igual que el aprovechamiento de estos recursos orgánicos.

ART 6º: Este establece que tanto la recolección de residuos aprovechables y no aprovechables se realizará según lo que el PGIRS determine.

ART 7º: Agregar al artículo 67 al decreto 1713 de 2002. un numeral que permita incluir en el aprovechamiento de residuos a los recicladores para que por medio de esto se mejoren sus condiciones de vida.

4.3.6 Decreto 838 de 2005. Este decreto hace una modificación sobre la disposición final de residuos sólidos que reglamenta el decreto 1713 de 2002.

En su primer artículo define ciertos conceptos importantes para nuestro proyecto los cuales son: área de aislamiento, caracterización de los residuos, celda de seguridad, celda, chimenea cobertura diaria, cobertura final, compactación, contrato de acceso al servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final, contratante del acceso al servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final, disposición final de residuos sólidos, frente de trabajo, gas generado en el relleno, lixiviado, lodo, material de cobertura,

---

<sup>37</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Decreto número 1505 de 2003 . Santa fe de Bogotá D.C : República de Colombia. 4 de abril de 2003: [citado en: 4-may-2009]. <http://www.superservicios.gov.co/basedoc/docs/decretos/d1505003.html>

membrana, monitoreo, plan de trabajo y construcción, procedimiento para acceder al servicio de disposición final, producción diaria per cápita, receptor, reglamento operativo de los rellenos sanitarios, relleno sanitario, residuo sólido o desecho, los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables, suelo de protección, vías de acceso, vía interior, vía principal y zona de falla.

En su segundo artículo busca promover por medio de este decreto la planificación de la disposición final de los residuos sólidos, como un medio complementario a la acción e recolección, utilizando tecnologías que se ubicarán en los rellenos sanitarios.

ART. 5: se define una metodología que incluye unos criterios básicos para la ubicación del área donde se realizará la disposición final de los RS.

ART 7: dentro de este artículo se determina que se debe incluir la disposición final de RS en las siguientes reglamentaciones:

“-Los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS.

- Los Planes de Ordenamiento Territorial.

- Licencia Ambiental.

- Reglamento Técnico del Sector, RAS.

- Reglamento operativo.”<sup>38</sup>

ART. 11: En este se menciona a la obligación de las personas involucradas con la disposición final de los RS, de tener un control y monitoreo de estos, con lo cual se minimizará el impacto ambiental.

ART 19: Para que se tengan los recursos económicos a la hora de realizar el cierre, clausura, posclausura y posterior monitoreo de los rellenos sanitarios,

---

<sup>38</sup> Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, Decreto número 838 de 2005, Santa fe de Bogotá D.C, República de Colombia.

[http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Decreto838\\_20050323.htm](http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Decreto838_20050323.htm)

todos los involucrados con la disposición final de los residuos sólidos, deben crear unas provisiones que sirvan como garantía a lo anteriormente mencionado.

ART 20: Menciona como será los criterio para realizar una apropiada selección de los métodos a usar en la operación de los rellenos sanitarios.

4.3.7 Decreto 1140. Este modifica el decreto 1713 de 2002 con relación a las unidades de almacenamiento, donde se pueden destacar los siguientes artículos:

ART 19: Se definen los requisitos mínimos que debe tener las unidades de almacenamiento de los multiusuario.

ART 20: Se estipula que los residuos sólidos se pueden dejar en el andén frente a la institución o el conjunto pero no deben obstruir el paso peatonal.

#### 4.4 APORTE INTELECTUAL

Partiendo del conocimiento de lo que es son los residuos sólidos, se identifica un subgrupo de estos correspondientes a los orgánicos y que puede ser tratado y aprovechado por una variedad de tecnologías de naturaleza térmica, biológica o química entre las que se encuentran, la deshidratación, lombricultura, compostaje, digestión seca y húmeda, entre otros; la selección de la tecnología adecuada depende de las entradas con las que se cuenta (tipos de residuos), la salida deseable, los recursos económicos y las variables de tipo climático, geográfico y social.

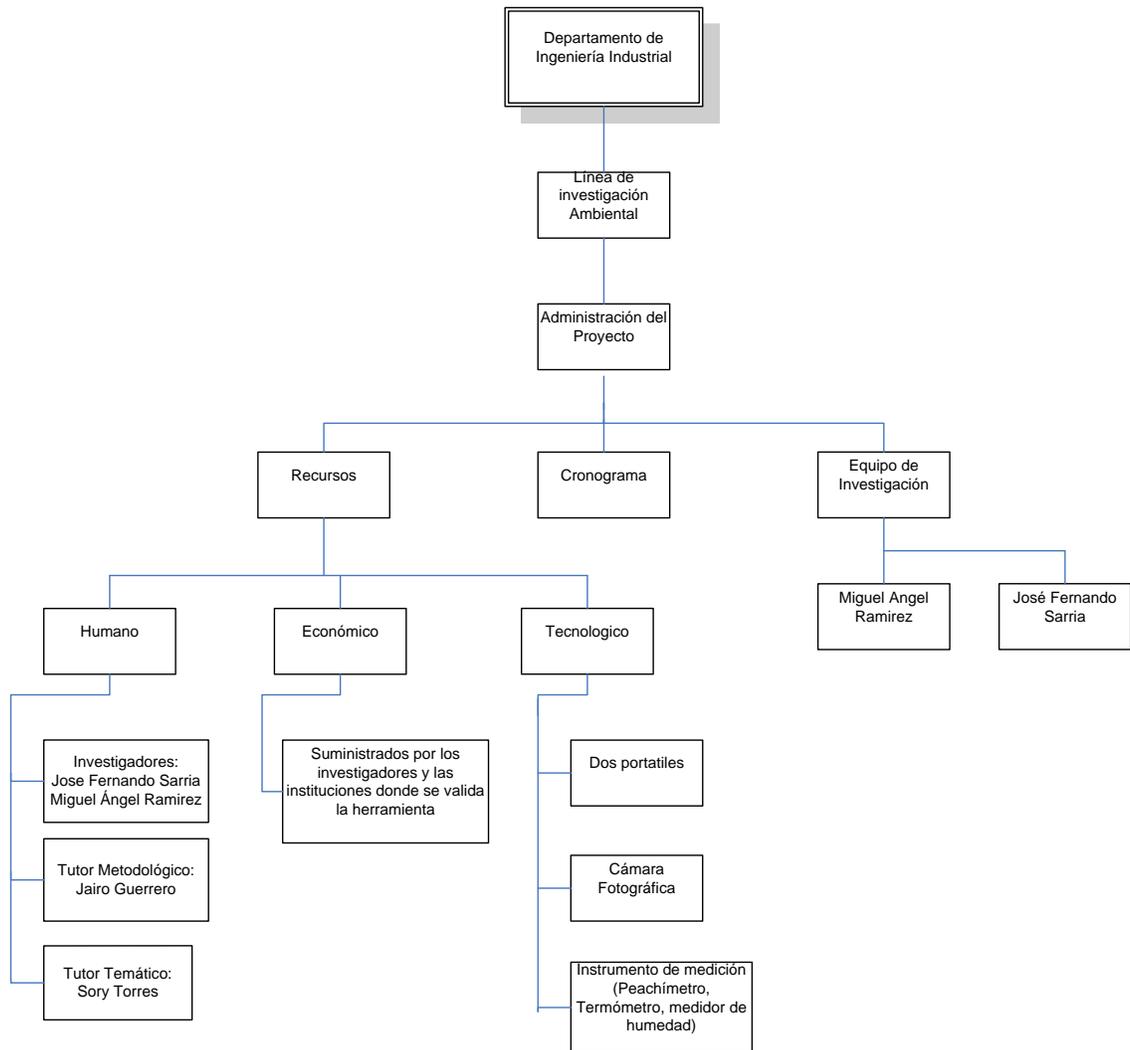
Los beneficios que conlleva la selección de una tecnología adecuada se ven reflejada en una oportunidad de negocio que abarca un cambio de paradigmas de modo que se consideren a estos recursos como una materia prima, y no como simples elementos sinónimos de una problemática de salud y medio ambiental.

Debido a la gran utilidad que representan los residuos sólidos orgánicos, lo que ha incentivado la puesta en marcha de numerosas investigaciones a nivel mundial, en el municipio de Santiago de Cali se están desarrollando programas que integran la gestión de residuos sólidos urbanos a los sectores educativo, residencial y comercial incentivando la construcción de una cultura ciudadana que interiorice la importancia de este tema. Trabajando lo anterior desde temprana edad en los colegios y jardines que garanticen una actitud positiva.

## 5 ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

### 5.1 RECURSOS DISPONIBLES

Tabla 6: Organigrama



Fuente: los autores

## 5.2 RECURSOS DISPONIBLES

Para el desarrollo de este proyecto se requieren una serie de recursos que se describen a continuación:

- Humano: la realización del proyecto estará a cargo por los dos investigador titulares con el respaldo de un tutor Metodológico, Jairo Guerrero, y una tutora temática, Sory Torres. Por otro lado, tendremos que relacionarnos con personas externas como los coordinadores de las instituciones educativas de la comuna 22 y la persona encargada de participar en la validación de la herramienta.

Investigador Jose Fernando Sarria: Estudiante de octavo semestre de ingeniería industrial de la Universidad Icesi interesado en la línea de medio ambiente, que lo motivó a la selección de este proyecto, contextualizado dentro de una problemática medioambiental que nos afecta directamente cada vez más, y cuyos conocimientos en el campo de la ingeniería industrial representan una alternativa interesante para llegar a soluciones que impacten positivamente nuestro entorno y las instituciones que participen en la realización de proyecto, así como las futuras que estén interesados en la utilización de la herramienta.

Investigador Miguel Ángel Ramírez: Estudiante de octavo semestre de ingeniería industrial de la Universidad Icesi, cuya motivación para la realización de este proyecto fue, el identificar en esta herramienta un medio para aportar al medio ambiente desde el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en un sector donde se ha profundizado poco. Por otro lado, en este proyecto se ve una oportunidad económica que actualmente se ignora, debido al desconocimiento de los productos que se obtiene después de someter a un proceso de transformación los RSO.

- Equipos: Se emplearán dos computadores personales para documentar todo lo relacionado con la generación de la herramienta. Por medio de este equipo se tendrá acceso a Internet el cual se utilizará como medio de investigación. Es necesario que estos equipos cuenten con programas como Microsoft office versión 2003 o 2007.

También se emplearán equipos de medición para determinar variables, indicadores y factores de la herramienta. Dichos equipos serán Peachímetro, termómetro y medidor de humedad.

Finalmente, se empleará una cámara fotográfica para registrar el entorno de las instituciones y como medio de verificación de nuestras visitas.

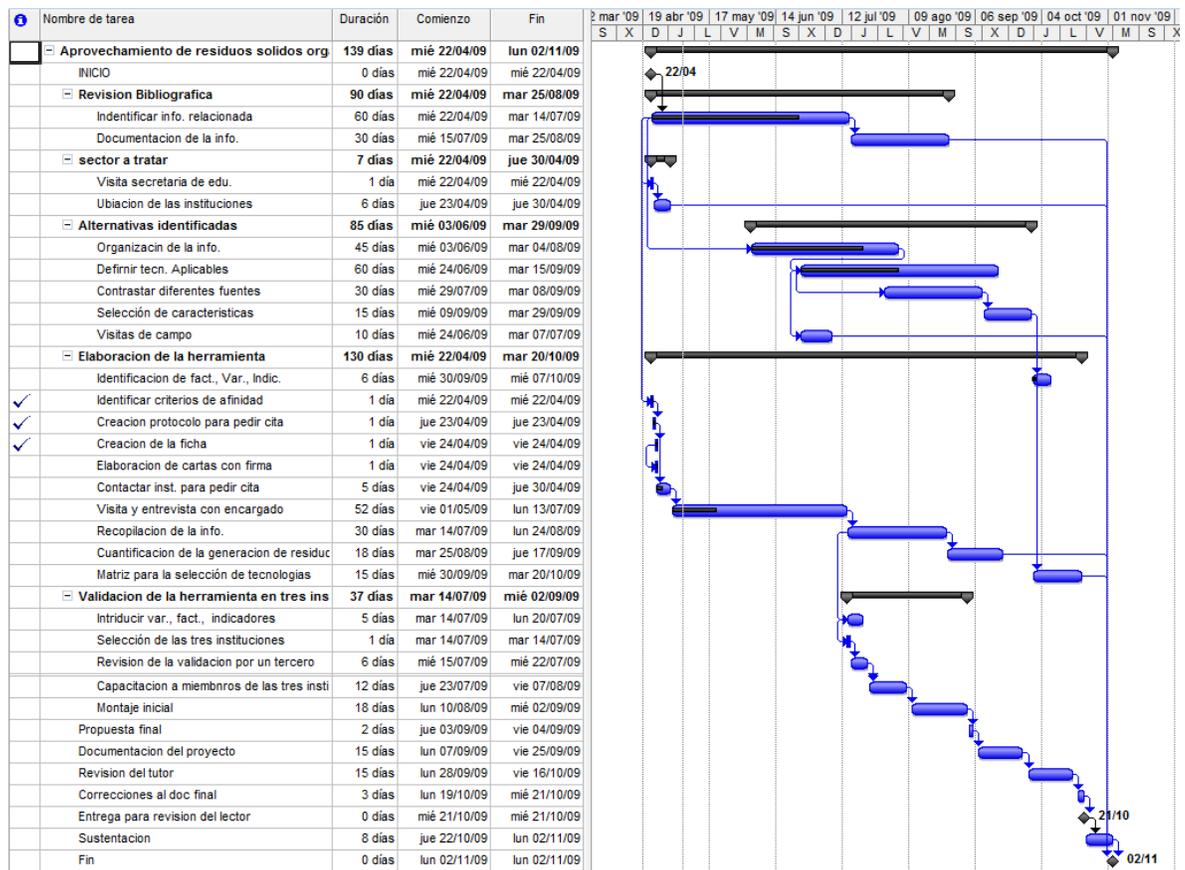
- Financieros: los costos que se contemplan para el desarrollo del proyecto corresponden al transporte para realizar las visitas programadas, las fotocopias y tiempo de navegación en la internet para la revisión bibliográfica e identificación de las tecnologías de aprovechamiento de RSO, y finalmente, las horas invertidas por parte de los tutores e investigadores.

Tabla 7: Recursos financieros

Nombre del Recurso	Tipo	Unidad	Costo
Miguel Ángel Ramirez	Trabajo	Hora	\$4 800
Jose Fernando Sarria	Trabajo	Hora	\$4 800
Sory Carola Torres	Trabajo	Hora	\$50 000
Jairo Guerrero	Trabajo	Hora	\$50 000
Transporte	Material	Visita a las instituciones	\$15 000
Fotocopias	Material	Proyecto	\$20 000
Impresiones	Material	Entrega	\$20 000
Computadores	Material	Hora	\$3 000

Fuente los autores  
5.3 CRONOGRAMA

Tabla 8: Cronograma



Fuente Los autores

## 5.4 MATRIZ DE MARCO LÓGICO

Tabla 9: Matriz de marco lógico

Objetivo	Resumen narrativo	Indicadores		Medios de verificación	Supuestos
		Enunciado	Formula		
General	Contribuir en el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos por medio de una herramienta para instituciones educativas de hasta básica secundaria.				
Del Proyecto	Generar una herramienta para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en instituciones educativas de hasta básica secundaria.	Porcentaje de cumplimiento de los objetivos específicos	Objetivos específicos alcanzados/objetivos específicos totales	Visto bueno del proyecto por parte de las instituciones seleccionadas y del comité evaluador.	
Específico	Revisión bibliográfica sobre aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos				
Actividad	-identificar información relacionada con el tema.	Información identificada	SI/NO	-Revisión y comprobación de fuentes.	
	-Documentación de la información recolectada	Información documentada en el anteproyecto	SI/NO	-revisión y comprobación del marco teórico	- Desconocimiento de la bibliografía apropiada
Específico	-Instituciones educativas a tratar identificadas.	Identificación de las instituciones educativas de la comuna 22	SI/NO	Documentación de las instituciones existentes en la comuna 22.	
Actividad	-Visita a la secretaría de educación para obtener el listado de colegios y jardines correspondiente a la comuna 22	Obtención del listado de los jardines y colegios de la comuna 22	SI/NO	-Revisión del listado con el logo de la Secretaría de Educación Municipal	

	-Ubicación de los colegios y jardines	Identificación de la ubicación de cada una de los colegios y jardines registrados	SI/NO	-Fotografías	- Impedimento por parte de los colegios para tomar fotos por seguridad
Espefifico	- Alternativas para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos identificadas.	-selección de las alternativas a tratar en el proyecto	SI/NO	-Documentación en el marco teórico	-diferencias en la definición de conceptos y parámetros en las distintas fuentes
	-organización de la información concerniente a las tecnologías para el aprovechamiento de RSO	-información recopilada	SI/NO		
	-Definir las tecnologías aplicables para el desarrollo del proyecto	-Tecnologías aplicables al entorno	SI/NO	Documentación de las tecnologías aplicables	
	-Selección de las características de las tecnologías entre las diferentes fuentes	-Características de las tecnologías seleccionadas.	SI/NO		
	-contrastar la información recolectada en las diferentes fuentes sobre dichas tecnologías	-Agrupación de la información en matrices	SI/NO	-matriz de descripción de tecnologías.	
	-Visitas de campo donde se desarrollen tecnologías de este tipo	Visitas realizadas	Visitas realizadas/visitas programadas	-actas, cartas firmadas, videos, fotografías	- Negación de permisos
Espefifico	- Diseño de la herramienta para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para instituciones educativas de hasta básica secundaria.	Herramienta creada	SI/NO	Verificación de las variables y parámetros contenidos en el diseño de la herramienta y sus salidas.	
	-identificación de factores, variables e indicadores a tener en cuenta.	-criterios necesarios a tener en cuenta	SI/NO	-Documentación de los criterios seleccionados para el desarrollo de la herramienta.	
	-identificar criterios claves para valorar la afinidad de los colegios y jardines con el aprovechamiento de los RSO (disposición, recurso y espacio)	-Coherencia de criterios con los requerimientos del aprovechamiento de los RSO	SI/NO		

	-Creación de la ficha con los criterios previamente establecidos.	Elaboración de la ficha	SI/NO	-Ficha con los criterios a evaluar	
	-Creación de protocolo para pedir la cita	Existencia del protocolo	SI/NO	-Revisión del protocolo	
	-Elaboración de carta y firma de respaldo de la universidad	-Carta firmada	SI/NO	-Presentación de las cartas	
	-Contactar a las institución para solicitar la cita	-porcentaje de instituciones contactadas	Cantidad de instituciones contactadas/ Cantidad de instituciones programadas a contactar	- Actas	
	-Visita y entrevista con la persona encargada en la institución	Porcentaje del cumplimiento de citas	Número de citas cumplidas/numero de citas programadas	-Actas, cartas con firma y/o sello de la institución visitada	- cancelación de la cita
	-Recopilación de la información obtenida	Información organizada	SI/NO	Información documentada	
	-elaborar matrices para la selecciones de la o las tecnologías viables	-tecnología seleccionada	-SI/NO	-matriz de selección	
Específico	-Aplicación de la herramienta diseñada en tres instituciones educativas hasta básica secundaria.	Obtención de la salida de la herramienta	SI/NO		
	-Introducir información de las instituciones.	Herramienta alimentada con la información de las instituciones.	SI/NO		
	-Selección de las tres instituciones a aplicar	Tres instituciones seleccionadas	SI/NO	Documentación y permisos sobre los tres colegios seleccionados	

	-Cuantificación de la generación de RSO generados por las instituciones y otras variables.	Diagnostico elaborado en cada institución.	SI/NO	Documentación de los diagnósticos.	
	-Introducir variables, factores e indicadores en la herramienta.	variables, factores e indicadores introducidos	Variables introducidas/ total variables establecidas		
	-Revisión de un tercero sobre la validez de la información arrojada por la herramienta.	Aprobación de un tercero	SI/NO	Actas	
	-Capacitación a un grupo conformado por miembros de la institución.	Capacitaciones realizadas	SI/NO	Videos, actas, informes.	

Fuente Los autores

## 6 DESARROLLO DEL PROYECTO

### 6.1 INSTITUCIONES EDUCATIVAS A TRATAR IDENTIFICADAS

Para nuestro primer objetivo, realizamos una visita a la secretaría de educación municipal, quienes nos facilitaron el listado de los jardines y colegios hasta básica secundaria que se encontraban registrados en ese momento y pertenecen a la comuna 22.

Posteriormente con la información que se encuentra en el listado, proseguimos a ubicar geográficamente cada una de las instituciones tomando fotografías de la portería de cada una de dichas instituciones, las cuales se pueden en el anexo 1. (Ubicación de colegios y jardines)

Tabla 10: listado de colegios y jardines de la comuna 22



Institución	Rector	Dirección	Teléfono	# de estudiantes
COLEGIO BERCHMANS	Luís Felipe Gómez Restrepo S.J.	Carrera 120 A No. 16 - 86	321 10 00	1773
COLEGIO DE LA SAGRADA FAMILIA	Julia María Borrero Cárdenas	Avenida Berchmans Urbanización El Retiro (Carrera 118 No 22 A - 180)	555 21 95	381
COLEGIO ALEMAN	Holger Rieck	Avenida Gualí No. 31	685 89 00	960
COLEGIO BOLIVAR	Joseph John Nagy	Calle 5 No 122 - 21	555 20 39	1268
COLEGIO BENNETT LIMITADA	Yolanda Arboleda de Mosquera	Avenida Cascajal con Calle Alfárez	332 23 53	834

		Real		
COLEGIO COLOMBO BRITANICO	Miguel Norbey Díaz Roa	Avenida La María Casa No. 69	555 53 85	1173
COLEGIO NUESTRA SEÑORA DE LA GRACIA	Consuelo Montoya Toro	Avenida La María Carrera 125 No. 22 - 150 Casa 16	555 15 35	198
COLEGIO SAN ANTONIO MARIA CLARET	José Fernando Tobón Gónima	Carrera 122 entre Calles 15 y 16	555 20 75	2345
COLEGIO NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO	Luz Patricia Pachón González	Carrera 125 No. 22 – 17 Avenida La María	555 11 37	330
COLEGIO LAURETTA BENDER	Myrian Elsy Jordán Bonilla	Calle 11 No. 128 - 200	555 13 11	0
LICEO CAMPESTRE MI EDAD FELIZ	María Josefa Villamizar de López	Avenida la María con Calle la Alhambra	555 42 83	0
ASPAEN LICEO TACURI	Francia Elena López Patiño	Callejón de la Viga Calles 22 y 23	555 75 02	289
COLEGIO JUANAMBU ASPAEN	Néstor Rodrigo Acevedo	Carrera 126 No. 5 - 75	555 11 77	288
COLEGIO HEBREO JORGE ISAACS	Carlos Arturo Castrillón Coral	Avenida La María Calle 12	684 04 00	177
LICEO QUIAL	Nohemí Alvarado Domínguez	Callejón de las Chuchas Casa No 2	555 25 81	0
COLEGIO BILINGÜE WASHINGTON	Marta Doris Lopera Ramírez	Callejón de las Chuchas Calle Inés de Lara Predio No 39	555 27 88	54
COLEGIO HELEN KELLER - SEDE PANCE	Alejandra Graciela Calderón Boccoardo	Carrera 127 No. 18 – 260	555 10 79	55
COLEGIO LUIS HORACIO GOMEZ	Mario Édison Veira Zapata	Calle 18 No. 127 - 249	555 10 93	507
FUNDACIÓN EDUCATIVA LIDERES	Luz Elena Ariza Bolívar	Callejón de la Chuchas Casa No 1	555 36 47	43
COLEGIO ILAMA	Lucero Sardi Barona	Calle 14 A Oeste No 55 – 82 - Carrera 128 - Calle 22 Vía Cali - Jamundi	555 81 55	116
COLEGIO REAL JEAN PIAGET LTDA	Sonia Liliana Paz González	Calle 21 No 122 - 80 - Calle 10 A	555 10 37	132

		No 125 A - 179		
COLEGIO BILINGÜE MONTESSORI	Francia Andrea Benavides Palta	Avenida La María Casa No 35	684 31 17	205
COLEGIO ANGLO AMERICANO	Amparo Anatilde González Sevillano	Avenida Alférez Real Casa 15	680 40 37	127
COLEGIO BRITANICO - THE BRITISH SCHOOL	Luis Alberto Sarria Tamayo	Avenida Cañasgordas No 142 – 255	555 75 45	439
ESCUELA MATERNAL Y PREESCOLAR COMETAS	Hertha Margareth Marcus Liffmann	Carrera 124 No. 9 - 10	555 42 98	21
COLEGIO BILINGÜE TATAS	María Fernanda Romero Saavedra	Calle de Loyola Casa No. 97	555 20 87	26
JARDIN INFANTIL Y MATERNAL SANTA ANA	María del Carmen Rendón Castro	Carrera 122 A con Calle 24	555 11 28	6
COLEGIO MAYOR SAN FRANCISCO DE ASIS	Sandra Patricia Sadovnik Parra	Carrera 106 No. 15 - 74	333 09 40	840
T.E.P.A TECNICAS EFICACES PARA PEQUEÑOS APRENDICES – JARDIN INFANTIL	Elsa Liliana Vanegas Becerra	Calle 10 A No. 125 A – 149	555 10 36	42
COLEGIO ECOLOGICO SCOUT	Luz Karime Giraldo García	Calle 17 A No. 122 – 33	555 36 50	108
CENTRO DE ADOPCION CHIQUITINES	Maritza Jiménez Ortiz	Avenida El Banco Calle 22 No. 126 – 54	555 14 85	33
COLEGIO ALEJANDRIA	Constanza Mariño Fidalgo	Calle 10 Oeste No 2 - 08 - Carrera 129 No. 11 – 21	555 18 50	85
CENTRO DE DIVERSION INTEGRAL LICEO PATO PATY	Patricia Isaza León	Avenida Cañasgordas Calle 18 No 106 – 48	332 22 12	18
INSTITUCION EDUCATIVA FUNDACION DAR AMOR "FUNDAMOR"	Gloria Cecilia Osorio Muñoz	Calle 19 con Carrera 148	555 16 13	0
COLEGIO MAYOR SAN ANTONIO DE PADUA	Carlos Edgardo Domec Galante	Calle 22 No. 145 - 71	555 32 29	430
COLEGIO LA ARBOLEDA	Ana Cecilia Londoño Arango	Callejón de las Chuchas con Callejón Silvia o Carrera 125 No. 2 – 80	555 34 05	404

Fuente: secretaria de educación municipal

## 6.2 ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS IDENTIFICADAS

Para el desarrollo de este proyecto se tuvieron en cuenta cuatro tecnologías para el aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos (RSO) (compostaje, Vermicompostaje, digestión anaerobia y deshidratación) buscando una cobertura suficiente en cuanto a la gama de residuos de esta categoría que se pueden llegar a generar en los distintos tipos de colegios según su ubicación y la naturaleza de sus actividades.

La fracción orgánica de los residuos que se tiene en cuenta como entrada a las diferentes tecnologías de aprovechamiento está compuesta por todo tipo de cascaras, pepas, frutas secas o descompuestas y demás elementos que se puedan generar en actividades de preparación de alimentos; estos se conocen como crudos. Adicionalmente encontramos en esta fracción residuos cocidos provenientes básicamente de los sobrados de las comidas y el pegado en las ollas tras la preparación de los alimentos. Los residuos de podas y hojas secas que caen al prado con frecuencia igualmente conforman esta categoría y representan un componente de vital importancia en el marco de la comuna donde se realizó la implementación de la herramienta por la naturaleza campestre con la que cuentan la mayoría de las instituciones educativas que en ella encontramos; cabe aclarar en estos últimos la importancia de contar con procesos previos de molienda que permitan la reducción del tamaño de las partículas o la selección y retirada de la madera y ramas, que por su alto contenido de lignina suele retrasar los procesos de aprovechamiento debido a la dificultad que tienen los microorganismos para romper su estructura. Finalmente tenemos las excretas de algunos mamíferos como el cerdo, vacos, cabros, caballo, humano, que por su potencial calórico

representan una fuente alterna de energía. Otros compuestos orgánicos como el papel, el cartón, telas, etc. no se toman en cuenta en esta clasificación debido a que existen otros procesos que permiten su reutilización de forma más directa y efectiva.

Existen actualmente tecnologías que abarcan la disposición final de los RSO a través de procesos térmicos bajo el principio de la incineración como la pirolisis, procesos de gasificación y demás procesos de combustión que decidimos no tener en cuenta por varias razones. Estas tecnologías, si bien ofrecen un tratamiento y un manejo para los RSO, no permiten un aprovechamiento total o parcial de los mismo, y aun están sujetos a fuertes impactos ambientales por efectos del consumo de energía y generación de gases, además de componente económico que compromete una serie de parámetros ajenos a las instituciones educativas de hasta básica secundaria que el proyecto contempla.

Según la clasificación antedicha, los residuos crudos, podas y hojas secas (conservando las respectivas proporciones expuestas en el marco teórico del proyecto) pueden ser transformados en compost o humus, a través de los procesos de compostaje y Vermicompostaje o lombricultura respectivamente. La presencia dominante de cascaras de frutas dentro de los residuos hacen de la deshidratación un buena alternativa que permita, tras unos procesos de molienda, la producción de harinas para la posterior producción de concentrados para la alimentación animal como fuente de buenos nutrientes para estos. La principal entrada para la digestión anaerobia son las excretas, para esto se usa un biodigestor que da albergue a los residuos, y que dirección el gas metanos generado por los efectos de la descomposición de estos en condiciones en ausencia de oxígeno.

En este orden de ideas, se contemplaron las tecnologías que permitieran, por un lado, albergar cualquier tipo y volúmenes de residuos que se pudiera generar en las entidades educativas cualquiera que fuera su tipo de enseñanza, por esta

razón se consideraron tecnologías que recibieran como entradas los residuos crudos, cocinados y las excretas. Por otro lado, estas tecnologías deben estar aterrizadas dentro del contexto socio-económico del campo en el que se aplican, por lo que el componente económico representa una restricción relevante en términos de espacio, infraestructura y de mano de obra requerida para su montaje y funcionamiento.

Una vez seleccionadas las tecnologías que son viables para nuestro proyecto (compostaje, lombricultura, deshidratación, digestión anaerobia) se prosiguió a contrastar las diferentes fuentes y con la ayuda de algunos especialistas en el tema de manejo de residuos sólidos orgánicos se consolidó la siguiente tabla que incluye las características más importantes de dichas tecnologías, los factores críticos de estas, ventajas y desventajas.

Lo anterior nos permitió entender cada una de las tecnologías que aplican en nuestro proyecto, y determinar nuestro propio criterio sobre cada una de ellas.

Tabla 11: Descripción de tecnologías

TECNOLOGIA	DESCRIPCION	FACTORES		VENTAJAS	DESVENTAJAS
Compostaje Aerobio	Los agentes primarios en el proceso son las bacterias y microorganismos que se desarrollan al interior de las pilas de residuos a compostar. Pasadas unas etapas puntuales los residuos adquieren características similares a la tierra dando como resultado compost que posteriormente es dispuesto para mejorar las propiedades de los suelos.	Humedad	15 - 35%	-Poca mano de obra -Flexibilidad en la composición de residuos -Buena composición mineral -permite tratamiento a gran escala -No necesita rígidos controles -Bajos costos -Flexibilidad en las estructuras -Aprovechamiento de lixiviados	-Tiempo. 2 meses -Dificultad para conseguir un abono de buena calidad -Malos olores a inicio del proceso -Atracción de vectores
		pH	Alcalino		
		Relación C/N	20 - 25		
		Tamaño partículas.	10 - 20 mm		
		T (mesotermica1)	10 – 40 °c		
		(termogénica)	40 – 75 °c		
		(mesotermica2)	< 40 °c		
Vermicompost	Las lombrices son la “maquinaria” principal de esta tecnología, dicha tecnología consiste en que las lombrices ingieren la materia orgánica, realizan el proceso de digestión y excreción dando como resultado humus, que es un abono con alto contenido nutricional.	pH	5 - 8,4	-Abono de gran calidad. -Poco tiempo (30 Días) - Ausencia de malos olores -No se contaminan aguas subterráneas. - Reciclaje de lixiviados. - 100% de los residuos termina en abono.	-Gran control de los factores -Rigidez en la composición de los residuos -Vulnerabilidad de las lombrices a los cambios -Pequeña escala -Infraestructura muy específica
		Humedad	70%-80%		
		Temp.	18°C-25°C		

Digestión Anaerobia	Esta tecnología consiste en la degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno, para ello los residuos son dispuestos en biodigestores y se obtiene principalmente 55% de gas metano, utilizado para la producción de energía y biocombustibles; 45% de CO <sub>2</sub> , y posteriormente, los residuos procesados son sometidos a procesos de compostaje para obtener abonos de buena calidad.	pH	5,5 - 8,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena relación costo-beneficio</li> <li>- Aprovechamiento más amplio de los residuos</li> <li>- Reciclaje de lixiviados</li> <li>- Incorpora aguas residuales</li> <li>- Aprovechamiento de gases</li> <li>- Ausencia de malos olores</li> <li>- Espacio subterráneo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesita mayor inversión</li> <li>- Necesidad de potencial calórico, demanda de excretas</li> <li>- Insuficiencia en la capacidad energética</li> <li>- Compost de calidad regular</li> <li>- Infraestructuras complejas</li> </ul>
		Temperatura	20°C-40°C		
			50°C-65°C		
		Relación C/N	20 - 30		
		Mezcla	moderada		
Deshidratación	Consiste en deshidratar residuos orgánicos como: cascara, restos de comidas, frutos entre otros con el fin de obtener de estos residuos secos que posteriormente serán molidos para obtener harinas que probablemente serán usadas para el alimento de animales o base de concentrados.			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se obtienen harinas con un alto nivel nutricional</li> <li>- El tiempo de procesamiento es relativamente corto</li> <li>- Se puede trabajar a gran escala</li> <li>-No se obtienen malos olores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Su infraestructura es de alto costo</li> <li>- Su producto final solo sirve para colegios con animales o interesados a la comercialización de este producto.</li> </ul>
		temperatura	ambiente		
		humedad	ambiente		
		nota: si se realiza este proceso en ambiente muy secos y con altas temperaturas los resultados serán mejores.			

Fuente: los autores

## 6.2.1 Visitas de campo

6.2.1.1 Universidad del valle Para enriquecer nuestro conocimiento sobre las tecnologías seleccionadas, y poder poner en práctica muchos de los conocimientos teóricos, fuimos invitados en el mes de junio del año 2009 hasta agosto del mismo año, por el Ingeniero Sanitario Luis Fernando Marmolejo, profesor de la Universidad del Valle a acompañarlo en el proyecto "Estrategias para el mejoramiento de las tecnologías empleadas en sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos en poblaciones menores a 20.000 habitantes del Valle del Cauca, con visión de sostenibilidad". Aprobado por la Vice rectoría de Investigaciones de la Universidad del Valle con el código 2524, donde el principal investigador era el ingeniero anteriormente mencionado como parte su tesis doctoral.

Imagen 1: Ramada



Fuente: los autores

En dicho proyecto se recolectaron residuos sólidos orgánicos de la comunidad del municipio de la victoria, que posteriormente fueron trasladados a la Universidad del Valle donde en la compostera se formaron pilas con dichos residuos según las exigencias del proyecto. Es decir, se contaba con pilas compuestas de residuos separados en la fuente, residuos separados en el centro de acopio, residuos separados en la fuente triturados y residuos separados en el centro de acopio triturados.

Una de nuestras labores iniciales fue conocer la composición y entender la diferencia entre cada una de las pilas. Posteriormente, colaboramos con el equipo investigador en la medición de gases generados durante la descomposición de los residuos sólidos orgánicos. Para dicha labor se colocaba un recipiente especial de plástico en la cima de la pila, el cual contaba con un sello de agua, que no permitía que los gases se escaparan. Este recipiente permitía introducir un termómetro con el cual se medía la temperatura de los gases, y así llenar la bitácora donde se registraba todos los datos obtenidos para analizar posteriormente el comportamiento de estos. También, durante este proceso se tomaba una muestra de los gases que era enviada al C.I.A.T para analizar su composición y complementar el estudio. Lo anteriormente mencionado se realizaba en las horas de la tarde inicialmente todos los días y al cabo de dos semanas día de por medio.

Por otro lado, se ayudo al equipo investigador todos los días en la mañana tomando temperaturas y muestras de las respectivas pilas para posteriormente realizar el análisis. Dichas muestras se llevaban al laboratorio donde apoyábamos en el análisis de estas.

Imagen 2: Pilas de compostaje UniValle



Fuente: Los autores

El análisis de las muestras consistía en tomar solo 10g de esta, tritúralo y disolverlo en agua destilada para medir pH (con pH metros de alta precisión) y conductividad. También de las muestras se tomaban otras pequeñas cantidades para realizarle pruebas de la relación carbono/nitrógeno y de humedad.

Con los resultados de los análisis de pH, temperatura, conductividad, humedad y relación de carbono nitrógeno se tomaban las medidas necesarias para obtener un compost de buena calidad. Dichas medidas podían ser volteos, agregar agua, agregar cal entre otros.

6.2.1.2 Pereira Durante la primera etapa del desarrollo del proyecto tuvimos la oportunidad de asistir a una visita de campo con la profesora Sory Carola Torres, en la localidad de Dos Quebradas, Risaralda. Aquí conocimos un caso aplicado del manejo puntual de algunas cascaras junto con residuos de productos a base

de harina como galletas, pan, tortas, entre otras, provenientes de supermercados y cuya fecha de vencimiento ya había expirado. A estos, el señor Gabriel Londoño los sometía a un proceso de deshidratación para lo cual disponía de un invernadero construido en su misma residencia.

Cerca de 50 x 40 m<sup>2</sup> de cemento constituyen la base del sistema con una inclinación de 15 grados para la evacuación de líquidos producidos en el procesos de deshidratación; adicionalmente, cuenta con una estructura tradicional en la construcción de invernaderos con palos de guadua y plástico como techo, con el fin de que el material se deshidrate más rápidamente, para posteriormente pasar un proceso de moliendo, el cual se hacía repetidamente sobre un mismo lote para alcanzar tamaños mínimos de partículas así como una mezcla uniforme con los diferentes tipos de residuos mencionados anteriormente.

En la visita, el discurso del creador de esto de enfoco principalmente en un cambio de paradigmas que permitiera ver estos materiales desde otro nivel. En muchas casos, las cascaras de frutas albergan mas nutrientes que la misma pulpa, pero la carencia de estudios no nos posibilitan a nosotros el ver esta fracción de la fruta como algo aprovechable, como una materia primas más que como un desecho inservible para el ser humano. Si bien las propiedades de la cascaras no son aprovechables directamente para la digestión o alimentación humana, las demás especies animales pueden obtener de aquí una importante fuente de alimentación que posibilita una oportunidad de negocio como nos lo demostró Gabriel.

La buenas relación interpersonales que había establecido en su vida, se ampliaron a un nivel comercial hacia adelante y hacia atrás en la cadena de suministros. Recolectores, cadenas de supermercados y personas naturales le proveen la materia prima (residuos de podas, harinosos y cascaras), él las procesa y transforma en su casa a un costo muy bajo, y este a su vez le provee la materia prima a una empresa llamada Soya, encargada de la producción de concentrados para la alimentación animal. Esta empresa en sí constituye un sistema

ecoeficiente que incluye mano de obra y procesos operacionales de bajo costos, así como la obtención de materias primas que representan una disminución en el impacto ambiental a través de la preservación de recursos naturales; se trabaja sobre la base de hacer más con menos con materiales que cuyo ciclo de vida ha culminado desde la perspectiva de los supermercados que los ven afectivamente como basura, como algo inservible; aquí esta persona entra como un tercero a cerrar o completar el ciclo de vida de esta reincorporándolo a la cadena productiva de una manera responsable, amigable con el medio ambiente y económicamente viable.

### **6.3 DISEÑO DE LA HERRAMIENTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RSO PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE HASTA BÁSICA SECUNDARIA.**

Para diseñar la herramienta a parte de identificar los criterios se para determinar los colegios y jardines afines a al proyecto en la primer etapa de esta, también se identificaron ciertas variables, factores e indicadores que se debe tener en cuenta.

En la segunda etapa se identificó que es necesario saber el peso de los diferentes RSO generados en la institución y su tipo así como el lugar de donde provienen para poder hacer un diseño acorde a esto y elegir la tecnología adecuada. La tecnología apropiada depende el tipo de RSO que se tiene, del producto que se quiere obtener, de los elementos esenciales para producir dicho producto y de la disposición de tiempo que tenga el personal de acuerdo a las exigencias de la tecnología.

Por otra parte, una vez elegida la tecnología se debe pensar en el lugar adecuado donde se realizara su montaje, para lo cual se identificó variables, factores y criterios como: su accesibilidad que puede dificultar la disposición de los RSO en

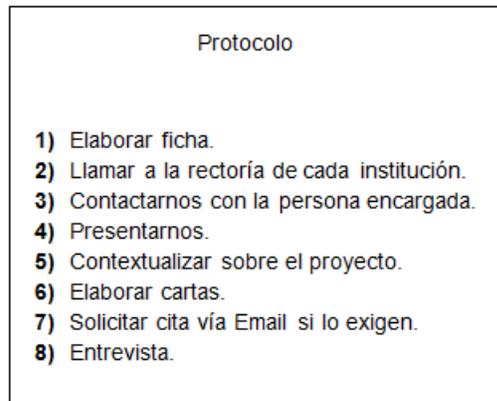
la tecnología, la temperatura ambiente que es determinante en muchas de las tecnologías para la obtención del producto final, la incomodidad de olores teniendo en cuenta los efectos sociales que esto puede tener, las fuentes hídrica y si el lugar es propenso a inundaciones para evitar contaminación de fuentes hídricas. También se debe determinar el tipo de suelo para así ver que los lixiviados no se filtren de acuerdo a cada tecnología, además es importante medir el nivel freático para tampoco crear un riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Finalmente se debe tener un referente de costos que permitan guiar al usuario.

Los criterios que tuvimos en cuenta para la selección de las tres instituciones educativas se establecieron teniendo en cuenta la limitación de tiempo con la que se contaba para el desarrollo del proyecto, según esto, los colegio ya debían de contar con un plan de manejo de residuos previo que constara principalmente de la separación en la fuente, eso lo tuvimos en cuenta como un indicador que nos permitiera saber que tan adelantados se encontraban las personas de estas en términos de sensibilización y cultura del correcto manejo de residuos, y que a nuestra llegada, solo fuera cuestión de empatar procesos y poder contar con un mayor volumen de RSO. Adicionalmente, dada los requerimientos de espacio físico, recursos económicos y espacio en las áreas para el montaje de la tecnología, adquisición de materiales y realización de capacitaciones, respectivamente, la institución debía estar de acuerdo con disponer estos para la realización del proyecto, y en caso de no contar con estos, se le indagaba acerca de la posibilidad de conseguirlos por fuera de la institución; en caso de negativa para el cumplimiento de estos requerimientos, el colegio o jardín no era tenido en cuenta.

Una vez conseguido el listado de las instituciones educativas de hasta básica secundaria en la comuna 22 de la ciudad de Cali, se elaboró el siguiente protocolo para la socialización del proyecto entre éstas con el fin de identificar en la primera

etapa del proyecto las tres instituciones a las cuales se les realizaría la aplicación de la herramienta:

Imagen 3: Protocolo



Fuente: Los autores

Tras la previa identificación de los criterios claves para la selección de las tres instituciones se elaboro un ficha técnica con intención de encuesta semiestructurada, es decir, con base en unas preguntas se motiva un dialogo que nos permita conocer un poco más a fondo las intenciones de la institución. Las preguntas de la ficha indican aspectos racionales y objetivos acerca del estado del arte de la institución en relación al manejo de los residuos sólidos y el dialogo alrededor de estas preguntas nos indican aspecto subjetivos con criterios de afinidad que nos permitirían finalmente seleccionar únicamente tres colegios entre las posibilidades obtenidas.

Para la aplicación de esta ficha se estableció contacto vía telefónica y/o correo electrónico con cada una de las instituciones del listado obtenido a través de la secretaria de educación según el protocolo. Algunas instituciones ya estaban implementando planes de gestión integral de RSO o sencillamente no se

mostraron interesadas, este caso se presentó en pocas instituciones en relación a número total contenido en el listado.

Una vez establecida la cita, en la entrevista se exponía detalladamente en qué consistía el proyecto, lo que buscábamos con él y los beneficios directos e indirectos que acarrearán este tipo de proyectos para las instituciones educativas en términos de formación académica, implementación de PRAES, disminución de costos por el volumen que se le deja de entregar a los carros recolectores y generación de conciencia en la temprana edad para los estudiantes, que al acoger este tipo de proyectos en la cotidianidad contrae un impacto positivo en las relaciones ser humano – medio ambiente que traspase las paredes del colegio, la familia y las generaciones; todo esto enmarcado dentro de un aprovechamiento de RSO que efectivamente disminuya los impactos ambientales causados por la mano del ser humano.

Imagen 4: Ficha entrevista

FICHA RECTOR - ENCARGADO	
1.	¿Cómo dispone los residuos que se están generando actualmente?
2.	¿Le interesa desarrollar un plan para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en la institución?
3.	¿Realiza separación en origen? si no, ¿está dispuesto a realizarla?
4.	¿Cuenta con espacio físico para la implementación de la tecnología dentro de la institución? Si no, ¿está dispuesto a buscarlo por fuera de esta?
5.	¿Destinaría el espacio físico para la implementación?
6.	¿Destinaría un espacio en las áreas académicas para realizar la capacitación a un grupo de docentes, estudiantes y personal administrativo y de apoyo acerca de las diferentes alternativas tecnológicas para el aprovechamiento de los RSO?
7.	¿Está dispuesto a inyectar capital a este proyecto?
8.	¿Le interesa amarrar algunos de los programas académicos al desarrollo del proyecto?

Fuente: Los autores

Las citas y la socialización del proyecto estaban respaldadas por la universidad Icesi a través de unas cartas firmadas por Efraín Pinto, Director del programa de ingeniería industrial. En estas cartas se especificaba la razón de ser de la entrevistas en cuanto a la dinámica de las actividades de proyecto de grado como requisito para la obtención del título universitario. De cada una de estas cartas se tiene una copia firmada por la institución visitada como constancia de la actividad (ANEXO 3. Actas de visitas).

El espacio que dio lugar a las entrevistas siempre fue la institución educativa a la que pertenecía el entrevistado; una vez culminada esta nos disponíamos a alimentar un cuadro (adjunto en el documento) según las respuestas obtenidas de la ficha, con sus respectivos comentarios adicionales si así lo ameritaba.

Tabla 12: Recopilación de información

Ficha de preguntas/Institución educativa	COLEGIO BERCHMANS	COLEGIO DE LA SAGRADA FAMILIA	COLEGIO ALEMAN	COLEGIO BOLIVAR	COLEGIO BENNETT LIMITADA	COLEGIO COLOMBO BRITANICO	COLEGIO NUESTRA SEÑORA DE LA GRACIA	COLEGIO SAN ANTONIO MARIA CLARET	COLEGIO NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO
¿le interesa desarrollar un plan de aprovechamiento de RSO?	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO
¿Aprovecha de alguna forma de RSO generados? ¿Cómo?	NO	-	-	-	NO	-	NO	-	-
¿Tiene un espacio físico disponible para aprovecharlos?/ sino ¿Está dispuesto a buscarlo externamente? / ¿Lo dispondría para implementar un tecnología?	SI/SI	-	-	-	SI/SI	-	SI/SI	-	-
¿Tiene los recursos económicos para realizar una implementación?/ sino ¿está dispuesto a buscarlos?	Si	-	-	-	SI	-	NO/SI	-	-
¿Destinaría un espacio académico para realizar las capacitaciones a los profesores, estudiantes, personal administrativo y de servicios?	SI	-	-	-	SI	-	SI	-	-
¿Tiene separación en la fuente?/sino ¿Está dispuesto a implementarla?	SI	-	-	-	SI	-	NO/SI	-	-
¿Está dispuesto a vincular este proyecto a las áreas académicas?	Si	-	-	-	SI	-	NO/SI	-	-

Ficha de preguntas/Institución educativa	COLEGIO LAURETTA BENDER	LICEO CAMPESTRE MI EDAD FELIZ	ASPAEN LICEO TACURI	COLEGIO JUANAMBU ASPAEN	COLEGIO HEBREO JORGE ISAACS	LICEO QUIAL	COLEGIO BILINGÜE WASHINGTON	COLEGIO HELEN KELLER - SEDE PANCE	COLEGIO LUIS HORACIO GOMEZ
¿Le interesa desarrollar un plan de aprovechamiento de RSO?	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI
¿Aprovecha de alguna forma de RSO generados? ¿Cómo?	-	-	SI/ LOMBRICULTURA	NO	NO	-	-	-	SI/ COMPOSTAJE
¿Tiene un espacio físico disponible para aprovecharlos?/ sino ¿Está dispuesto a buscarlo externamente? /¿ lo dispondría para implementar un tecnología?	-	-	SI/SI	SI	SI	-	-	-	SI
¿Tiene los recursos económicos para realizar una implementación?/ sino ¿está dispuesto a buscarlos?	-	-	SI	SI	NO/NO	-	-	-	NO/SI
¿Destinaría un espacio académico para realizar las capacitaciones a los profesores, estudiantes, personal administrativo y de servicios?	-	-	SI	SI	-	-	-	-	SI
¿Tiene separación en la fuente?/sino ¿Está dispuesto a implementarla?	-	-	SI	NO	-	-	-	-	SI
¿Está dispuesto a vincular este proyecto a las áreas académicas?	-	-	SI	NO	-	-	-	-	SI

Ficha de preguntas/Institución educativa	FUNDACIÓN EDUCATIVA LIDERES	COLEGIO ILAMA	COLEGIO REAL JEAN PIAGET LTDA	COLEGIO BILINGÜE MONTESSORI	COLEGIO ANGLO AMERICANO	COLEGIO BRITANICO - THE BRITISH SCHOOL	ESCUELA MATERNAL PREESCOLAR COMETAS	COLEGIO BILINGÜE TATAS	JARDIN INFANTIL Y MATERNAL SANTA ANA
¿Le interesa desarrollar un plan de aprovechamiento de RSO?	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NO
¿Aprovecha de alguna forma de RSO generados? ¿Cómo?	-	NO	-	NO	-	NO	SI/ COMPOSTAJE	NO	-
¿Tiene un espacio físico disponible para aprovecharlos?/ sino ¿Está dispuesto a buscarlo externamente? /¿ lo dispondría para implementar un tecnología?	-	SI	-	SI/SI	-	SI/SI	SI/SI	SI	-
¿Tiene los recursos económicos para realizar una implementación?/ sino ¿está dispuesto a buscarlos?	-	NO/NO	-	SI	-	SI	SI	SI	-
¿Destinaría un espacio académico para realizar las capacitaciones a los profesores, estudiantes, personal administrativo y de servicios?	-	-	-	SI	-	SI	SI	SI	-
¿Tiene separación en la fuente?/sino ¿Está dispuesto a implementarla?	-	-	-	SI	-	SI	SI	SI	-
¿Está dispuesto a vincular este proyecto a las áreas académicas?	-	-	-	SI	-	SI	SI	SI	-

Ficha de preguntas/Institución educativa	COLEGIO MAYOR SAN FRANCISCO DE ASIS	T.E.P.A TECNICAS EFICACES PARA PEQUEÑOS APRENDICES – JARDIN INFANTIL	COLEGIO ECOLOGICO SCOUT	CENTRO DE ADOPCION CHIQUITINES	COLEGIO ALEJANDRIA	CENTRO DE DIVERSION INTEGRAL LICEO PATO PATY	COLEGIO MAYOR SAN ANTONIO DE PADUA	COLEGIO LA ARBOLEDA
¿Le interesa desarrollar un plan de aprovechamiento de RSO?	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI
¿Aprovecha de alguna forma de RSO generados? ¿Cómo?	NO	-	-	NO	-	-	-	NO
¿Tiene un espacio físico disponible para aprovecharlos?/ sino ¿Está dispuesto a buscarlo externamente? / ¿Lo dispondría para implementar un tecnología?	NO/SI	-	-	SI/SI	-	-	-	SI/SI
¿Tiene los recursos económicos para realizar una implementación?/ sino ¿está dispuesto a buscarlos?	NO/SI	-	-	NO/SI	-	-	-	SI
¿Destinaría un espacio académico para realizar las capacitaciones a los profesores, estudiantes, personal administrativo y de servicios?	SI	-	-	SI	-	-	-	SI
¿Tiene separación en la fuente?/sino ¿Está dispuesto a implementarla?	SI	-	-	SI	-	-	-	SI
¿Está dispuesto a vincular este proyecto a las áreas académicas?	SI	-	-	SI	-	-	-	SI

Fuente: los autores

6.3.1 Elaborar matrices para la selección de la o las tecnologías viables A continuación se intenta plasmar por medio de unas matrices, las variables y criterios que se han determinado previamente (como se estableció la actividad de identificación de criterios, factores y variables claves para la selección de tecnología). Convirtiéndose posteriormente en parte fundamental de la herramienta para la selección de tecnologías y los requerimientos para cada una de estas.

Cuadro 1: tipo de residuo

Hojas secas	Podas	Estiércol de animal herbívoro	Crudo	Cocinados

Fuente: los autores

*Crudos: Se refiere a todos los residuos que sale de la preparación de alimentos: como pulpas, pepas, cascaras, residuos de vegetales entre otros.*

El cuadro 1 permite al usuario identificar el o los tipos de residuos sólidos orgánicos que se generan en la institución, determinados previamente bajo un diagnóstico.

Tabla 13: afinidad tipos de residuo - tecnología

Tecnología / Tipo de RSO	Hojas secas	podas	Estiércol	Crudos	Cocinados
Compostaje	X*	X*		X	X-
Lombricultura			X	X	
Deshidratación	X	X		X	
Disgestión anaerobia ( biodigestor)	X	X	X	X	X

X	El residuo orgánico es compatible con la tecnología
X*	El RSO es compatible con la tecnología pero toma mucho tiempo su descomposición
X-	Se puede emplear el residuo en la tecnología pero combinado con otros residuos para mitigar la atracción de vectores y generación de olores

Fuente: los autores

Una vez identificado el o los tipos de residuos generados en la institución, se le presenta esta tabla para identificar la afinidad que cada uno de estos tiene con las tecnologías planteadas para su aprovechamiento, teniendo en cuenta algunas consideraciones que se exponen en la tabla de convenciones debajo de esta.

Cuadro 2: Principal entrada para obtener el producto final deseado

Abono	Alimentos	Energía	Disminuir espacio
Compostaje (hojas secas, crudos, cocinados)	Deshidratación ( Crudos)	Digestión anaerobia (Excretas)	Compostaje, deshidratación, Digestión anaerobia ( Crudo, podas y hojas secas)
Lombricultura (Crudos)			

Fuente: Los autores

El cuadro anterior le da la posibilidad al usuario identificar el producto que se puede obtener con la implementación de la tecnología, siempre y cuando cumpla con la entradas de RSO exigidas por esta, por ejemplo, si se desea obtener abono por medio del compostaje se debe haber identificado en el cuadro 1, la presencia de hojas secas, crudos o cocinados; y así para cada una de las tecnologías restantes con los elementos que componen la tabla.

Tabla 14: Definición de la tecnología a partir del producto deseado

Tecnología	Abonos	Alimentos animales	Energía	utilización de espacio
------------	--------	--------------------	---------	------------------------

1	Compostaje	X			X
2	Lombricultura	X			
3	Deshidratación		X		X
4	Digestión anaerobia			X	X

Fuente: los autores

Una vez identificado el producto deseado con la presencia de tipo de residuos para obtenerlo, se define la(s) tecnología(s) según el apareamiento mostrado por la tabla 14.

Tabla 15: Requerimiento de mano de obra por tecnología

Necesidad de personal / según tecnología	alta	media	Baja
Compostaje		X	
Lombricultura	X		
Deshidratación			X
Biodigestor			X

necesidad	minutos /hombre/Día
alta	(60 - 120]
media	(30 - 60]
baja	(0 - 30]

Fuente: los autores

Con esta tabla, según la(s) tecnología(s) previamente seleccionadas para el usuario, este podrá determinar la disposición de tiempo que se le exige a su personal para el manejo y control de cada una de estas. A su vez dicha tabla cumple la función de filtro, en el caso que lleguen a presentarse varias opciones de tecnología, teniendo en cuenta que algunas demanda mayor tiempo del

personal que otras, lo cual permite evaluar al usuario la disposición de su recursos y el impacto que esto tiene en los costos operacionales.

La tabla de conversión adjunta fue elaborada por los autores con base en información obtenida de la literatura y experiencias de expertos.

Tabla 16: Relación temperatura ambiente y tecnología

<b>Tecnología/Temperatura ambiente</b>	<b>5°C &lt; T</b>	<b>5°C ≤ T &lt; 14°C</b>	<b>14°C ≤ T ≤ 27°C</b>	<b>&gt; 27°C</b>
Compostaje		*	x	X
Lombricultura		*	x	
Deshidratación		*	x	X
Biodigestores		-	-	-

X	La tecnología se encuentra en ese rango
-	Le es indiferente
	La tecnología no es compatible con ese rango
*	Se podría implementar la tecnología en este rango pero en una especie de invernadero o con medios que permita recrear las condiciones de T y Humedad necesaria
5 < T	Menor a una temperatura de 5°C la inversión tecnológica será muy grande por lo cual, ninguna de las tecnologías tratadas aplica

Fuente: los autores

Esta tabla le permite al usuario tener en cuenta la compatibilidad de cada tecnología con la institución según la temperatura ambiente presente en el sector. Para cada una de la tecnologías se determina las diferentes consideraciones que tiene un impacto directo en su diseño para acoplarse a los rangos del ambiente que podrían llegar a entorpecer el desarrollo del proceso para la obtención del producto final, por lo cual, con dichas consideraciones se busca recrear las condiciones ideales.

Aunque los rangos no se encuentran claramente definidos en la literatura, al contrastar las diferentes fuentes y apoyarnos en la opinión de expertos en el tema, se logro construir la tabla antes mencionada.

Tabla 17: olores expelidos por tecnología

<b>Tecnología/ Olores</b>	<b>Bastantes</b>	<b>Pocos</b>
Compostaje	X *	X
Lombricultura		X
Deshidratación		X
Biodigestor	-	-

X*	En las etapas iniciales o si no se controlan los factores
-	Debido al tipo de infraestructura no dejan escapar el olor

Fuente: los autores

Dentro de la consideración para la determinación del sitio que da lugar a la tecnología, se debe tener en cuenta los olores que se generan que se pueden llegar a convertir en un problema de salubridad para la institución, según lo anterior, se definió la tabla 16 para la cual se tiene ciertas consideraciones que pueden ayudar a mitigar los olores, como es el caso del compostaje, en el cual se deben de controlar los factores críticos descritos en el marco teórico y en la tabla de descripción de tecnologías, para evitar este inconveniente.

Tabla 18: tipos de suelos adecuados para cada tecnología

<b>Tecnología/ tipo de terreno</b>	<b>Arenosos</b>	<b>limoarcillosos</b>	<b>Arcillosos</b>	<b>Francos</b>	<b>Asociación güachinte</b>
Compostaje		X	X	X	X
Lombricultura	X	X	X	X	X
Deshidratación	X	X	X	X	X
Biodigestores	X	X	X	X	X

Fuente: los autores

El tipo de suelo es otra consideración importante al momento de definir el sitio para la implementación de la tecnología, especial mente para el compostaje, debido a que los diseños básicos de esto no se tiene en cuenta la recolección de lixiviados, generando que en tipos de suelos como el arenoso se presenten filtraciones y contaminación de fuentes hídricas subterráneas.

Lo anterior se puede evitar teniendo un diseño apropiado que tenga en cuenta la recolección de lixiviados o impedir el contacto de estos con el suelo, como sucede con la Lombricultura, para la cual se dispone un recubrimiento en el suelo que evita el escape de las lombrices al tiempo que retiene los lixiviados, en la deshidratación, para la cual la base en donde se disponen los residuos cumple la misma función; o en la digestión anaerobia que tiene lugar al interior de un recipiente.

Tabla 19: Nivel freático

<b>Tecnología /nivel freático m.</b>	<b>0&lt;= N.F.&lt;=3</b>	<b>3&lt;N.F&lt;=6</b>	<b>6&lt;N.F.&lt;=10</b>	<b>N.F. &gt;10</b>
Compostaje		*	X	X
Lombricultura		*	X	X
Deshidratación		-	-	-
Biodigestores		-	-	-

-	la deshidratación y biodigestores son indiferentes debido a la infraestructura donde los lixiviados no tiene contacto con el suelo
*	Si se logra un sistema adecuado de recolección de lixiviados , el nivel freático no es tan determinante pero se recomienda usar suelos con un nivel freático superior a los 6 m.

Fuente: los autores

En caso de no poder evitar la filtración de los lixiviados a través del suelo, es de suma importancia realizar mediciones para determinar el nivel freático de este para evitar la contaminación de fuentes hídricas. A pesar de que la Lombricultura, deshidratación y biodigestores en su sistema no permiten escapar los lixiviados,

no es recomendable disponerlos sobre superficies cuyo nivel freático este entre 0 y 3 metros debido a que las posibles fugas o mal manejo por parte del personal pueden posibilitar el contacto de estos con las fuentes hídricas.

Tabla 20: Costo estimado por tecnología

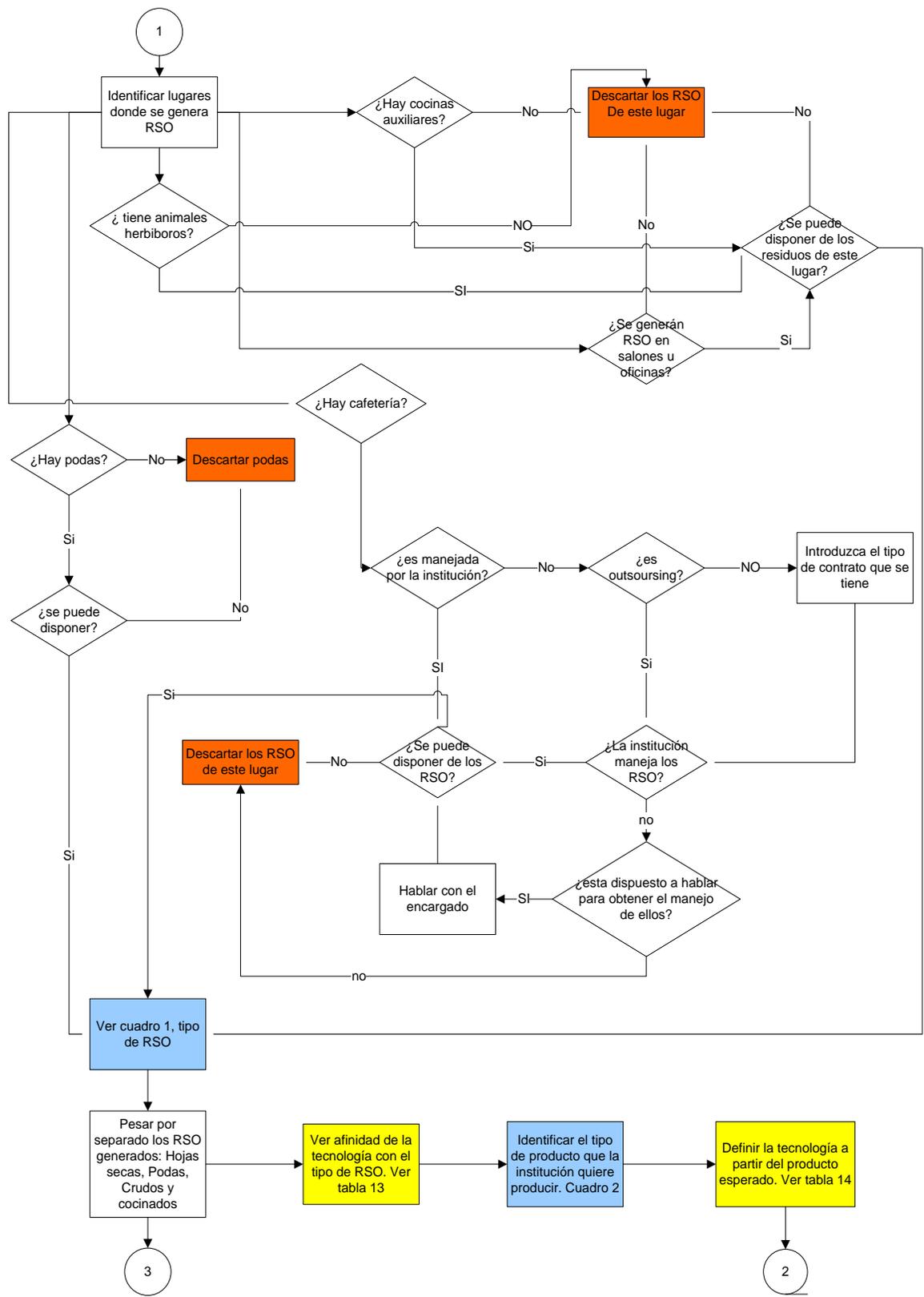
Tecnología/\$	0<=\$<500.000	500.000<=\$<=1000.000	\$>1000.000
Compostaje	X	*	*
Lombricultura	X	*	*
Deshidratación		X	X
Biodigestor		X	X
*	Los costos pueden varias según el diseño, nivel técnico, volumen de residuos. El volumen trabajado es de aproximadamente 150 k.g semanales		

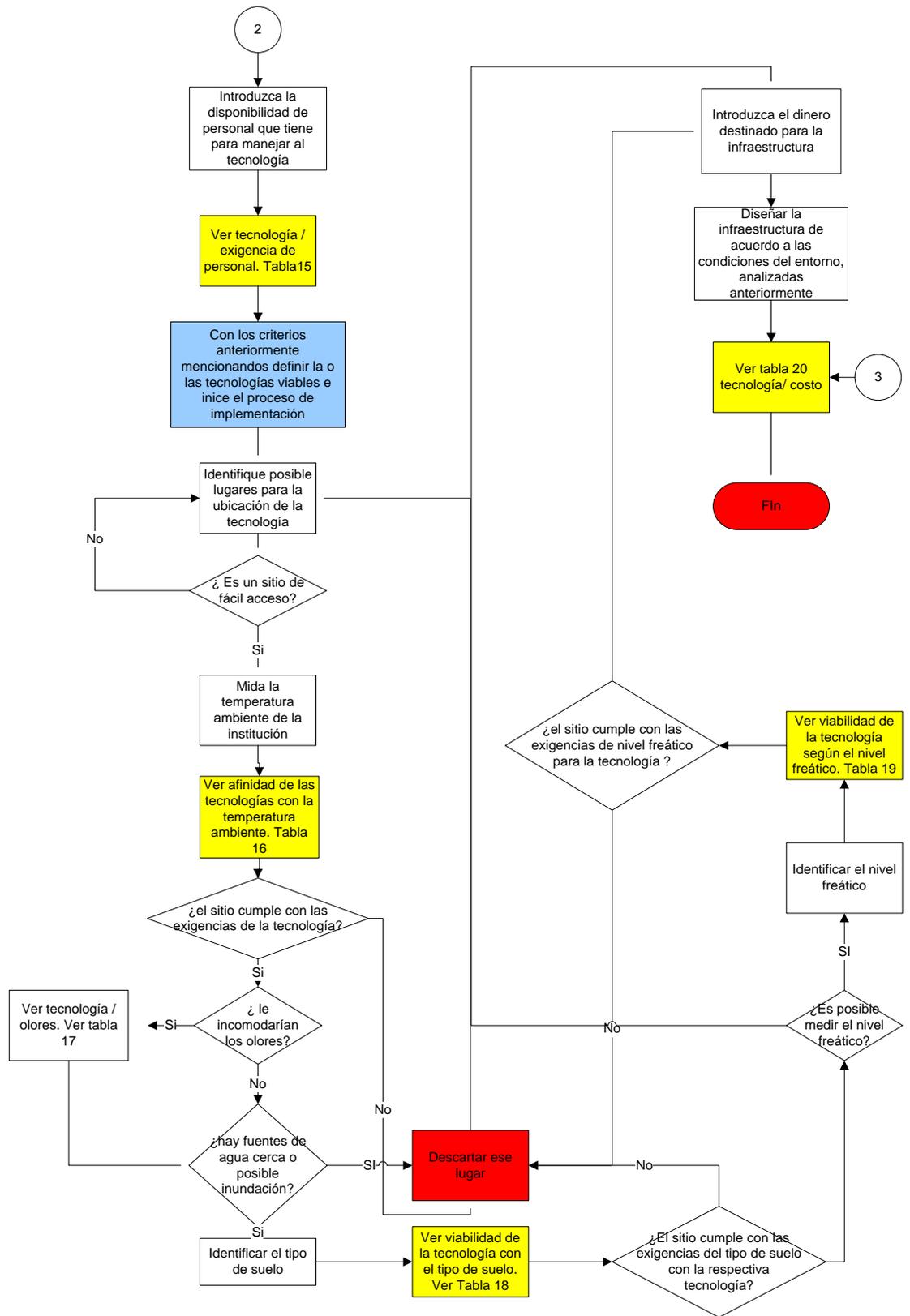
Fuente: Los autores

Aunque los costos son muy variables dependiendo de las condiciones del medio y el volumen de RSO y el diseño de la tecnología, se realizo una estimación para un volumen aproximado de 150 kg teniendo consideraciones como que en el compostaje se reciclan los lixiviados, lo cual nos arrojó los valores expuestos en la tabla según cotizaciones realizadas en el mercado (anexos 4.Cotizaciones). A pesar de que muy posiblemente cuando se corra la herramienta se necesiten otras cotizaciones debido a que se manejan otras cantidades de RSO, esta tabla puede servir como guía.

### 6.3.2 Herramienta







6.3.2.1 Explicación herramienta A manera de información inicialmente se le pide a la institución para hacerse una imagen global de está, los datos correspondientes al nombre, cantidad de estudiantes, tipo de calendario y tipo de jornada.

Nuestra herramienta consta de tres partes grandes: en la primera parte de la herramienta se le aplican una serie de filtros para ver si la institución es apta para aprovechar los RSO de acuerdo a este proyecto, en la segunda fase se identifican la(s) tecnología(s) afines a la institución y finalmente en la tercera fase se busca realizar el montaje de la tecnología según unas condiciones que debe cumplir así como el lugar que se disponga para esta.

En la primera fase se le pregunta si los alumnos almuerzan en el colegio o jardín, si la respuesta es negativa se le pregunta si la institución genera de alguna forma RSO, si responde que si puede continuar con la herramienta sino se da por terminado el proceso, si por el contrario su respuesta es afirmativa es necesario saber si está dispuesto a aprovecharlos, lo cual también determina si puede continuar corriendo la herramienta.

Una vez se sabe que está dispuesto a aprovecharlos se indaga sobre el espacio disponible para un montaje de la tecnología, si la respuesta es que no, se debe preguntar si existe la posibilidad de algún lugar externo, si nuevamente es que no da por terminado el proceso.

Después de contar con el espacio físico para la tecnología, es importante saber si la institución cuenta con los recursos económicos necesarios para cualquier montaje o si está dispuesto a conseguirlos, ya que de manera contraria no podrá continuar con la herramienta.

Otra parte importante para saber si la institución puede continuar en el proceso de la selección de la(s) tecnología(s) es saber si está dispuesto a destinar espacios académicos para las capacitaciones y socializaciones del

proyecto, ya que como se mencionó anteriormente esto es de vital importancia para el éxito de este.

Como parte final de esta etapa se indaga si la institución cuenta con una separación en la fuente y sino si está dispuesto a implementarla con el manual que se le presenta (anexo 5. Manual de separación).

Una vez superados los filtros de la etapa inicial se comienza la segunda etapa, principalmente identificando los lugares que generan RSO y si es posible disponer de ellos o sino descartarlos. Para lo anterior se proponen algunos posibles lugares y actividades que podrían generar la materia prima de las tecnologías como: cocinetas auxiliares, salones u oficinas, podas, si tiene animales herbívoros o la cafetería. Esta última es de mucha importancia ya que es en este lugar donde por lo general se produce la mayor cantidad de RSO, es por esta razón que se hacen preguntas adicionales para descartar cualquier percance. Dentro de estas preguntas es necesario saber si es manejada por la institución y si se puede disponer de los RSO, si es manejada por un outsourcing o pro algún otro tipo de contrato tener claridad de quien maneja los RSO y contactar a esa persona para obtener esos RSO.

Seguido al descarte de la diferentes fuentes de donde se pueden obtener los RSO, se hace un diagnostico con los lugares que se puede trabajar, clasificando el tipo de RSO por medio del cuadro 1 el cual fue explicado junto con las tablas mencionadas a continuación en la actividad 6.3.2 Elaborar matrices para la selección de la o las tecnologías viables, esto se realiza bajo un diagnostico donde se también se pesan cada uno de dichos RSO.

Posteriormente, se evalúa la afinidad de los RSO con la tecnología por medio de la tabla 13. Después se identifica el tipo de producto que se quiere obtener teniendo en cuenta el tipo de RSO con el que se cuenta,

utilizando el cuadro 2, además de hacer una relación entre el producto deseado y la tecnología indicada por medio de la tabla 14.

A continuación, se debe comparar la disponibilidad de tiempo que se tiene para destinarlo a la tecnología con el tiempo que cada una de estas exige, basándose en la tabla 15, con lo cual puedo llegar a descartar alguna tecnología si tengo varias opciones.

Una vez verificado las tablas anteriores, se entra en la última fase de la herramienta donde se trata de obtener un lugar apropiado para el montaje de la tecnología.

Como primer paso de esta fase se identifica los lugares disponibles para implementar dicha tecnología. Después a cada uno esto se le aplica el siguiente procedimiento. Se identifica si el sitio tiene un fácil acceso para depositar los RSO, si es así se continua con ese lugar, si por el contrario es muy complicado acceder a este se descarta y se pasa a evaluar el siguiente. En segundo lugar se debe medir la temperatura ambiente de la institución y remitirse a la tabla 16 para ver las condiciones que debe tener la tecnología seleccionada, para ver si se cumple con estos requisitos y poder continuar o descartar ese lugar. El paso siguiente es determinar si los olores le molestan y ver en la tabla 16 para tomar las diferentes medidas dependiendo de la tecnología escogida. Superando este paso se debe identificar si hay fuentes hídricas cercanas o es un sitio susceptible a inundación, lo cual lo descartaría inmediatamente debido al riesgo de contaminar dichas fuentes. Entre los últimos pasos se debe verificar el tipo de suelo de acuerdo a las exigencias de dichas tecnologías utilizando la tabla 18. Si no se cumple con lo anterior este también es un criterio para escoger otro sitio. Ya como último paso se verifica si es posible medir el nivel freático, que permitiría ahorrar costos de diseño dependiendo las exigencias de cada tecnología valiéndose de la tabla 19. En este ultimo

criterio al igual que en el anterior se debe verificar si se cumple con los requisitos de la tabla sino por dicha razón se debe descartar ese lugar e iniciará el proceso con otro.

Finalmente, el usuario introducirá el dinero disponible para la tecnología, realizará el diseño de esta según las exigencias necesarias y la cantidad de RSO que salga del diagnóstico. Para lo anterior se le facilita al usuario un estimado de costo realizado para un volumen de 150kg, donde se muestran diferentes rangos con sus respectivas tecnologías, tabla 20.

A continuación de muestra la ficha diseñada como apoyo de registro al momento de correr la herramienta, esta actividad de ir acompañada del diagrama de flujo y del anexo 6. (Matrices de selección).

Tabla 21: Ficha herramienta

Herramienta Ficha de información	
1) Nombre de la institución: Número de estudiantes: Jornadas : Diurna <input type="checkbox"/> Nocturna <input type="checkbox"/>	Calendario: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2) ¿Los estudiantes hacen uso de casino?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
3) ¿Generan residuos sólidos orgánicos?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
4) ¿Está dispuesto a aprovecharlos?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
5) ¿Tiene espacio disponible?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
6) ¿Es dispuesto a ubicar un espacio exterior?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
7) ¿Está dispuesto a usar su espacio para aprovechar los RSO?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
8) ¿Tiene recursos económicos para posibles implementaciones?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
9) Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	¿Está dispuesto a buscarlos?
10) ¿Está dispuesto a destinar un espacio académico para las capacitaciones?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
11) ¿Tiene separación en la fuente?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
12) ¿Está dispuesto a implementar la separación en la fuente?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
13) ¿Tiene cocinetas auxiliares y se puede disponer de los RSO generados en estas?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Número: _____	
14) ¿Tiene animales herbívoros y se puede disponer de los RSO generados por estos?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
15) ¿Se generan RSO en los salones y se puede disponer de los RSO generados por estos?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
16) ¿Hay cafeterías?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
17) ¿Es manejada la cafetería por la institución?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
18) ¿Puede disponer de RSO generados en la cafetería?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
19) ¿Tiene podas en la institución?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

20) ¿Se puede disponer de dichas podas? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
21) ¿ El (los) tipo(s) de residuo que genera es( cuadro1)? _____
22) ¿El peso de los RSO generados son? _____
23) El (los) RSO generados puede(n) ser tratado(s) con la(s) tecnología(s) (tabla 13): _____
24) El (los) tipo(s) de productos que se quieren producir es (son) (cuadro 2): _____
25) La(s) tecnología(s) adecuada para su producto es (tabla14): _____
26) El tiempo que tiene su personal para manejar la tecnología es: _____
27) ¿ la tecnología es acorde a la disponibilidad de tiempo que tiene o debe aumentar este (Tabla 15)? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
28) ¿ la(s) tecnología(s) viable(s) es(son)? _____
29) El (Los) posible(s) lugar(es) para implementar la(s) tecnología(s) son: _____ Para cada posible lugar
30) ¿ Es un sitio accesible? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
31) La temperatura del sitio es: _____ -
32) ¿ El sitio cumple con la temperatura exigida por la tecnología? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
33) ¿ le incomodan los olores? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
34) ¿Hay fuentes de agua cerca? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
35) El tipo de suelo es: _____
36) ¿ El tipo de suelo cumple las exigencias de la tecnología (tabla 18)? SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
37) ¿ Es posible medir el nivel freatico? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
38) El nivel freático es: _____
39) ¿El nivel freático cumple con las exigencias de la tecnología (tabla 19) ? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
40) El dinero destiando para la tecnología es(ver tabla 20):\$ _____

Fuente: los autores

## 6.4 APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DISEÑADA EN TRES INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE HASTA BÁSICA SECUNDARIA

6.4.1 Selección de las tres instituciones Las instituciones que lograron superar los filtros de afinidad con el desarrollo de proyecto fueron las que se pueden observar en la tabla 22 con las respectivas respuestas. De este grupo de instituciones educativas, donde cualquiera era adapta para continuar con el desarrollo de la herramienta, se escogieron sólo tres siendo coherentes con la delimitación y alcance del proyecto.

Las tres instituciones que fueron elegidas para correr en su totalidad la herramienta fueron el colegio Berchmans, el Centro de Adopción Chiquitines y el liceo Aspen Tacurí. Dichas instituciones fueron escogidas porque durante la entrevista estas demostraron mayor interés por el proyecto, aunque fueron varias las que pasaron el filtro, algunas quedaron de contactarnos nuevamente y no lo realizaron, mientras que estas instituciones siempre estuvieron pendientes del proceso de selección. Por otro lado, se tenían criterios para seleccionarlas como: que ya tuvieran muy adelantado el proceso de selección en la fuente para poder terminar el proyecto en el tiempo estipulado, que tuvieran gran interés por unir este proyecto a la parte educativa, que no vieran la inversión en la infraestructura como algo difícil sino que se haría todo lo posible por conseguir lo recursos y que una vez acabado el proyecto hubiera cierta garantía de que se le daría continuidad.

Además, se buscaba seleccionar una institución de gran cantidad de estudiantes, una mediana y una pequeña, para poder analizar los resultados desde diferentes perspectivas. Dentro de las instituciones de gran cantidad de estudiantes el colegio Berchmans era el más indicado debido a que es uno de los colegios que más ha trabajado en la parte ambiental (manejo de residuos) de la comuna 22, ya que tienen procesos de separación bien definido, implementados de forma adecuada y con muchos estudios, capacitaciones y campañas de respaldo. Otros

aspectos importantes para destacar son: en este año electivo están en el “año ambiental” por lo cual están desarrollando proyectos de este tipo, tienen mucho interés por enlazar el área de ciencia naturales con el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, no tienen dificultad para obtener recursos económicos y por último están en la búsqueda de una certificación por la ISO 14000 relacionada con el medio ambiente, para lo cual entre los requisitos que deben cumplir es un manejo integral de los residuos, es decir desde su separación y transporte hasta el aprovechamiento y disposición final de estos.

Dentro de los colegios medianos el Liceo Aspaen Tacurí al igual que el Berchmans contaba ya con un proceso de separación en la fuente y ya se había realizado un trabajo con los alumnos de institución. También, estaban funcionando proyectos de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos como la lombricultura pero a diferencia de otros colegios que ya lo realizaban este era de forma muy empírica, permitiendo al grupo de trabajo dado el caso realizar mejoras o con el uso de la herramienta determinar si realmente era la mejor tecnología para aprovechar dichos residuos, o si por el contrario se les podría plantear otra alternativa más afín y con mayor beneficios para el colegio. Por otra parte, esta institución tampoco manifestó dificultad en obtener recursos económicos para implementar en su fase inicial o mejorar alguna tecnología.

Finalmente, el Centro De Adopción Chiquitines, que es una institución de pocos estudiantes, también tenían ya implementada una separación en la fuente, tenían gran interés de trabajar proyectos de aprovechamiento de RSO, debió a la importancia de esto en la formación académica y porque veían que de este tipo de proyectos los niños podían aprender mucho y convertirlos en un futuro como una oportunidad de negocio, teniendo en cuenta que la mayoría de estos , son niños de escasos recursos y con unas vivencias bastantes fuertes. También hay gran interés por estos proyectos ya que al igual que en colegio Berchmans, dicha institución está en la búsqueda de una certificación por parte de la ISO 14000.

Además, aunque en estas instituciones los recursos económicos son limitados y deben suplirse muchas necesidades con ellos, por parte del centro de adopción no se vio problema en obtener algún tipo de donación entre sus contribuyentes debido a la importancia y el impacto de este proyecto en la institución.

Tabla 22. Instituciones afines al proyecto

<p><b>Ficha de preguntas/Institución educativa</b></p>	<p>ESCUELA MATERNAL PREESCOLAR COMETAS</p>	<p>COLEGIO BILINGÜE TATAS</p>	<p>COLEGIO MAYOR SAN FRANCISCO DE ASIS</p>	<p>CENTRO DE ADOPCION CHIQUITINES</p>	<p>COLEGIO LA ARBOLEDA</p>
<p>¿Le interesa desarrollar un plan de aprovechamiento de RSO?</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>
<p>¿Aprovecha de alguna forma de RSO generado? ¿Cómo?</p>	<p>SI/ COMPOSTAJE</p>	<p>NO</p>	<p>NO</p>	<p>NO</p>	<p>NO</p>
<p>¿Tiene un espacio físico disponible para aprovecharlos?/ sino ¿Está dispuesto a buscarlo externamente? /¿ Lo dispondría para implementar un tecnología?</p>	<p>SI/SI</p>	<p>SI</p>	<p>NO/SI</p>	<p>SI/SI</p>	<p>SI/SI</p>
<p>¿Tiene los recursos económicos para realizar una implementación?/ sino ¿está dispuesto a buscarlos?</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>	<p>NO/SI</p>	<p>NO/SI</p>	<p>SI</p>
<p>¿Destinaría un espacio académico para realizar las capacitaciones a los profesores, estudiantes, personal administrativo y de servicios?</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>
<p>¿Tiene separación en la fuente?/sino ¿Está dispuesto a implementarla?</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>
<p>¿Está dispuesto a vincular este proyecto a las áreas académicas?</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>

<b>Ficha de preguntas/Institución educativa</b>	<b>COLEGIO BERCHMANS</b>	<b>COLEGIO BENNETT LIMITADA</b>	<b>COLEGIO NUESTRA SEÑORA DE LA GRACIA</b>	<b>ASPAEN LICEO TACURI</b>	<b>COLEGIO JUANAMBU ASPAEN</b>	<b>COLEGIO LUIS HORACIO GOMEZ</b>	<b>COLEGIO BILINGÜE MONTESSORI</b>	<b>COLEGIO BRITANICO - THE BRITISH SCHOOL</b>
¿Le interesa desarrollar un plan de aprovechamiento de RSO?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
¿Aprovecha de alguna forma de RSO generados? ¿Cómo?	NO	NO	NO	SI/ LOMBRICULTURA	NO	SI/ COMPOSTAJE	NO	NO
¿Tiene un espacio físico disponible para aprovecharlos?/ sino ¿Está dispuesto a buscarlo externamente? / ¿Lo dispondría para implementar un tecnología?	SI/SI	SI/SI	SI/SI	SI/SI	SI	SI	SI/SI	SI/SI
¿Tiene los recursos económicos para realizar una implementación?/ sino ¿está dispuesto a buscarlos?	SI	SI	NO/SI	SI	SI	NO/SI	SI	SI
¿Destinaría un espacio académico para realizar las capacitaciones a los profesores, estudiantes, personal administrativo y de servicios?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
¿Tiene separación en la fuente?/sino ¿Está dispuesto a implementarla?	SI	NO/SI	NO/SI	SI	NO	SI	SI	SI
¿Está dispuesto a vincular este proyecto a las áreas académicas?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Los autores

6.4.2. DIAGNÓSTICOS Como se planteo inicialmente en el proyecto, a continuación se describe cada uno de los diagnósticos realizados para las instituciones en las que se corrió la totalidad de la herramienta con el fin de estimar la generación promedio y composición de RSO de estas, al tiempo que obtener la información adicional relevante. Anexos7. (Diagnósticos)

6.4.2.1 Diagnóstico Berchmans El colegio Berchmans cuenta con un plan integral para el manejo de los residuos sólidos desde hace algunos años con rutas de transporte establecidas dentro del mismo que se realizan a determinadas horas todos los días de la semana.

En cada uno de los módulos académicos, en donde están ubicados los salones de clase, en la zonas comunes y en las áreas administrativas se cuenta, bien sea con 1 tarro para residuos ordinarios (sin separar) para la zonas de menor impacto, o con 5 en aquellas donde hay mayor flujo de personas y cuya actividad pueda llegar a producir residuos de variada naturaleza. La siguiente tabla describe los colores existentes con su respectivo tipo de residuo:

Tabla 23. Separación en la fuente

<b>Color</b>	<b>Residuo</b>
Verde	Ordinario
Crema	Orgánico
Azul	Plástico
Gris	Papel
Blanco	Vidrio

Fuente: Los autores

El contenido de estas canecas es depositado al medio de día en alguna de las 5 Estaciones principales según la cercanía, éstas constan igualmente de los 5 tipos de canecas pero de mayor volumen y están ubicadas en bachillerato, primaria, preescolar, cafetería principal y zona administrativa.

A la 1 pm, la persona encargada del manejo de residuos de la institución comienza el recorrido por cada una de estas Estaciones con un vehículo especializado para el transporte de estos, para posteriormente ser llevados a la Unidad Central de Administración de Residuos (UCAR). Por cada Estación se hace un viaje a la UCAR para descargar y luego se dirige hacia la Estación siguiente.

Imagen 5: UCAR



Imagen 6: Compartimientos UCAR



Fuente: Los autores

Como se muestra en la Imagen 6, la UCAR cuenta con 4 compartimientos aislados destinados al tratamiento de los diferentes residuos (metales, papel, plástico y residuos biológicos) y un quinto compartimiento con dos contenedores en donde se depositan los demás residuos que no son susceptibles de aprovechamiento o reúso para ser entregados al carro recolector.

Imagen 7: Plástico



Imagen 8: Extintores



Fuente: Los autores

Como se puede observar en las imágenes 7 y 8, la salud ocupacional representa una labor primaria en lo que respecta a los controles de seguridad, protección del personal de apoyo, señalización y equipos que previenen riesgos ergonómicos y de incendios.

La distribución interna de la UCAR permite, como se mencionó anteriormente, almacenar de forma separada los diferentes tipos de residuos, con esto se logra establecer un lugar de trabajo con las condiciones sanitarias necesarias que impidan que la acumulación de residuos se convierta en fuente de fuentes de enfermedades y en hábitat para insectos y vectores, que evidentemente podrían representar un problema una amenaza para los estudiantes y demás personas involucradas. Adicional a esto, se cuenta con los equipos en caso de emergencia bajo los requerimientos que establece la norma (Imagen 8) con su debida señalización que indica el tipo de material que se puede atacar con cada uno de estos. En este caso se cuentan con extintores tipo A y B, el primero de estos para incendios en los que están implicados materiales combustibles sólidos normales como madera, viruta, papel, goma y numerosos plásticos que requieren los efectos térmicos del agua (enfriamiento), soluciones de agua, o los efectos envolventes de ciertos elementos químicos secos que retrasan la combustión. Y el

segundo para incendios en los que están implicados líquidos combustibles o inflamables, gases inflamables, grasas y materiales similares en los que la extinción queda asegurada con mayor rapidez excluyendo el aire (oxígeno), limitando el desprendimiento de vapores combustibles o interrumpiendo la reacción en cadena de la combustión.

La persona encargada del manejo de los residuos en la institución es dotada con los elementos de protección personal adecuados que mitigan riesgos químicos, biológicos, físicos, ergonómico y psicosocial como posible consecuencia al contacto con residuos orgánicos que pueden estar parcialmente descompuestos en algunos casos y residuos biológicos; la misma naturaleza del puesto requiere que el trabajador este expuesto a cambios de temperatura y al contacto directo con la luz del sol durante largos periodos de tiempo, a demás del esfuerzo físico requerido para la movilización manual del vehículo y el levantamiento de los bolsas con los residuos.

Imagen 9: Elementos de protección personal y vehículo para transporte de residuos.



Fuente: Los autores

## **Manejo de los residuos sólidos orgánicos**

El lunes 28 de septiembre de 2009 el equipo de trabajo (Miguel Ángel Ramírez y José Fernando Sarria) llevó a cabo la tarea de acompañamiento a la persona encargada del manejo de los residuos en su recorrido diario por cada una de las Estaciones distribuidas en toda la institución con el fin de determinar la efectividad de la separación en la fuente que se hace en el colegio por parte de los estudiantes y el personal administrativo, de apoyo y docente.

Lo anterior nos permitió concluir que, a pesar que la institución cuenta con un número suficiente de canecas destinadas para la separación en la fuente, esta no se logra de manera completamente satisfactoria para efectos de la obtención de los residuos orgánicos, teniendo en cuenta que estas es la fracción que será sometida a procesos de aprovechamiento dentro de la institución. Esto como consecuencia a que el color crema (residuos orgánicos) se adecuó apenas este año electivo y no se cuenta con la sensibilización requerida. Para el papel, el plástico y el vidrio la separación es parcial, lo que conlleva tareas extras por parte del encargado para realizar la selección de estos para, posteriormente, ser comercializados con una persona natural. Los ingresos por la venta de estos le corresponden a la institución.

Imagen 10: Residuos mezclados



Fuente: Los autores

La obtención pues de la fracción orgánica que se tendría en cuenta para ser aprovechada depende de dos sitios puntuales:

- El casino, bajo la administración independiente de la empresa Sodexo, contratada como outsourcing por el colegio Berchmans ha acordado con el personal de apoyo de este último ceder los residuos sólidos orgánicos provenientes de la preparación de los alimentos, estos son: cáscaras, pulpa de frutas, verduras y hierbas.

Las sobras del almuerzo y los residuos cocinados son comercializados para la alimentación animal, y los residuos no aprovechables son dispuestos por el propio personal de Sodexo en la UCAR del colegio.

- La comunidad. Dentro de la institución se encuentra un hogar que da albergue a padres y miembros de la comunidad católica. El mismo día que se realizó el recorrido por la institución, se entabló una breve conversación con la encargada de la preparación de los alimentos de la comunidad

pidiéndole el favor de realizar la separación de los residuos orgánicos provenientes de la preparación de las comidas. Los demás residuos son llevados a la UCAR.

Durante el seguimiento que se le hizo a la gestión y a la generación de los residuos sólidos en el colegio Berchmans, la fracción orgánica de estos fue pesada y caracterizado su contenido. El pesaje se realizó durante una semana académica (lunes a viernes) con el fin de determinar la generación promedio por individuo de la institución.

Tabla 24: Generación Diaria De RSO Provenientes De La Preparación. Colegio Berchmans

DÍA	PESO (Kg)		TOTAL
	Casino	Comunidad	
Lunes	19,9	11	30,9
Martes	26	10	36
Miércoles	10,3	9,2	19,5
Jueves	14	15	29
Viernes	23	14,6	37,6
TOTAL	93,2	59,8	153
Prom	18,6	12,0	30,6

Fuente: Los autores

A continuación se describe la composición diaria encontrada durante la semana del diagnóstico tanto en el casino como en la comunidad:

Tabla 25: Composición de RSO

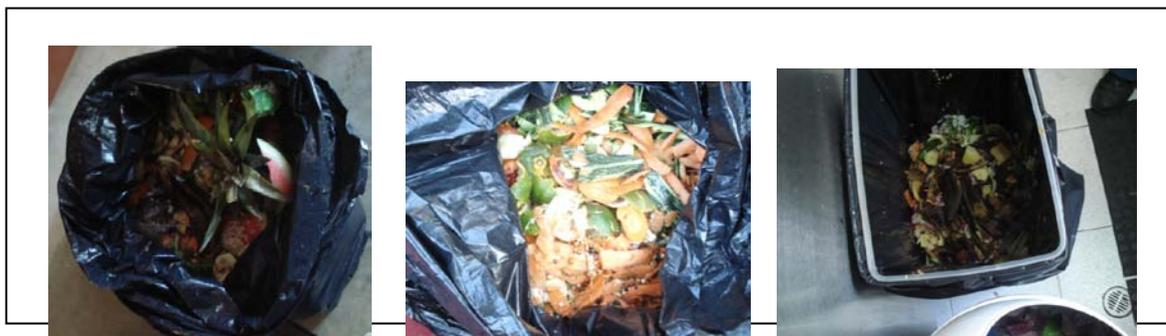
DIA	Lunes		Martes		Miércoles	
FUENTE	Casino	Comunidad	Casino	Comunidad	Casino	Comunidad
CONTENIDO	Tomate	Mandarina	Mandarina	Piña	Plátano	Lechuga
	Lechuga	Pepino	Tomate	Sandía		Zanahoria
	Zanahoria	Tomate	Pepino	Tomate		Papa
	Remolacha	Plátano	Zanahoria	Cebolla		Naranja
	Maduro		Habichuela	Naranja		Tomate
	Aguacate			Maracuyá		Plátano
	Naranja			Plátano		Guayaba
				Papa		Sisco pájaro
				Zanahoria		Remolacha
				Limón		Melón
					Huevo	
PESO (Kg)	19,9	11	26	10	10,3	9,2

DIA	Jueves	Viernes
-----	--------	---------

FUENTE	Casino	Comunidad	Casino	Comunidad
CONTENIDO	Melón	Perejil	Zanahoria	Huevo
	Lechuga	Plátano	Lechuga	Naranja
	Remolacha	Repollo	Naranja	Habichuela
	Plátano	Maduro	Papa	Manzana
	Papa	Zanahoria	Plátano	
	Zanahoria	Lechuga	Yuca	
		Aguacate		
		Remolacha		
	PESO (Kg)	14	15	23

Fuente: los autores

Imagen 11: Residuos Sólidos Orgánicos



Fuente: Los autores

La determinación del volumen promedio estimado por individuo se hace de esta forma debido a la complejidad para tomar datos exactos en este tipo de mediciones y la insuficiencia de tiempo, teniendo en cuenta la disponibilidad de este por parte del equipo de trabajo, quienes deben, de la misma manera, determinarlo en dos instituciones más.

Además de contar con este volumen estimado por semana para aprovecharlos, periódicamente también se tiene un volumen interesante, aun sin cuantificar, de residuos procedentes de las podas. Estos son depositados en un espacio abierto cerca al Himalaya desde hace mucho tiempo.

Imagen 12: Proceso de pesaje.



Fuente: Los autores

Esta metodología tuvo como resultado la acumulación masiva de variados tipos de residuos de poda, haciendo difícil la cuantificación de su peso de manera completa. La forma que consideramos, es la más apropiada para determinar el peso de estos es: teniendo como unidad de medida la bolsa grande que utilizan para la recolección y transporte (Imagen 12), determinar el peso y las dimensiones que ocupa su contenido y posteriormente, estimar el área de los residuos de poda. Esto nos permitiría tener un estimado del volumen de estos residuos con los que también se cuenta para someterlos a procesos de aprovechamiento y balancear la relación Carbono-Nitrógeno con los residuos procedentes del casino y de la comunidad.

Adicionalmente, de esta práctica se identificó un riesgo importante a tener en cuenta adjudica un carácter relativamente urgente a su pronto tratamiento,

teniendo en cuenta que los residuos de esta misma naturaleza a nivel municipal estaban teniendo la misma disposición final en los cerros aledaños a la ciudad, y por efecto de el cambio climático y la fuerte oleada de calor que azotó a esta en determinada época, se generaron fuertes incendios dejando como resultado la destrucción parcial del ecosistema presente en la zona de influencia. Teniendo como referencia este episodio, se destaca este espacio con un posible foco de incendio por el gran volumen acumulado de material seco carburante.

Imagen 13: Costal para podas.



Imagen 14: hojas secas y podas



Fuente: Los autores

Estos dos tipos de residuos son con los que vamos a trabajar para su aprovechamiento. Los demás residuos reciben un manejo diferente, como se explicó antes.

## **LO QUE SE ESTA HACIENDO**

Algunos de los miembros del personal de apoyo han acondicionado un espacio delimitado con ladrillos para producción de humus y compost por medio del proceso de vermicultura (lombricultura) y compostaje respectivamente, para lo

cual utilizan los RSO provenientes de la comunidad y del casino, y parte de las podas para el caso de la compostera.

La infraestructura del colegio facilita un cantidad abundante de recursos con los cuales se planea la producción de bokashi, que es un material orgánico fermentado con Microorganismos Eficaces (ME) y se utiliza como complemento para el compostaje o individualmente en los hogares para acelerar el proceso de descomposición de los RSO.

En cuanto a las podas, como ya se mencionó anteriormente, son dispuestos en un espacio abierto y los trabajadores planean someterlos a un proceso de compostaje mezclándolas con tierra.

Imagen 15: Lombricultura



Fuente: Los autores

6.4.2.2 Liceo Aspaen Tacurí El colegio Liceo Tacurí cuenta con un sistema parcial de gestión de residuos sólidos que se limita básicamente a la separación en la fuente en dos tipos de recipientes que dan cabida a residuos húmedos y secos. Las estaciones de separación están ubicación en los distintos módulos

académicos. Actualmente no existe ninguna estrategia que integre desde la sensibilización y capacitación, incluyendo a todos los niveles de la institución, hasta la disposición final, que en este caso consiste en el aprovechamiento de la fracción orgánica, dando paso a la posible comercialización del material aprovechable restante y la posterior entrega al carro recolector de la disminuida fracción de residuos no aprovechables.

La parte de recolección y disposición final de los residuos en la institución está a cargo del jardinero de turno según el día de la semana; la única herramienta con la que cuenta esta persona es una carretilla que le sirve como vehículo para el transporte de las bolsas llenas de residuos y no tiene ningún elemento de protección personal para la manipulación de estas. Un ejemplo de los riesgos que este presenta es ergonómico por el levantamiento constante de la carretilla, riesgo físico por la exposición al sol y riesgo biológico por contacto directo con el material. Por otro lado, dicha persona realiza varios viajes desde cada una de las estaciones en donde están los tarros de basura hasta la parte posterior de un lote en donde se encuentra el contenedor que da albergue a los residuos de todo tipo y sin diferenciación de bolsas, a excepción de los residuos de poda y hojas secas, los cuales a un costado del contenedor son quemados periódicamente. Este punto se encuentra a 150m de la cafetería y a 305m de la estación más lejana, este rango de distancias debe ser cubierto 5 veces por el jardinero para dar por terminada la labor de recolección de residuos de la institución en horas de la tarde.

Imagen 16: Quema de podas y hojas secas



Fuente: Los autores

La institución cuenta con una pequeña instalación de ladrillo ubicado en un punto opuesto geográficamente al descrito anteriormente, este da lugar a un proceso de lombricultura que se realiza empíricamente y es alimentado de forma no constante con residuos de podas, crudos y cocinados mezclados por igual.

Imagen 17: Montaje tecnología



Imagen 18: contenido lombricultura



Fuente: Los autores

Durante una semana se realizó una actividad de diagnóstico a cargo del equipo de trabajo (Miguel Ángel Ramírez y José Fernando Sarria) en donde se identificaron los puntos críticos para la implementación de un plan de gestión integral para el manejo de residuos sólidos orgánicos en la institución que, adicionalmente permita brindar un manejo adecuado a los demás residuos generados partiendo desde la selección en la fuente.

La entrada de materia prima a la tecnología proviene básicamente de la generación de residuos generada en dos fuentes: lo que se genera en el casino del colegio que corresponde a los crudos, es decir, de los residuos provenientes de la preparación de los alimentos; las hojas secas y los residuos de podas que se recogen periódicamente dentro de esta cuyo volumen depende estrechamente de la estación del año (en invierno la actividad de poda se intensifica).

Durante el seguimiento que se le hizo a la gestión y a la generación de los residuos sólidos en la institución, la fracción orgánica de la primera fuente mencionada (casino) fue pesada y caracterizado su contenido. El pesaje se realizó durante una semana académica (lunes a viernes) con el fin de determinar la generación promedio de la institución.

Imagen 19: Crudos y cocinados Tacurí



Fuente: Los autores

Tabla 26: generación diaria de RSO provenientes de la preparación de alimentos.  
Colegio Tacurí

DÍA	PESO (Kg)		TOTAL
	Crudos	Cocidos	
Lunes	25,2	19,1	44,3
Martes	16,9	17	33,9
Miércoles	30,4	10,3	40,7
Jueves	21,4	19,9	41,3
Viernes	26,1	21,7	47,8
TOTAL	120,0	88,0	208
Prom	24,0	17,6	41,6

Fuente: Los autores

Tabla 27: Composición RSO

DIA	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
CONTENIDO	Cebolla	papa	Piña	Cebolla	Lechuga
	Pepino	Cebolla	Cebolla	Lechuga	Cebolla
	Cilantro	Tomate	Lechuga	Piña	Papa
	Lechuga	Pepino	Tomate	Mango	Tomate
	Mango	Lechuga	Plátano	Papaya	Papaya
	Tomate	Pina	Cilantro	Melón	
	Albahaca	Zanahoria	Mango	Manzana	
		Habichuela	Papa	Pera	
		Limón		Cilantro	
		Pimentón		Albahaca	
				Papaya	
PESO (Kg)	25,2	16,9	30,4	21,4	26,1

Fuente: Los autores

La determinación del volumen promedio estimado de la institución se hace de esta forma debido a la complejidad para tomar datos exactos en este tipo de mediciones y la limitación de tiempo, teniendo en cuenta la disponibilidad de este

por parte del equipo de trabajo, quienes deben, de la misma manera, determinarlo en dos instituciones más.

Adicionalmente, el diagnóstico nos permitió concluir que la separación en la fuente no se está realizando de manera efectiva, lo que no permite que el volumen estimado anteriormente mencionado sea mayor, esto como consecuencia a la insuficiente dotación de canecas de separación y la ausencia de cultura y sensibilidad con el tema por parte de estudiantes, docentes, personal de apoyo y administrativo.

A pesar de que se contó con el aval de los directivos del colegio y se realizaron capacitaciones con un fuerte contenido de sensibilización e información puntual acerca de la metodología a seguir para realizar la separación y el desarrollo del proyecto, el trabajo conjunto con las personas de la cafetería no fluyó de manera adecuada debido a la resistencia al cambio que encontramos en el jefe encargado, la cual no facilitó el cumplimiento de las labores encomendadas a las cocineras. A estas se les dio la misma capacitación con fines de sensibilización y manejo de residuos, haciendo énfasis especial en esta última parte, aquí el equipo de trabajo las dotó con bolsas plásticas puesto que en la cafetería no tenían, y se les indicó la forma de separación que debían emplear para poder realizar el pesaje (una bolsa para crudos y otra aparte para cocidos); la mujer encargada de manejar la cocina expuso algunos argumentos en contra de la realización del plan de manejo de residuos propuesto aludiendo a la sobre carga de trabajo que esta representaba para las cocineras. Finalmente la labor de separación se realizó aunque tuvimos algunos problemas de coordinación debido a la falta de comunicación al interior de la institución.

6.4.2.3 Centro De Adopción Chiquitines Durante cinco días (martes, miércoles, jueves, viernes, sábado), los cuales la institución autorizó para realizar el diagnóstico en chiquitines, se estuvo trabajando en dicho sitio para determinar la cantidad y el tipo de RSO.

El Centro de Adopción chiquitines cuenta con un profesor de educación física quien es el encargado de manejar también la parte ambiental de la institución. Él tiene conocimiento sobre el tema de los RSO, por lo cual ha tratado de transmitir algo de sus experiencias en dicho tema a los niños, enseñándole por ejemplo como ellos puede aplicar esto en la huerta, ubicada en un lote contiguo a las instalaciones de la institución.

Por otra parte, desde las capacitaciones se evidenció gran participación e interés de las personas sobre este tema. Lo cual nos permitió tener un gran apoyo de ellos durante la fase siguiente del proyecto, es decir el diagnostico.

Actualmente, la institución Centro De Adopción Chiquitines está desarrollando un plan ambiental donde se incluye el proyecto herramienta para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos. La institución ha iniciado la separación en la fuente y anteriormente se manejaba una compostera de forma empírica, enterrando los RSO en una zanja y esperando su descomposición para obtener el abono. Dicho método no controla los factores necesarios del compostaje, lo cual no garantizar un abono de buena calidad ni un manejo apropiado de lixiviados. Además, de esta forma se demora mucho tiempo el proceso del compostaje y no se sule la necesidad de la institución. En el momento los otros tipo de residuos como papel y plástico teniendo canecas distribuidas por en los diferentes espacios.

En cuanto al proceso de recolección de los residuos en las horas de la tarde es el jardinero el encargado de pasar por todas las canecas recogiendo su contenido, quien realiza varios viajes debido a que no cuenta con un medio de transporte que le facilite su tarea. De igual forma es él quien recoge los residuos de la cocina y los deposita en los tarros ubicados en la parte posterior del colegio, donde el carro recolector dentro de su ruta se los lleva para darle a estos residuos el manejo que a nivel municipal se ha dispuesto.

Por otro lado, Con el conocimiento de los empleados y observaciones realizadas por nosotros, concluimos que el lugar donde se generaban los RSO de la institución era la cocina sin contar los que provenían de las podas.

Una vez determinado que se trabajaría principalmente con la cocina se reunión a los empleados de dicha asignación y se les capacitó sobre el manejo que tendrían que tener con los RSO durante el diagnóstico y cuando estuviera implementada la tecnología. La instrucción sobre el manejo de RSO consistió en darles unas bolsas negras donde solamente depositarían los residuos crudos (cascarás, pepas, pulpas, entre otros) y otras donde se echarían los RSO cocinados (sobras de las personas y de las ollas). Las personas de la cocina nos guardaron diariamente los RSO para al final de la jornada nosotros pesarlos y determinar qué tipo de residuos se tenían.

De lo anterior también se puede concluir que la cocina siendo uno de los sitios donde más RSO se generan no cuenta con una separación en la fuente, ni siquiera tiene los tarros separadores que permitan esta labor.

Para pesar los RSO provenientes de la cocina primero se peso la persona que sostendría estos y el recipiente donde se deposita la bolsa y así podérselo descontar al peso total.

Imagen 20: Pesaje recipiente



Fuente: Los autores

Posteriormente se peso los RSO generados durante el día martes:

Imagen 21: Pesaje



Fuente: Los autores

Donde se obtuvo un total de 16,6 kg de RSO compuestos de Maracuya, Platano, Lechuga, Cilantro, Zanahoria, Yuca.

Imagen 22: RSO chiquitines



Fuente: Los autores

Además, se obtuvieron 0,4 kg de RSO cocinado, para un total de 17 Kg el día martes.

El día miércoles se realizó el mismo procedimiento obteniéndose:

Imagen 23: RSO miércoles



Fuente: Los autores

10,3 Kg de crudos compuesto de cascara de papa, pepas de pimenton, lechuga, mora, zanahoria, arracacha, cebolla y pepa d mango; y 3,5Kg de cocinados para un total de 13,8 Kg

El día jueves se obtuvo:

Imagen 24: RSO jueves



Fuente: Los autores

18,6Kg de residuos de crudos compuesto de Maracuya, Zanahoria, Mandarina, Papa, Maduro, Arracacha, Cebolla y Papaya y 1,8 Kg de RSO cocinados para un total de 20,4Kg.

El día viernes se obtuvo:

Imagen 25: RSO viernes



Fuente: Los autores

8,6 Kg de residuos crudos compuesto de lechuga, tomate, papa, cebolla, tomate de árbol y 2 Kg de cocinados, para un total de 10,6Kg.

El día sábado se obtuvo:

Imagen 26: RSO sábado



Fuente: Los autores

8,6 Kg de crudos compuesto de papa, papa amarilla, cebolla larga, cebolla cabezona, repollo, pepas de guayaba, piña y manzana. No se obtuvieron RSO cocinados.

A continuación se encuentra en una tabla resumido la cantidad de RSO generados por semana en la institución.

Por otra parte, los RSO compuestos por sobras de comida fueron una cantidad realmente despreciable, debido a que las porciones son muy racionalizadas y todo lo que se sirve es comido por los niños del centro de adopción quienes han crecido bajo esto, tomándolo como parte sus cultura.

Tabla 28: generación diaria de RSO en el Centro De Adopción Chiquitines

DÍA	PESO (Kg)		TOTAL
	Crudos	Cocinados	
Martes	16,6	0,4	17
Miercoles	10,3	3,5	13,8
Jueves	18,6	1,8	20,4
Viernes	8,6	2	10,6
Sábado	8,6	0	8,6
TOTAL	62,7	7,7	70,4
Prom	12,54	1,54	14,08

Fuente: los autores

Tabla 29: composición de RSO del Centro De Adopción Chiquitines

DIA	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
CONTENIDO	Maracuyá	Papa	Maracuyá	Lechuga	Papa
	Plátano	Pepas Pimentón	Zanahoria	Cebolla	Papa Amarilla
	Lechuga	Lechuga	Mandarina	Papa	Cebolla larga
	Cilantro	Mora	Papa	Tomate	Cebolla Cabezona

	Zanahoria	Zanahoria	Maduro	Tomate árbol	Repollo
	Yuca	Arracacha	Arracacha	Papaya	Pepas Guayaba
		Cebolla	Cebolla		Piña
		Pepa Mango	Papaya		Manzana
PESO (Kg)	16,6	10,3	18,6	8,6	8,6

Fuente: Los autores

### 6.4.3 Resultados de la fase 2 y 3 de la herramienta

Tabla 30: Resultados de la fase 2 y 3 de la herramienta chiquitines

Herramienta Ficha de información	
1) Nombre de la institución: Centro de adopción Chiquitines Número de estudiantes: 33 Jornadas : Diurna <input checked="" type="checkbox"/> Nocturna <input checked="" type="checkbox"/> Calendario: <input checked="" type="checkbox"/> B	
2) ¿Los estudiantes hacen uso de casino?	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
3) ¿Generan residuos sólidos orgánicos?	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
4) ¿Está dispuesto a aprovecharlos?	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
5) ¿Tiene espacio disponible?	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
6) ¿Es dispuesto a ubicar un espacio exterior?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
7) ¿Está dispuesto a usar su espacio para aprovechar los RSO?	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
8) ¿Tiene recursos económicos para posibles implementaciones?	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
9) ¿Está dispuesto a buscarlos?	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
10) ¿Está dispuesto a destinar un espacio académico para las capacitaciones?	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
11) ¿Tiene separación en la fuente?	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
12) ¿Está dispuesto a implementar la separación en la fuente?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
13) ¿Tiene cocinetas auxiliares y se puede disponer de los RSO generados en estas?	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Número: 0
14) ¿Tiene animales herbívoros y se puede disponer de los RSO generados por estos?	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
15) ¿Se generan RSO en los salones y se puede disponer de los RSO generados por estos?	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
16) ¿Hay cafeterías?	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
17) ¿Es manejada la cafetería por la institución?	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

18) ¿ Puede disponer de RSO generados en la cafetería? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
19) ¿ Tiene podas en la insititución? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
20) ¿Se puede disponer de dichas podas? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
21) ¿ El (los) tipo(s) de residuo que genera es( cuadro1)? <u>Hojas secas, podas y crudos</u>
22) ¿El peso de los RSO semanalmente generados son? 70,4 Kg de crudos y concinados. las podas y hojas secas no se pudieron pesar.
23) El (los) RSO generados puede(n) ser tratado(s) con la(s) tecnología(s) (tabla 13): Crudos(compstaje, lombricultura, deshidratación biodigestor), Hojas secas y podas (biodigestor, deshidratación, compostaje)
24) El (los) tipo(s) de productos que se quieren producir es (son) (cuadro 2): <u>___Abono</u>
25) La(s) tecnología(s) adecuada para su producto es (tabla14): <u>___Compostaje</u>
26) El tiempo que tiene su personal para manejar la tecnología es: 30-60 m/d/H
27) ¿ la tecnología es acorde a la disponibilidad de tiempo que tiene o debe aumentar este (Tabla 15)? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
28) ¿ la(s) tecnología(s) viable(s) es(son)? <u>compostaje</u>
29) El (Los) posible(s) lugar(es) para implementar la(s) tecnología(s) son: <u>Las 4 esquinas de la insititución</u> <u>Para cada posible lugar 1 esquina</u>
30) ¿ Es un sitio accesible? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
31) La temperatura del sitio es: 23°C
32) ¿ El sitio cumple con la temperatura exigida por la tecnología? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
33) ¿ le incomodan los olores? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
34) ¿Hay fuentes de agua cerca? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
35) El tipo de suelo es: <u>Asociación guanchite</u>
36) ¿ El tipo de suelo cumple las exigencias de la tecnología (tabla 18)? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
37) ¿ Es posible medir el nivel freatico? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>

38) El nivel freático es: _____
39) ¿El nivel freático cumple con las exigencias de la tecnología (tabla 19) ? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
40) El dinero destiando para la tecnología es(ver tabla 20):\$ 1000.0000
Para cada posible lugar 2 esquina
41) ¿ Es un sitio accesible? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
42) La temperatura del sitio es:
43) ¿ El sitio cumple con la temperatura exigida por la tecnología? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
44) ¿ le incomodan los olores? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
45) ¿Hay fuentes de agua cerca? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
46) El tipo de suelo es:
47) ¿ El tipo de suelo cumple las exigencias de la tecnología (tabla 18)? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
48) ¿ Es posible medir el nivel freatico? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
49) El nivel freático es: _____
50) ¿El nivel freático cumple con las exigencias de la tecnología (tabla 19) ? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
51) El dinero destiando para la tecnología es(ver tabla 20):
Para cada posible lugar 3 esquina
52) ¿ Es un sitio accesible? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
53) La temperatura del sitio es: 23°C
54) ¿ El sitio cumple con la temperatura exigida por la tecnología? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
55) ¿ le incomodan los olores? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
56) ¿Hay fuentes de agua cerca? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
57) El tipo de suelo es: Asociación guanchite
58) ¿ El tipo de suelo cumple las exigencias de la tecnología (tabla 18)? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
59) ¿ Es posible medir el nivel freatico? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

60) El nivel freático es: _____
61) ¿El nivel freático cumple con las exigencias de la tecnología (tabla 19) ? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
62) El dinero destiando para la tecnología es(ver tabla 20):  Para cada posible lugar 4 esquina
63) ¿ Es un sitio accesible? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
64) La temperatura del sitio es: 23°C
65) ¿ El sitio cumple con la temperatura exigida por la tecnología? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
66) ¿ le incomodan los olores? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
67) ¿ Hay fuentes de agua cerca? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
68) El tipo de suelo es: Asociación guanchite
69) ¿ El tipo de suelo cumple las exigencias de la tecnología (tabla 18)? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
70) ¿ Es posible medir el nivel freatico? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
71) El nivel freático es: _____
72) ¿El nivel freático cumple con las exigencias de la tecnología (tabla 19) ? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
73) El dinero destiando para la tecnología es(ver tabla 19):\$ 1000.0000

Fuente: Los autores

La tecnología más apropiada para esta institución es el compostaje, ya que los tipos de residuos que se tiene son hojas secas, podas y crudos, aunque estos residuos de alguna forma son compatibles con las siguientes tecnologías compostaje, Lombricultura, deshidratación y biodigestores para obtener un producto como energía con los biodigestores se necesitaría como elemento esencial excretas con lo cual no se cuenta descartando esta tecnología.

Por otra parte, el usuario no está interesado en la producción de alimento animal, ni en disminuir espacio ocupado por estos residuos, por lo cual decide que el producto que desea obtener es abono.

Dicho abono se puede obtener por la Lombricultura o el compostaje pero este último permite aprovechar todos los residuos generados en la institución, convirtiéndose en una opción muy tentadora. Por otra parte, se descarta Lombricultura ya que la disponibilidad del tiempo del personal es media, y para convertir esta en alta que es la exigida por la Lombricultura se tendría que incurrir en mayores costos.

Después de realizar un recorrido por toda la institución se seleccionaron los posibles sitios donde se podría implementar la tecnología, evaluando los diferentes factores que podrían afectar el correcto funcionamiento de cualquier tecnología de aprovechamiento de RSO.

Debido a la distribución de la institución los sitios posibles se ubican en las cuatro esquinas de la institución. No fue posible de medir el nivel freático debido a que no se contaba con los instrumentos necesarios. Por lo cual los diseños de la compostera deben hacerse con un mecanismo que impida el contacto de los lixiviados con el suelo, el tipo de suelo es asociación güachinte, que contiene una capa vegetal de 25cm, compatible con la tecnología.

Debido a que a la institución le incomodan los olores por la proximidad de la ubicación del montaje se debe tener especial cuidado con el control de los factores críticos

A continuación se mencionan y se muestran fotografías de los posibles sitios y las razones por cuales fueron descartados.

El primer lugar, es un sitio muy amplio que cumple con todas las condiciones necesarias pero se descarto por petición de la institución argumentando ellos que queda a la vista de todos los visitantes.

Imagen 27: espacios opcionados para chiquitines



Fuente: Los autores

El segundo lugar, es una esquina cerca de la piscina lo cual podría convertirse en un problema debido a los olores que se pueden generar durante el aprovechamiento de RSO. Además es recomendable no tener fuentes hídricas cerca de cualquier tecnología. Tampoco dicho sitio facilita el transporte de los residuos debido a que se encuentra cercado por el cuidado que se tiene de los niños con la piscina. Finalmente, en dicho sitio se encuentra un riesgo eléctrico por lo cual no debe ser muy transitado.

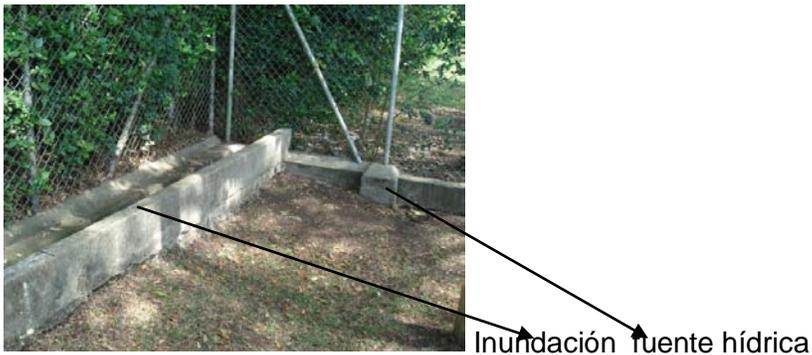
Imagen 28: Piscina



Fuente: Los autores

El tercer lugar se descartó debido a la cercanía con el salón de sala cunas, lo cual podría convertirse en un riesgo biológico para los bebés. También, dicho lugar es propenso a inundaciones, lo cual sería fatal para la tecnología que se implemente, ya que puede destruir la infraestructura y contaminar las sustancias a compostar, esparciendo todos los residuos y lixiviados. Por otra parte en ese lugar se encuentra una fuente hídrica y una caja eléctrica.

Imagen 29: Canal



Fuente: Los autores

Imagen 30: Fuente hídrica



Sala cuna

Fuente: Los autores

Tabla 31: Resultados de la fase 2 y 3 de la herramienta Berchmans

1) Nombre de la institución: Colegio Berchmans Número de estudiantes:1773 Jornadas : Diurna <input checked="" type="checkbox"/> Nocturna <input type="checkbox"/> Calendario: <input checked="" type="checkbox"/> B		
2) ¿Los estudiantes hacen uso de casino?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
3) ¿Generan residuos sólidos orgánicos?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
4) ¿Está dispuesto a aprovecharlos?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
5) ¿Tiene espacio disponible?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
6) ¿Es dispuesto a ubicar un espacio exterior?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
7) ¿Está dispuesto a usar su espacio para aprovechar los RSO?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
8) ¿Tiene recursos económicos para posibles implementaciones?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
9) Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	¿Está dispuesto a buscarlos?	
10) ¿Está dispuesto a destinar un espacio académico para las capacitaciones?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
11) ¿Tiene separación en la fuente?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
12) ¿Está dispuesto a implementar la separación en la fuente?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
13) ¿Tiene cocinetas auxiliares y se puede disponer de los RSO generados en estas?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Número: <u>5</u>		
14) ¿Tiene animales herbívoros y se puede disponer de los RSO generados por estos?	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
15) ¿Se generan RSO en los salones u oficinas y se puede disponer de los RSO generados por estos?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
16) ¿Hay cafeterías?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
17) ¿Es manejada la cafetería por la institución?	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
18) ¿Puede disponer de RSO generados en la cafetería?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
19) ¿Tiene podas en la institución?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
20) ¿Se puede disponer de dichas podas?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>

21) ¿ El (los) tipo(s) de residuo que genera es( cuadro1)? _Hojas secas, podas y crudos
22) ¿El peso de los RSO semanalmente generados son?_153kg crudos, als podas y hojas secas no se pudo cuantificar.
23) El (los) RSO generados puede(n) ser tratado(s) con la(s) tecnología(s) (tabla 13): Crudos(compstaje, lombricultura, deshidratación biodigestor), Hojas secas y podas (biodigestor, deshidratación, compostaje)
24) El (los) tipo(s) de productos que se quieren producir es (son) (cuadro 2): ___Abono
25) La(s) tecnología(s) adecuada para su producto es (tabla14):___Compostaje__y lombricultura_____
26) El tiempo que tiene su personal para manejar la tecnología es:_____>60 m/d/H
27) ¿ la tecnología es acorde a la disponibilidad de tiempo que tiene o debe aumentar este (Tabla 15)? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
28) ¿ la(s) tecnología(s) viable(s) es(son)?compostaje y lombricultura
29) El (Los) posible(s) lugar(es) para implementar la(s) tecnología(s) son: Parqueaderos de los buses, himalaya Para cada posible lugar himalaya
30) ¿ Es un sitio accesible? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
31) La temperatura del sitio es:
32) ¿ El sitio cumple con la temperatura exigida por la tecnología? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
33) ¿ le incomodan los olores? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
34) ¿Hay fuentes de agua cerca? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
35) El tipo de suelo es:
36) ¿ El tipo de suelo cumple las exigencias de la tecnología (tabla 18)? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
37) ¿ Es posible medir el nivel freático? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
38) El nivel freático es:_____
39) ¿El nivel freático cumple con las exigencias de la tecnología (tabla 19) ? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

40) El dinero destiando para la tecnología es(ver tabla 20):
Para cada posible lugar parquedero de buses
41) ¿ Es un sitio accesible? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
42) La temperatura del sitio es: 22°c
43) ¿ El sitio cumple con la temperatura exigida por la tecnología? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
44) ¿ le incomodan los olores? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
45) ¿ Hay fuentes de agua cerca? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
46) El tipo de suelo es: Asociación guachinte
47) ¿ El tipo de suelo cumple las exigencias de la tecnología (tabla 18)? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
48) ¿ Es posible medir el nivel freatico? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
49) El nivel freático es: _____
50) ¿ El nivel freático cumple con las exigencias de la tecnología (tabla 19) ? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
51) El dinero destiando para la tecnología es(ver tabla 20):\$1500.000

Fuente: Los Autores

Después de que se comprobó la afinidad del colegio con el proyecto, se pasó a la segunda fase de la herramienta la cual arrojó que las tecnologías viables para el colegio eran compostaje y Lombricultura. Esto se dio debido a que en el diagnostico se determinó que los residuos generados eran crudos, hojas secas y gran cantidad de podas.

Estos residuos de alguna forma son compatibles con las siguientes tecnologías compostaje, Lombricultura, deshidratación y biodigestores. Pero esta última se descarta debido a que cuando se pasa a analizar la tabla de los productos o beneficios que se pueden obtener, aparece que para energía por medio de un biodigestor es indispensable las excretas con lo cual no se cuenta. Por otra parte el colegio manifestó su interés únicamente en obtener una disminución de espacio

ocupado por las hojas y podas y en obtener abono. Para estos dos intereses si se cuenta con los RSO necesarios. De esto se concluye que las tecnologías que se pueden aplicar según los intereses son compostaje, Lombricultura y deshidratación.

Dado que el volumen de podas es de gran cantidad y como se aclaró en la tabla 13 para aprovechar esto por medio de compostaje se tomaría mucho tiempo, teniendo una tasa de acumulación mayor a la descomposición no sería una alternativa viable. La deshidratación podría ser una alternativa tentadora pero debido al gran volumen para esto se necesitaría una infraestructura gigantesca teniendo un impacto considerable en el presupuesto del colegio. Por lo cual solo quedan como alternativas viables de acuerdo a los intereses del colegio el compostaje y la Lombricultura para obtener abonos. En cuanto al aprovechamiento de las podas y hojas secas se recomienda triturarlas y después disponer de ellas (ver 7. Conclusiones y recomendaciones).

Con la siguiente tabla (15) se le intentó depurar alguna de las dos tecnologías viables de acuerdo a la disposición de mano de obra con relación a las exigencias de la tecnología pero el colegio no cuenta con esta limitación, por lo cual estas dos continúan siendo las tecnologías más apropiadas.

Dado que el colegio manifestó que prefería iniciar su proceso de aprovechamiento de RSO solo con una tecnología correspondiente al compostaje que era más sencilla de implementar y controlar, se analizó el sitio y diseño del montaje de acuerdo a este.

Cuando se empezó a evaluar los sitios disponible se propuso el Himalaya que es una especie de bosque muy lejana al sitio donde se generan los residuos, y de difícil acceso debido a que en este lugar se depositan las podas y hojas secas como se puede ver en la foto a continuación por lo cual se descartó este lugar.

Imagen 31: Himalaya



Fuente: Los autores

Por otro lado, el segundo lugar propuesto cerca al parqueadero de buses cuenta con una infraestructura que puede ser utilizada, teniendo especie de camas con base de cemento. Además este sitio, cumple con todas las condiciones para ser un lugar apto. Dicho sitio es de fácil acceso, la temperatura ambiente (22°C) en este se acopla a las exigencias del compostaje, aunque el compostaje puede generar olores en ese sitio a nadie le molesta, igualmente bajo un proceso controlado se mitigarían estos, no hay fuentes de agua ni es propenso a inundaciones, el tipo de suelo es asociación guachinte, el nivel freático no se pudo medir debido a la falta de instrumentos pero la infraestructura que se va a adaptar cuenta con una base de cemento, se cuenta con un dinero suficiente teniendo como guía la tabla 19.

Imagen 32: Camas



Fuente: Los autores

Tabla 32: Resultados de la fase 2 y 3 de la herramienta Tacurí

1) Nombre de la institución: Liceo Aspaen Tacurí Número de estudiantes:289 Jornadas : Diurna <input checked="" type="checkbox"/> Nocturna <input type="checkbox"/> Calendario: <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>		
2) ¿Los estudiantes hacen uso de casino?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
3) ¿Generan residuos sólidos orgánicos?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
4) ¿Está dispuesto a aprovecharlos?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
5) ¿Tiene espacio disponible?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
6) ¿Es dispuesto a ubicar un espacio exterior?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
7) ¿Está dispuesto a usar su espacio para aprovechar los RSO?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
8) ¿Tiene recursos económicos para posibles implementaciones?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
9) ¿Está dispuesto a buscarlos?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
10) ¿Está dispuesto a destinar un espacio académico para las capacitaciones?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
11) ¿Tiene separación en la fuente?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
12) ¿Está dispuesto a implementar la separación en la fuente?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
13) ¿Tiene cocinetas auxiliares y se puede disponer de los RSO generados en estas?	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
Número: <u>0</u>		
14) ¿Tiene animales herbívoros y se puede disponer de los RSO generados por estos?	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
15) ¿Se generan RSO en los salones y se puede disponer de los RSO generados por estos?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
16) ¿Hay cafeterías?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
17) ¿Es manejada la cafetería por la institución?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
18) ¿Puede disponer de RSO generados en la cafetería?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
19) ¿Tiene podas en la institución?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
20) ¿Se puede disponer de dichas podas?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>

21) ¿ El (los) tipo(s) de residuo que genera es( cuadro1)? _Hojas secas, podas, crudos y cocinados
22) ¿El peso de los RSO semanalmente generados son? 208kg en total, 93,2kg de crudos y 59,8 de cocinados, las podas y hojas seca no se pudo cuantificar
23) El (los) RSO generados puede(n) ser tratado(s) con la(s) tecnología(s) (tabla 13): Crudos(compstaje, lombricultura, deshidratación biodigestor), Hojas secas y podas (biodigestor, deshidratación, compostaje), cocinados( compostaje, biodigestor)
24) El (los) tipo(s) de productos que se quieren producir es (son) (cuadro 2): ___Abono, o se puede generará una disminución de espacio.
25) La(s) tecnología(s) adecuada para su producto es (tabla14): Compostaje y lombricultura
26) El tiempo que tiene su personal para manejar la tecnología es: ___30-60 m/d/H
27) ¿ la tecnología es acorde a la disponibilidad de tiempo que tiene o debe aumentar este (Tabla 15)? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> lombricultura(>60)
28) ¿ la(s) tecnología(s) viable(s) es(son)?compostaje
29) El (Los) posible(s) lugar(es) para implementar la(s) tecnología(s) son: Cerca a las canchas de volley ball y lote aledaño Para cada posible canchas de volley
30) ¿ Es un sitio accesible? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
31) La temperatura del sitio es: 23°C
32) ¿ El sitio cumple con la temperatura exigida por la tecnología? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
33) ¿ le incomodan los olores? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
34) ¿Hay fuentes de agua cerca? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
35) El tipo de suelo es: Asociación guanchite
36) ¿ El tipo de suelo cumple las exigencias de la tecnología (tabla 18)? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
37) ¿ Es posible medir el nivel freático? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
38) El nivel freático es: _____
39) ¿El nivel freático cumple con las exigencias de la tecnología (tabla 19) ? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
40) El dinero destiando para la tecnología es(ver tabla 20):\$ 1000.0000

Para cada posible lote aledaño	
41) ¿ Es un sitio accesible? Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
42) La temperatura del sitio es: 23°C	
43) ¿ El sitio cumple con la temperatura exigida por la tecnología? Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
44) ¿ le incomodan los olores? Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
45) ¿ Hay fuentes de agua cerca? Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
46) El tipo de suelo es: Asociación guanchite	
47) ¿ El tipo de suelo cumple las exigencias de la tecnología (tabla 18)? Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
48) ¿ Es posible medir el nivel freatico? Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
49) El nivel freático es: _____	
50) ¿ El nivel freático cumple con las exigencias de la tecnología (tabla 19) ? Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
51) El dinero destiando para la tecnología es(ver tabla 20):\$ 1000.0000	

Fuente: Los autores

Después del diagnostico y ayudado por el cuadro 1 se identificó que los residuos provenientes de institución son hojas secas, podas, crudos y cocinados. Dichos RSO son compatibles de alguna forma con las tecnologías compostaje, lombricultura, deshidratación y biodigestión. El colegio manifestó interés por obtener abonos y energía, descarto al disminución de espacio debido a que el espacio que ocupan las hojas y podas es mínimo. Por otro lado, al verificar en el cuadro2 los elementos necesarios para obtener dichos productos, se analizó que no se cuenta con excretas pro lo cual no se puede obtener energía. De lo cual se concluye que solo se puede obtener abonos (ver tabla 14) a partir de compostaje y Lombricultura. Posteriormente al verificar la disponibilidad del persona y la exigencia de la tecnología se concluye que la tecnología apropiada es compostaje, descartando Lombricultura, además con el compostaje se puede aprovechar los

tres tipos de RSO sin necesidad de tecnologías complementarias ahorrando dinero. Los RSO cocinados son compatibles con el compostaje pero como se aclaró en la tabla 13 deben ser combinados con otros RSO para mitigar olores y atracción de vectores para lo cual se cuenta con hojas secas, podas y crudos.

Una vez definida la tecnología se analizó los dos posibles lugares para el montaje de la compostera, ambos pasaron los filtros cumpliendo con todos los requisitos de la tecnología. Aunque cabe aclarar que debido a que no se pudo medir el nivel freático en cualquiera de los dos lugares se debe diseñar un sistema para recolectar los lixiviados.

Una vez se tuvieron los dos sitios apropiados se descartó el lugar cercano a la cancha de volley ball, debido a que pueden generar olores y la institución manifestó que era incomodo pasar con los RSO cerca a los alumnos. Por lo cual sólo quedo como lugar apropiado el lote aledaño donde actualmente se están depositando los residuos. Los dos lugares se muestran en las fotos de a continuación.

Imagen 33: Espacio de disposición final

Imagen 34: Lombricultura



Fuente: Los autores

6.4.4 Revisión por expertos El proyecto fue acompañado en parte por el ingeniero Luis Fernando Marmolejo, quien es una de las personas más conocedoras de manejo de residuos a nivel nacional. Este proyecto también fue guiado completamente por la tutora Sory Carola Torres. Posteriormente fue dispuesto a revisión por el profesor de la Universidad Icesi Andrés López conocedor del tema y la ingeniera Paola Quintero de la universidad de Holanda I.H.E

6.4.5 Capacitaciones El éxito de nuestro proyecto en gran parte depende del aporte de cada una de las personas pertenecientes a la comunidad educativa donde se desarrolla este. Es muy importante la sensibilidad y la cercanía de cada individuo con este tema debido a que el producto final de cada tecnología depende en un gran porcentaje de la calidad y el tipo de la materia prima es decir los residuos sólidos orgánicos, lo cuales son obtenidos por una separación en la fuente donde el éxito de esta es que cada persona deposite cada tipo de residuo en su respectivo recipiente. Si no se es sensible o no se tiene del conocimiento sobre el tema se puede depositar en cualquier tarro arruinado todo los procesos siguientes y desperdiciando esa materia prima que simplemente se convertirá en un sobrecosto para la institución y teniendo efectos fatales para el medio ambiente.

Por lo anterior, se puede concluir que se necesita de un cambio cultural el cual no se logran por medio de imposiciones sino interiorizándolo poco a poco de forma coherente en cada persona, de tal manera que adquiera sentido lo que se hace y se convierta en una labor cotidiana. Es por eso que dentro de nuestro proyecto se incluyo las capacitaciones y socialización del proyecto en la comunidad como un pilar, para un desarrollo exitoso.

Por medio de dichas capacitaciones y socializaciones se buscaba incluir a las personas en el cambio y no simplemente entregarles este como algo que nadie

entiende ni se siente identificado, generando por el contrario una resistencia que se convertiría en una de las amenazas del proyecto.

Debido a la estructura del proyecto, a las dimensiones y disposición de tiempo de las instituciones y al avance que se tenía en cada una de estas sobre el tema de RSO, se llevo a cabo diferentes metodologías para realizar dichas capacitaciones y socializaciones. (Anexo 8. Capacitaciones)

6.4.5.1 Centro Educativo Chiquitines En esta institución se capacitó al grupo de servicios, el cual principalmente lo integraban las señoras de la cocina quienes permanecían en uno de los lugares donde se generaban mayor cantidad de RSO en la institución. También, este grupo estaba conformado por el jardinero quien además de manipular las podas era el encargado de sacar de la cocina los RSO y depositarlos en los tarros donde posteriormente eran recogidos por el camión. Pero una vez implementada la tecnología es él quien se encargaría llevar los RSO hasta esta y velar por el funcionamiento de acuerdo a las exigencias de cada una de dichas tecnologías.

Por otro lado, se capacitó a un representante de la parte administrativa y al profesor encargado del área de ciencias naturales, para que estos a su vez se convirtieran en replicadores de este conocimiento con sus colegas y alumnos respectivamente.

Imagen 35: Capacitaciones chiquitines



Fuente: Los autores

6.4.5.2 Liceo Aspen Tacurí En esta institución a diferencia de la anterior se capacitó a todos los profesores por disposición del colegio, quienes eran los encargados de propagar el conocimiento tratado en dichas capacitaciones a sus alumnos. También, se capacitó a todo el personal de servicios integrado por aseadores, jardineros y personas de la cafeterías, quienes iban a tener un contacto directo con los residuos.

Imagen 36: Capacitaciones Tacurí



6.4.5.3 Colegio Berchmans En esta institución debido a debido a la gran cantidad de personas que la integran se identificaron canales que nos permitieran llegar con nuestro proyecto a todos. Se realizaron capacitaciones a 6 grupos de personas que serías los canales anteriormente mencionados. Dichos grupos estarían conformados por: coordinadores de grado de bachillerato, coordinadores de grado de primaria, coordinadores de grado de preescolar, personal de servicios, personal administrativo y profesores de ciencia naturales donde estos últimos transmitirían el conocimiento a los alumnos y buscarían la forma de ligar el tema tratado con la formación académica de estos.

En cuanto al grupo de personal de servicios este no incluye personas de la cafetería ya que esta funciona bajo un outsourcing y no fue posible tener una reunión con ellos, pero como se puede ver en el diagnostico ellos ya realizan una separación en la fuente donde se tiene un acuerdo de que los RSO crudos se los entregaban a los empleados del colegio, por lo cual el no capacitarlo a ellos no entorpecería el desarrollo del proyecto.

Finalmente, aunque en todos los grupos objetivos se utilizó casi la misma estructura en la capacitación y socialización, explicada a continuación, cabe aclarar que durante cada exposición esta se adecuaba a los diferente públicos, es decir se utilizaban vocabulario y metodología, dependiendo del tipo y nivel de conocimiento sobre el tema, por ejemplo se explicaba de una forma a los profesores de ciencias naturales quienes en su mayoría tiene un conocimiento teórico y de otra a las personas de servicios generales quienes tienen un conocimiento empírico.

Imagen 37: Capacitaciones Berchmans



Fuente: Los autores

#### 6.4.6 Estructura de las capacitaciones

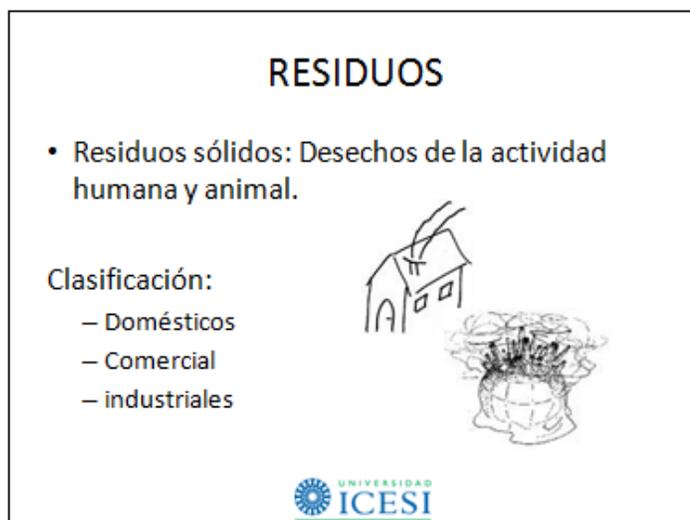
Imagen 38: Diapositiva 1



Fuente: Los autores

Con esta primera diapositiva se presentó al equipo de trabajo, diciendo que éramos estudiantes de ingeniería industrial y que se iba a socializar el proyecto que se estaba desarrollando en la institución como parte de nuestro trabajo de grado.

Imagen 39: Diapositiva 2



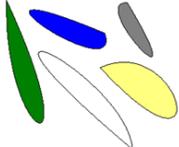
Fuente: Los autores

Las capacitaciones brindadas a los diferentes niveles de cada una de las tres instituciones seleccionadas iniciaba con una contextualización general del tema en donde, por medio de preguntas se tanteaba el conocimiento previo del público y se la hacía partícipe de la discusión con la intención de desarrollar una presentación dinámica entre el éste y los expositores. En este primer contenido se expuso la definición de los residuos sólidos y la clasificación de estos según la proveniencia; aquí se presentaron algunos ejemplos de cada una de estas: residuos de comidas, papel, plástico, metal, entre otros, para los domésticos; embalajes con sus derivados para los comerciales; y dentro de la clasificación industrial entran todos los residuos no peligrosos que se puedan generar en los procesos productivos y operativos.

Imagen 40: Diapositiva 3

### RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

- Fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos
- Los conforman:
  - Residuos de comida
  - Algunos plásticos
  - Podas
  - Textiles
- Obtención: Separación en la fuente o Centros de acopio





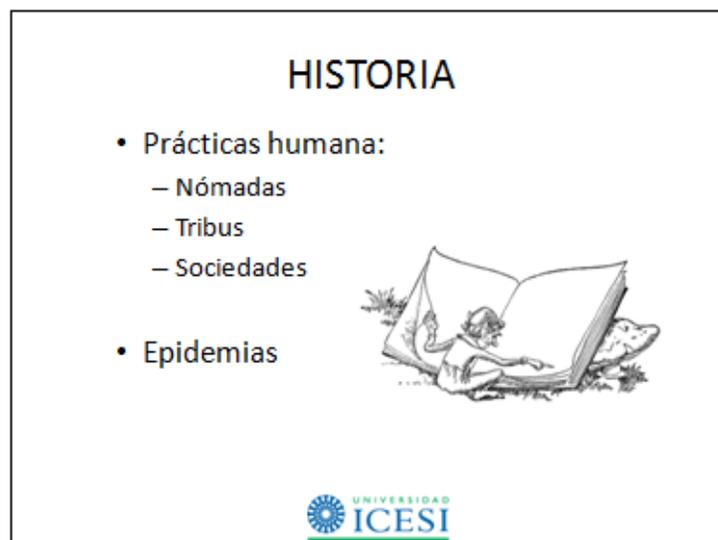
Fuente: Los autores

Después de hablar de manera general sobre los residuos, se empieza a entrar en el eje de nuestro proyecto, los residuos sólidos orgánicos, donde se explica que conforman alrededor del 66% de lo que se conoce como basura, por lo cual son de gran importancia ya que representan más de la mitad de su peso. Se explica

que los RSO están conformados principalmente por residuos de comida tanto los crudos que salen de preparación con las sobras, algunos plásticos como las bolsas biodegradables, las podas y algunos textiles. También se hace claridad que dado el tipo de residuo que se genera en la institución sólo se trabajara con residuos de comida y podas.

También, se indaga en el público si se conoce en qué consiste la separación en la fuente para hacer la presentación más activa. Posteriormente se explica su significado, la importancia de esta y las consecuencias de no realizarla.

Imagen 41: Diapositiva 4



Fuente: Los autores

Dentro de esta misma dinámica de contextualización, nos pareció importante hablar acerca de por qué el mal manejo de los residuos sólidos es considerado un problema de tan amplia magnitud y cómo llegó a posicionarse dentro de esta calificación. Para esto, basados en la investigación bibliográfica previamente elaborada, se hizo un recuento de los diferentes estilos de vida bajo los cuales el ser humano ha funcionado a lo largo de su existencia iniciando con el nómada.

Aquí los seres humanos no contaban con un lugar o espacio de vivienda fijo, se encontraban en constante movimiento según condiciones climáticas y fuentes de alimentación encontradas; en esta época el número de individuos era muy bajo y la generación de residuos, además de ser igualmente baja, estaba compuesta únicamente por material orgánico fácilmente asimilable por el medio, además de que el espacio disponible para su asimilación era lo suficientemente amplio, conservando el equilibrio en el mundo sin mayores inconvenientes.

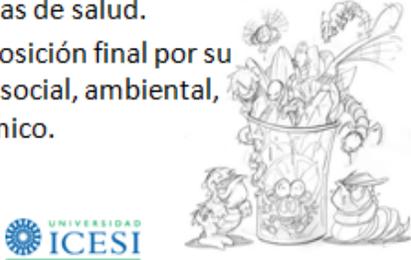
Fue tras la conformación de tribus y, posteriormente, de las grandes sociedades y urbes como las concebimos actualmente que el mal manejo de residuos sólidos empezó a representar un grave problema de salubridad puesto que las personas arrojaban sus desechos a las calles y Vivían bajo unas condiciones sanitarias completamente nocivas como consecuencia a la conformación de un habitat perfecto para la proliferación de vectores que de estas prácticas resultaban, dando lugar a enfermedades y epidemias que causaron la muerte millones de personas.

El problema se agudiza aun más en la actualidad principalmente por dos razones: altas tasas de natalidad, lo que se traduce en una sobrepoblación del mundo y en una generación de residuos proporcional; y la complejidad de los mismo residuos como plásticos, metales y otros materiales sintéticos que no son asimilables por el medio ambiente, y que tiene un impacto nocivo para este y para las personas.

Imagen 42: Diapositiva 5

**PROBLEMÁTICA**

- Contaminación de fuentes hídricas.
- Aumento del efecto invernadero, principal causante del calentamiento global.
- Asociado a problemas de salud.
- Dificultad en la disposición final por su complejidad a nivel social, ambiental, geográfico y económico.



The slide features the ICESI logo at the bottom center, which consists of a blue gear-like icon and the text 'UNIVERSIDAD ICESI'. To the right of the logo is a cartoon illustration of a trash can overflowing with various types of waste, including plastic bottles, paper, and food scraps. A small figure is shown at the bottom left of the trash can, possibly representing a person or a creature associated with the waste.

Fuente: Los autores

Una vez contextualizado el público como se ha ido desarrollando el problema de los RSO a través de la historia, se toca profundamente la problemática que se enfrenta en el presente por el mal manejo de esto. Algunos ejemplos de estos es la contaminación de fuentes hídricas porque se depositan directamente en estas o por los lixiviados que generan durante su descomposición, que se filtran a través de la tierra y contaminan aguas subterráneas. También, el aumento del efecto invernadero, principal causante del calentamiento global debido al gas metano que es uno de los principales contribuyentes a este fenómeno, el cual se presenta durante la descomposición de RSO. Otro ejemplo de los problemas que contraen estos RSO es los problemas asociados con la salud ya que es foco de proliferación de enfermedades que son transmitidas por medio de vectores. Finalmente, se explica porque se presenta una complejidad social, económica y geográfica en la disposición de dichos residuos y su impacto en la contaminación visual.

Imagen 43: Diapositiva 6



Fuente: Los autores

Este proyecto contempla principalmente la fracción orgánica (como ya se ha descrito anteriormente). Tras plantear la problemática y la contextualización del manejo de los RSO, aquí describimos algunas de las tecnologías existentes para el aprovechamiento de esta fracción (ya antes se explicó por qué se trabajo con estas así como la razón por la que se descartaron las demás). La descripción de cada una de estas tecnologías está contenida en el marco teórico. Para efectos de la exposición se plantearon los principales aspecto técnicos como al la infraestructura necesaria para cada uno, el tipo de entrada ideal según la salida deseada y los parámetro que cada una de estas maneja para obtener buenos resultados. Los procesos se explicaron detalladamente y se expusieron algunos ejemplos afianzar la aplicabilidad y el entendimiento de estas.

Imagen 44: Diapositiva 7

### Definición Del Problema



- Existe documentación sobre el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, pero se ha hecho poco en la ciudad de Cali, específicamente en el sector educativo de la comuna 22.



Fuente: Los autores

Después de hacer un análisis general de los RSO y explicar algunos conceptos claves para el desarrollo del proyecto, se expone de donde sale nuestro proyecto, explicando la definición del problema y lo que nos llevó a esto. Haciendo énfasis que aunque mucha gente tiene conocimiento sobre las consecuencias de un mal manejo de los RSO y también existen las tecnologías para mitigar el problema, en nuestra ciudad se está haciendo muy poco en especial en la comuna 22.

Imagen 45: Diapositiva 8

### Causas

Algunas causas encontradas son<sup>1</sup>:

- Un desconocimiento de las tecnologías existentes.
- Desconocimiento de los beneficios.
- La resistencia al cambio.

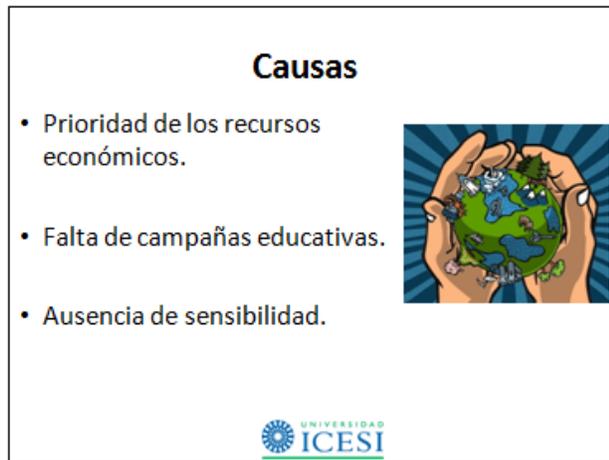


<sup>1</sup> COLOMBIA, Departamento administrativo de planeación municipal, Alternativas ciudadanas al manejo de residuos en Cali, Santiago de Cali, La Alcaldía, 2006. 125 p.



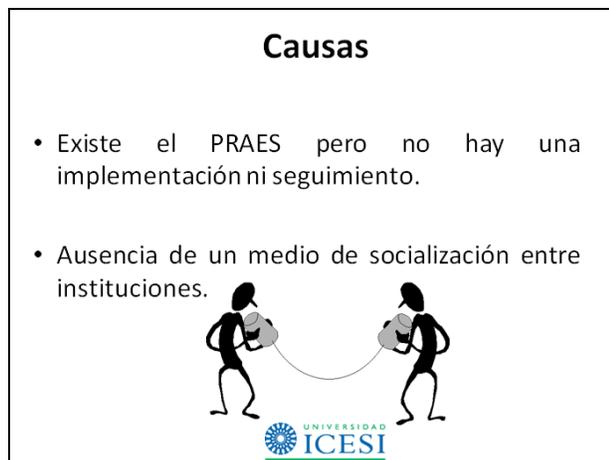
Fuente: Los autores

Imagen 46: Diapositiva 9



Fuente: Los autores

Imagen 47: Diapositiva 10



Fuente: Los autores

En estas diapositivas se explicaron algunas de las posibles causas del problema anteriormente mencionado que fueron documentadas por el centro de investigación de la universidad del Valle CINARA. Donde se encuentran

como principales la falta de conocimiento del sector educativo sobre la existencia de dichas tecnologías, desconocimiento de los grandes beneficios que trae el aprovechar los RSO, una resistencia al cambio frente al ver las basuras como algo útil y de donde se puede sacar otros productos, la poca prioridad que se le da a los recursos económicos para proyectos ambientales, la falta de campañas educativas, una ausencia de sensibilidad, porque aunque en la comuna 22 la mayoría de instituciones son de estratos sociales altos teniendo la facilidad de tener conciencia sobre el tema es poca identificación con esto lo cual los hace actuar indiferentemente. Por otro lado, a pesar de que se han creado mecanismos para obligar a las instituciones de incluir en su parte académica proyectos ambientales (PRAES) no se ha generado un seguimiento del cumplimiento de esto y finalmente hay una ausencia de medios de socialización entre las instituciones que permita una retroalimentación entre esta y de esa manera incentivar al desarrollo de este tipo de proyectos.

Imagen 48: Diapositiva 11



Fuente: Los autores

Es por todo lo anterior que se plantea este proyecto, y es aquí donde se le explica al público en qué consiste nuestra efímera presencia en la institución

implementando esta herramienta que nos permitió inicialmente identificar las tres instituciones con las que se corrió el resto de esta, y finalmente la tecnología de aprovechamiento de RSO mas aptas para cada uno de estos.

Igualmente se socializó la metodología seguida en la primera parte del proyecto, que se explica detalladamente en la documentación del objetivo 5. De la misma manera se explicaron los criterios a tener en cuenta para la para la selección de tecnología, los cuales se tomaron mediante la aplicación de un diagnósticos en el cual se identifico el volumen de generación de residuos, el contenido de los residuos, distancias y procedimientos para el transporte de estos al interior de la institución y la disposición final que recibían estos.

Imagen 49: Diapositiva 12



Fuente: Los autores

Finalmente, se presentaron los beneficios que se tendrían como resultado al hecho de dejar de mandar esta fracción orgánica a los rellenos sanitarios, y dejarla en la institución para su transformación y posterior aprovechamiento. En este orden de ideas se tiene inicialmente una oportunidad de negocio según el producto final obtenido (abono, energía, alimentación animal, entre otras), este

puede ser comercializado, o bien, aprovechado al interior de la institución disminuyendo el uso de fertilizantes químicos o costos por cualquier concepto de compras externas que se puedan sustituir por alguno de los productos mencionados. Además, se tiene una disminución del costos de transporte en cuanto a volumen que se le está dejando de entregar a los carros recolectores, teniendo en cuenta que según algunas investigaciones (previamente referenciadas en el marco teórico) cerca del 66% de los residuos sólidos urbanos corresponden a la fracción orgánica, lo cual significa volumen relevante que se queda en la institución para ser aprovechado.

Con todo esto se le está dando un aporte al manejo adecuado a los residuos disminuyendo los impactos previamente descritos; y por estar dirigido a instituciones educativas de hasta básica secundaria, se está contribuyendo en la generación de consciencia en la temprana edad a través de la implementación de este tipo de proyecto amigables con el medio ambiente, haciendo estas de estas actividades algo cotidiano en sus vidas con la intención de transmitir este mensaje a sus hogares y de generación en generación.

## 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

- Con este proyecto se logró confirmar la información obtenida de las investigaciones de la Universidad Del Valle (CINARA), quienes afirmaron que a pesar de los requerimientos existentes del PRAES (proyecto ambientales escolares), no se cuenta con las garantías necesarias para el control de su cumplimiento a cabalidad. Lo cual se identificó tras el barrido a todas las entidades educativas realizado durante la primera etapa del proyecto, en donde muchas de ellas no contaban con un comité ecológico, separación en la fuente, control de riesgos, entre otras.
- A pesar de que este proyecto que plantea un aprovechamiento de RSO tuvo gran aceptación dentro de la población mencionada por sus beneficios académicos, económicos y ambientales, se identificó una fuerte barrera al momento de disponer recursos económicos debido a la priorización de inversión con la que cuentan estos colegios, baja la cual la parte ambiental no representa un componente muy importante en la creación del presupuesto anual.
- De los colegios y jardines en los cuales se realizaron vistas, el único de estos que funciona parcialmente bajo las directrices de un PGIRS es el colegio Berchmans, el cual cuenta con procesos y procedimientos serios apoyados por estudios, capacitaciones e infraestructura que permiten realizar desde una buena separación en la fuente hasta la disposición final de estos. Aunque en el anterior plan de gestión integral no se ha logrado aprovechar la parte orgánica, dándole un manejo de residuos no aprovechables.

- En varias instituciones se preocupa únicamente por darle un manejo a residuos como papel, plástico y vidrio, ignorando la fracción orgánica que representa más de la mitad del total de residuos generados, lo que a su vez ha impedido el conocimiento de los beneficios que se puede obtener tras su aprovechamiento en términos económicos, ambientales y académicos.
- Entre las alternativas tecnológicas evaluadas por la herramienta de este proyecto, el compostaje fue un común denominador como alternativa más apropiada en cada una de las instituciones donde se corrió la totalidad de la herramienta, debido al volumen y composición de RSO, asociados a la sencillez de su montaje y control de factores críticos.
- A simple vista un proyecto de este tipo puede verse como una idea más en pro a la conservación del medio ambiente, asilado de sus otros beneficios y de disciplinas como la ingeniería industrial, pero durante su desarrollo se evidencia que se aplican conocimientos de esta tales como: distribución de planta relacionado a la ubicación de la infraestructura; cadena de suministros por la relación de coordinación y colaboración entre clientes internos y externos para lograr el aprovechamiento de residuos; desarrollo de nuevos productos reflejado en abonos, energía, alimentación animal entre otros; aprovechamiento de materia prima donde se cambia la concepción de que los residuos es algo inútil y por el contrario pueden transformarse en un producto final; prevención de riesgo bajo las consideraciones de salud ocupacional como reducir el riesgo biológico o de incendio, ergonómico entre otros; el replanteamiento de procesos para darle un direccionamiento a RSO distinto; control de proceso para cumplir con las necesidad del cliente (interno o externo); planeación estratégica donde todos los niveles organizacionales trabajen por el mismo fin. Todo lo

anterior bajo las líneas de ecoeficiencia y producción más limpia enmarcados bajo un desarrollo sostenible.

- Así como en muchas organizaciones de los diferentes sectores, los colegios en donde se corrió la herramienta no están exentos a problemáticas que pueden entorpecer su camino hacia el éxito como: la falta de comunicación entre los diferentes niveles organizacionales y ausencia de lineamiento entre los objetivos de estos con la misión, visión y valores de esta. Impidiendo una visión sistémica en donde los intereses individuales entran con conflicto con los intereses colectivos. Además de este, se pudo observar una fuerte resistencia al cambio por la inseguridad que genera el rompimiento de paradigmas y la prevalencia de los intereses individuales con ánimos de figurar o aceptar que otras personas puedan aportar en la conformación de nuevos estilos de trabajo y conocimiento.
- Para garantizar resultados exitosos al interior en una organización y lograr una aceptación del cambio en las personas, se debe integrar a todas estas con el fin de tener un trabajo en equipo abierto a retroalimentaciones dentro del cual se aceptan recomendaciones, opiniones, y mejoras. Por el contrario, no se debe buscar esta aceptación simplemente a través de la imposición o implementando nuevos cambios de los cuales nadie ha sido participe.
- A pesar de que los colegios y jardines pertenecen a un mismo sector (educativo) y por consiguiente comparten la misión de educar y formar individuos; cada una de estas lo busca de manera completamente individual no dando pie a la retroalimentación y colaboración que se puede obtener de sus pares, lo que les permitiría crecer exitosamente a nivel individual y colectivo. Marcando una diferencia y obteniendo mayores beneficios.

- Debido a que exististe un gran distanciamiento entre la información disponible en la literatura y la realidad al momento aplicar y controlar las tecnologías debido a las múltiples variables y consideraciones en términos ambientales, composición de residuos y disponibilidad de recursos, se presenta la herramienta como un medio de estandarización que aterriza la teoría a las condiciones particulares de cada usuario de la herramienta, generando que las diferentes alternativas tecnológicas estén al alcance de cualquier persona.
- Las capacitaciones realizadas en las instituciones en las que se corrió la totalidad de la herramienta se realizaron a diferentes tipos de público; como ya se mencionó anteriormente, dentro de estas se incluyó a todos los niveles organizacionales. Personal de servicios, administrativo y docente manejan distinta jerga y distintos conocimientos e intereses, por esto a la hora de plantear el proyecto, nos vimos en la obligación de aprender a manejar cada tipo de público de modo que se hablara el mismo idioma entre este y los expositores.

## 7.2 RECOMENDACIONES

7.2.1 A las instituciones educativas trabajadas A cada una de las instituciones a las que se le corrió la herramienta se le plantea una serie de propuestas provenientes del diagnóstico y los resultados finales de la herramienta.

7.2.1.1 PROPUESTA CENTRO DE ADOPCIÓN CHIQUITINES Tras realizar el diagnóstico en la institución el pasado mes de agosto, con el cual se buscaba estimar la generación promedio de residuos sólidos orgánicos de la misma así como su composición. Tras correr la herramienta como se mencionó anteriormente, la alternativa tecnológica para el aprovechamiento de RSO más apta para la institución corresponde al compostaje; adicionalmente el sitio que

dará lugar a la implementación de esta será el espacio ubicado en la parte posterior de la cocina, el cual también fue arrojado como resultado de haber corrido la herramienta. Las razones se exponen en la documentación del objetivo 5.

Una vez identificada la tecnología y el espacio del montaje, se lograron establecer dos alternativas de diseño viables por medio de las cuales se le daría un manejo deseado a la fracción orgánica de los residuos sólidos generados en ésta.

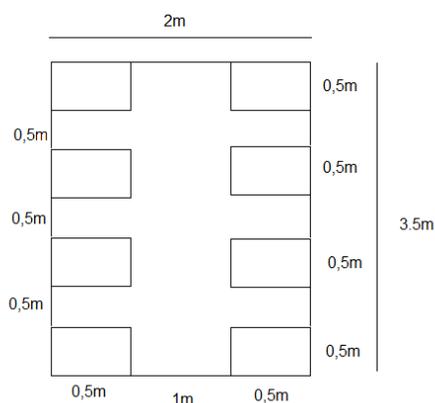
Para la realización del proyecto en el Centro de Adopción Chiquitines se tuvieron en cuenta algunos parámetros preliminares correspondientes a los alcances del proyecto y las necesidades de la institución. Dentro del marco de la ISO 9000, ISO 14000 y el cumplimiento a cabalidad del PRAES (Proyecto Ambientales Escolares) se buscó diseñar un montaje digno de ser expuesto que le agregue valor a la institución y a sus procesos de educación en aras a la certificación buscada por sus directivos, en el cual se lleven a cabo labores integradas con los niños que los pongan en contacto con este tipo de proyecto ambientales con la intención de aportar en la creación de conciencia en la temprana edad.

### **Propuesta 1**

Según los datos del diagnóstico el volumen de residuos sólidos orgánicos es de aproximadamente 100kg semanales, los cuales conformarán cada pila. Se calcula que la base de una pila con 100 kg es aproximadamente de 50 – 60 cm. Dado el tiempo promedio en que una pila de estas proporciones tarda en compostar (entre un mes y medio y dos meses) se considera que el espacio destinado para la compostera debe tener alrededor de 3.5 X 2 m. para permitir compostar los residuos de 8 semanas y tener suficiente espacio para realizar volteos.

Imagen 50: Espacio interior de la ramada

Imagen 51: Aspecto exterior



Fuente: Los autores

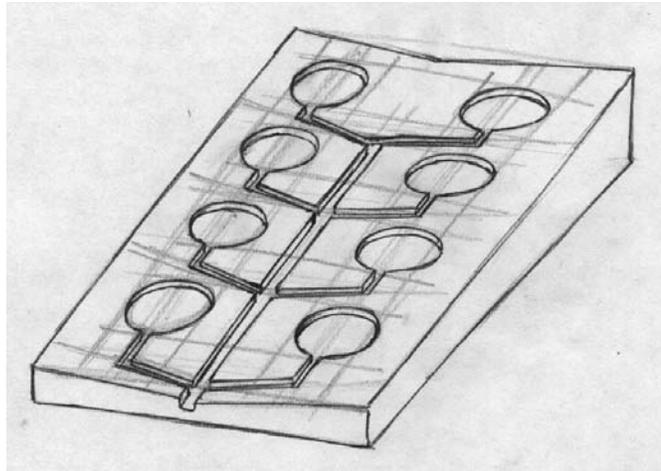
La compostera constará de la siguiente estructura:

Una base de cemento de aproximadamente 5cm de espesor, para la cual se necesitará una maya metálica de hierro que evitará que la superficie se cuarte debido al peso de las pilas y de la o las personas encargadas del control de los factores críticos.

La base tendrá una especie unos canales moldeados en la estructura por palos de guadua distribuidos en forma de espina de pescado que permitirán la circulación de lixiviados hasta los tarros de recolección, que se encontraran enterrados a un nivel inferior de la base. Estos líquidos provenientes de la descomposición aerobia de los residuos orgánicos son reintegrados al proceso dos o tres veces más para ser curados y, posteriormente ser usados como fertilizante natural en los jardines de la institución. Para lograr esto, la base debe contar con una leve inclinación que

direccione los lixiviados hacia las canales para que sean recibidos por el recipiente.

Imagen 52: Diseño Base de Cemento



Fuente: Los autores

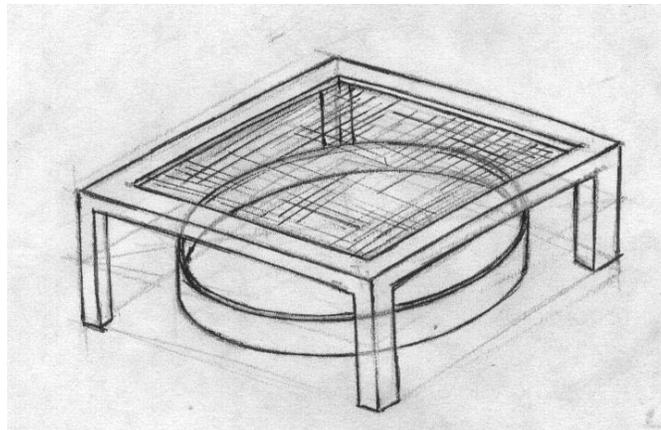
Adicionalmente, dicha base tendrá un techo de zinc, que será sostenido por 4 columnas en guadua y que permitirá cerrar la instalación con tela verde de construcción con el fin de garantizar las condiciones adecuadas de temperatura y humedad que posibiliten la obtención de un producto final de buena calidad. Además, esta ramada permitirá mantener alejados insectos, roedores y animales que puedan ser atraídos por los residuos. Esta estructura se tomará en cuenta para el desarrollo de la segunda propuesta.

## **Propuesta 2**

Para esta segunda propuesta se omita la instalación de la base de cemento. Tomando en cuenta las consideraciones generales que se describieron al inicio de la propuesta 1 como se muestra en la Imagen 1, cada una de las 8 pilas contará

con un estructura individual en forma de mesa, la parte superior, que es la que entra en contacto directo con la pila, consta de un malla de plástico que no se deteriore por efecto de la acidez de los lixiviados, y que permita el drenaje de estos hasta un recipiente ubicado en la parte inferior de la pila. De esta forma la pila no queda en contacto con el suelo y los lixiviados se pueden recoger para ser reintegrados al proceso, y de igual forma, se evitan complicaciones de tipo ambiental. La madera que se consideró para la construcción de estas estructuras cuenta con el tratamiento y recubrimiento necesarios para que resista las condiciones intrínsecas del proceso de humedad, temperatura y acidez de los compuestos en determinadas etapas del proceso.

Imagen 53: Estructura individual



Fuente: Los autores

Tabla 32: Costo

	Propuesta 1	Propuesta 2
Ramada	\$ 201.800	\$ 201.800
Base de cemento	\$ 405.200	-

Soportes (8 unid)	-	\$ 471.867
Termómetro	\$ 29.375	\$ 29.375
Papel Tornasol	\$ 14.000	14000
TOTAL	\$ 650.375	\$ 717.042

Fuente: Los autores

Adjunto se envía la discriminación detallada de cada una de las cotizaciones en donde se especifica cada uno de los materiales para los tres primeros ítems de la tabla 1 y se toma en cuenta el costo de transporte. Los costos expuestos en la tabla 1 incluyen únicamente los costos de los materiales. Igualmente se adjunta la cotización de los termómetros adecuados para este tipo de procesos. (ANEXO 4)

En la cotización adjunta que se refiere a los estructuras solo están consideradas 6 unidades (\$ 353.900); el valor contenido en la tabla 1 considera la 8 unidades requeridas.

## **PROCEDIMIENTO**

1. Tener correctamente implementada la separación en la fuente en los diferentes espacios de la institución de modo que con la implementación de este proyecto se le dé un aporte al manejo adecuado de los demás residuos generados (papel, plástico, entre otros).
2. Crear estaciones de depósito parcial, es decir los aseadores de cada sector de las instalaciones llevaran los residuos en las bolsas correspondientes a un espacio asignado (estación), donde posteriormente una persona encargada los recogerlos para darles la disposición final según la naturaleza de los residuos.

3. En la tarde, a una hora determinada la persona encargada de la recolección de los residuos de las diferentes estaciones, pasara con vehículo para el transporte de estos, hacia el sitio asignado para la disposición donde se contará con una compostera y un centro de acopio donde en donde se almacenan los residuos que se le entregan al carro recolector o la persona que los adquiera dado el caso.
  - 3.1 Si el residuo es orgánico sólidos se dispone en la compostera como se explica en el numeral 4.
  - 3.2 Si no es RSO orgánico se debe clasificar vidrio, papel, plástico y metales para su comercialización y lo no aprovechables deben ser entregado al carro recolector.
4. Los RSO pasarán a conformar pilas al interior de la compostera las cuales se irán constituyendo con lo que se genere durante cada semana según la generación diaria.
5. Una vez conformada la pila se debe llevar un registro por medio de una bitácora en donde se plasme la fecha de conformación, factores controlados y documentación de acciones tomadas (volteos, adición agua, adición de material seco, entre otros).

### **Control del proceso**

6. Día de por medio se realizaron controles de temperatura. para esto se identificaran cinco punto, cuatro cada cuarto haciendo una analogía con un reloj (12, 3, 6, 9) y la quinta en el centro de la pila.
  - 6.1 Se debe estar atento a los incrementos de temperatura por encima de los 70°C. En caso de presentarse este evento, la pila debe ser humedecida un poco y realizar el volteo correspondiente.

7. Las pilas deberán someterse a volteos semanales para garantizar la presencia de todas las etapas en la totalidad de su contenido. La corteza debe pasar a formar parte del núcleo y el núcleo parte de la corteza. En caso de presencia de olores nauseabundos, la frecuencia de volteos de debe identificar.

8. Cada dos días igualmente se deben realizar controles de humedad, para estos la persona encargada debe realizar el siguiente procedimiento:

-Se toma con la mano una muestra de material.

-Se cierra la mano y se aprieta fuertemente el mismo.

-Si con esta operación se verifica que sale un hilo del material, entonces se puede establecer que el material contiene más de un 40% de humedad.

-Si no se produce un hilo continuo de agua y material gotea intermedicamente, se puede establecer que su contenido en humedad es cerca al 40%

-Si el material no gotea y cuando se abre el puño de la mano permanece moldeado, se estima que la humedad presenta entre un 20 a 30%

-Finalmente, si se abre el puño y el material se disgrega, se asume que el material contiene una humedad inferior al 20%.<sup>39</sup>

Si con el proceso anterior se determina que la humedad es superior al 40%, de debe añadir materiales secos como cascarilla de arroz. Si por el contrario, esta es inferior al 20%, se debe humedecer un poco.

---

<sup>39</sup> COLOMER M, Op. cit., p. 212 - 213

9. Se puede asumir el proceso por terminado (aproximadamente 2 meses) cuando el material que conforma las pilas tenga contextura, color y olor a tierra.

10. Alistamiento del abono para su utilización en los suelos de la institución.

7.2.1.2 PROPUESTA COLEGIO BERCHMANS Los datos se introdujeron en la herramienta, y como resultado se obtuvo que el compostaje corresponda a la alternativa tecnología más adecuada, cuya infraestructura tendrá lugar en el sitio que se muestra en la imagen 11, está ubicado cerca al parqueadero de buses, en donde ya se cuenta con una infraestructura que será adecuada según las exigencias de dicha tecnología.

A continuación se describen las propuestas realizadas al colegio:

- Acondicionar un espacio fijo en donde se realizará el compostaje en una de las camas de ladrillos que ya está construida; se dotará de techo y columnas que permitan taparlo con paredes de plástico de construcción, con el fin de impedir la entrada a insectos y vectores, y que del mismo modo, permita el fácil acceso a la ramada por parte de las personas encargadas. (la cotización de este diseño está en el ANEXO 4).

Imagen 54: Camas de ladrillo



Fuente: Los autores

- Debido al interés de la institución de adquirir una maquina compactadora para la reducción del volumen de los residuos sólidos que se le entregan al carro recolector, se le propone a este que dicha maquina cumpla una función dual, que permita triturar el gran volumen de podas y hojas secas que se depositan diariamente cerca al Himalaya (este espacio se describe en el siguiente literal). la disminución del tamaño de las partículas se debe realizar con el fin de que su proceso de descomposición sea más rápido y garantizar un abono de mejor calidad.
- El espacio en donde se disponen los residuos de las podas cuenta con una construcción lo suficientemente amplia para recibir estas y que entren directamente a ser trituradas. De aquí, parte de las virutas de esta se dispondrán en la compostera y la otra será utilizada en la finca del colegio (ubicada en Jamundí) para la adecuación de suelos.

Imagen 55: Espacio para la producción de abono



Fuente: Los autores

- La intención del proyecto es actuar por medio de la sensibilización, de modo que todas las personas de la institución aporten y se empiece a gestar el cambio dentro de ellas. Para que esto sea posible, lo mínimo que debe haber es un número suficiente de canecas con sus respectivos colores ubicadas en los espacios de mayor impacto (el colegio ya cuenta con esto), pero los estudiantes le están dando un uso alterno a estas. Para evitar el la destrucción de la canecas, pensamos prudente hacer lo que ya se ha hecho con otras, agruparlas en una estructura de metal (preferiblemente reciclado con los que sale del colegio mismo) que imposibilite su traslado y uso destructivo.

Imagen 56: Situación de las canecas



Fuente: Los autores

## **PROCEDIMIENTO**

1. Garantizar la continuidad de la separación en la fuente en los diferentes espacios de la institución de modo que se le siga brindando un aporte adecuado al manejo de los demás residuos generados (papel, plástico, entre otros).
2. Mantener las estaciones de depósito parcial, es decir, donde los aseadores de cada sector de las instalaciones llevaran los residuos en las bolsas correspondientes a un espacio asignado (estación), y donde posteriormente una persona encargada los recogerlos para darles la disposición final según la naturaleza de los residuos.
3. En la tarde, a una hora determinada la persona encargada de la recolección de los residuos de las diferentes estaciones. Todos los residuos no orgánicos deben ser llevados a la UCAR en donde el papel, el plástico y el vidrios son seleccionados para su posterior comercialización, los residuos no aprovechables son entregados al carro recolector. Y por otra parte, la fracción orgánica es depositada en la compostera.
4. Los RSO pasarán a conformar pilas al interior de la compostera las cuales se irán constituyendo con lo que se genere durante cada semana según la generación diaria.
5. Una vez conformada la pila se debe llevar un registro por medio de una bitácora en donde se plasme la fecha de conformación, factores controlados y documentación de acciones tomadas (volteos, adición agua, adición de material seco, entre otros).

## **Control del proceso**

6. Día de por medio se realizaron controles de temperatura. para esto se identificaran cinco punto, cuatro cada cuarto haciendo una analogía con un reloj (12, 3, 6, 9) y la quinta en el centro de la pila.

6.1 Se debe estar atento a los incrementos de temperatura por encima de los 70°C. En caso de presentarse este evento, la pila debe ser humedecida un poco y realizar el volteo correspondiente.

7. Las pilas deberán someterse a volteos semanales para garantizar la presencia de todas las etapas en la totalidad de su contenido. La corteza debe pasar a formar parte del núcleo y el núcleo parte de la corteza. En caso de presencia de olores nauseabundos, la frecuencia de volteos de debe identificar.

8. Cada dos días igualmente se deben realizar controles de humedad, para estos la persona encargada debe realizar el siguiente procedimiento:

-Se toma con la mano una muestra de material.

-Se cierra la mano y se aprieta fuertemente el mismo.

-Si con esta operación se verifica que sale un hilo del material, entonces se puede establecer que el material contiene más de un 40% de humedad.

-Si no se produce un hilo continuo de agua y material gotea intermedicamente, se puede establecer que su contenido en humedad es cerca al 40%

-Si el material no gotea y cuando se abre el puno de la mano permanece moldeado, se estima que la humedad presenta entre un 20 a 30%

-Finalmente, si se abre el puño y el material se disgrega, se asume que el material contiene una humedad inferior al 20%.<sup>40</sup>

Si con el proceso anterior se determina que la humedad es superior al 40%, de debe añadir materiales secos como cascarilla de arroz. Si por el contrario, esta es inferior al 20%, se debe humedecer un poco.

9. Se puede asumir el proceso por terminado (aproximadamente 2 meses) cuando el material que conforma las pilas tenga contextura, color y olor a tierra.

10. Alistamiento del abono para su utilización en los suelos de la institución.

7.2.1.3 PROPUESTA LICEO ASPAEN TACURI Una vez corrida la herramienta se determinó que la opción tecnológica más apropiada para el colegio era el compostaje. De igual forma se analizó que el sitio donde se realizará el montaje inicial más apto es el lote donde actualmente se están depositando los residuos.

Complementario a lo anterior se propone las siguientes actividades:

- Adecuación del puesto de trabajo. la persona encargada de esta labor debe estar dotada con el equipo de trabajo adecuado que satisfaga los principios de salud ocupacional, a través de la prevención de los distintos riesgos a los que pueda estar expuesto el individuo. En este caso, el puesto debe contar con un vehículo especializado con llantas inflables y con una capacidad suficientes para disminuir el número de viajes, que se elimine la actividad del levantamiento que se tiene con la carretilla, y que el desplazamiento del vehículo no representa un sobre esfuerzo para el individuo. Adicionalmente, dotación del respectivo Equipo de Protección personal (EPP) como guantes, vestuario con manga larga, tapa bocas y

---

<sup>40</sup> COLOMER M, Op. cit., p. 212 - 213

delantal de plástico que protejan al individuo de riesgos físico por temperatura, ergonómico por sobre carga y biológico y químico por la exposición directa a todo tipo de residuos.

- Dotación de tarros. Para poder hacer de la separación en la fuente una actividad efectiva y complementaria a en la gestión de residuos sólidos de la institución, además de la sensibilización y capacitación brindada por el equipo de trabajo, es necesario la existencia de las canecas de los colores dispuestos para los diferentes tipos de residuos que se puedan generar. La siguiente tabla describe los colores existentes con su respectivo tipo de residuo:

Tabla 23: Separación en la fuente

<b>Color</b>	<b>Residuo</b>
Verde	Ordinario
Crema	Orgánico
Azul	Plástico
Gris	Papel
Blanco	Vidrio

Fuente: Los autores

- Adecuación del sitio. El sitio que consideramos más apropiado es el que actualmente está siendo utilizado para la disposición de todos los residuos de la institución. Ya se había mencionado antes la dificultad de ese espacio por la largas distancias que el personal encargado debía recorrer, pero habiendo contemplado lo propuesto en el primer literal, con respecto a la adecuación del puesto, se logra una gestión adecuada en términos de salud

ocupacional y manejo de posibles olores o atracción de insectos que puedan perturbar las actividades de la institución o representar problemas de salud.

En cuanto a la adecuación del espacio se tiene dos diseños (las propuestas de diseños son las mismas que las planteadas para el centro de adopción chiquitines) que permiten un aprovechamiento de los residuos, tanto a la parte sólida como a los lixiviados generados por la descomposición de esta. Además dichos diseños permiten incluir la parte académica a través de la inclusión de este tema en áreas como ciencias naturales.

- La disposición final más utilizada para el último componente mencionado en el punto anterior es la alimentación animal. Este residuos se comercializa como “agua masa”, que es la mezcla de todos los residuos cocinados, es decir, aquellos provenientes de las sobras y el pegado de las ollas. En este caso no es bueno incluirlos en ningún proceso de compostaje, debido a que el volumen es muy alto. Para disminuir esta cantidad de residuos cocinados, pensamos prudente racionalizar las porciones según la demanda individual de alimento, esto debe ir acompañado de un trabajo de concientización por parte del profesorado de modo que no se desperdicie alimentos a tal escala.

Complementario a lo anteriormente mencionado se debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Tener correctamente implementada la separación en la fuente en los diferentes espacios de la institución de modo que con la implementación de este proyecto se le dé un aporte al manejo adecuado de los demás residuos generados (papel, plástico, entre otros).

2. Crear estaciones de depósito parcial, es decir los aseadores de cada sector de las instalaciones llevaran los residuos en las bolsas correspondientes a un espacio asignado (estación), donde posteriormente una persona encargada los recogerlos para darles la disposición final según la naturaleza de los residuos.
3. En la tarde, a una hora determinada la persona encargada de la recolección de los residuos de las diferentes estaciones, pasará con vehículo para el transporte de estos, hacia el sitio asignado para la disposición donde se contará con una compostera y un centro de acopio donde en donde se almacenan los residuos que se le entregan al carro recolector o la persona que los adquiera dado el caso.
  - 3.1 Si el residuo es orgánico sólido crudo se dispone en la compostera como se explica en el numeral 4.
  - 3.2 Si el RSO es cocinado, se almacenará en recipientes bien sellados, para su posterior comercialización como agua-masa.
  - 3.3 Si no es RSO orgánico se debe clasificar vidrio, papel, plástico y metales para su comercialización y lo no aprovechables deben ser entregado al carro recolector.
4. Los RSO pasarán a conformar pilas al interior de la compostera las cuales se irán constituyendo con lo que se genere durante cada semana según la generación diaria.
5. Una vez conformada la pila se debe llevar un registro por medio de una bitácora en donde se plasme la fecha de conformación, factores controlados y documentación de acciones tomadas (volteos, adición agua, adición de material seco, entre otros).

## Control del proceso

6. Día de por medio se realizaron controles de temperatura. para esto se identificaran cinco punto, cuatro cada cuarto haciendo una analogía con un reloj (12, 3, 6, 9) y la quinta en el centro de la pila.

6.1 Se debe estar atento a los incrementos de temperatura por encima de los 70°C. En caso de presentarse este evento, la pila debe ser humedecida un poco y realizar el volteo correspondiente.

7. Las pilas deberán someterse a volteos semanales para garantizar la presencia de todas las etapas en la totalidad de su contenido. La corteza debe pasar a formar parte del núcleo y el núcleo parte de la corteza. En caso de presencia de olores nauseabundos, la frecuencia de volteos de debe identificar.

8. Cada dos días igualmente se deben realizar controles de humedad, para estos la persona encargada debe realizar el siguiente procedimiento:

-Se toma con la mano una muestra de material.

-Se cierra la mano y se aprieta fuertemente el mismo.

-Si con esta operación se verifica que sale un hilo del material, entonces se puede establecer que el material contiene más de un 40% de humedad.

-Si no se produce un hilo continuo de agua y material gotea intermedicamente, se puede establecer que su contenido en humedad es cerca al 40%

-Si el material no gotea y cuando se abre el puno de la mano permanece moldeado, se estima que la humedad presenta entre un 20 a 30%

-Finalmente, si se abre el puño y el material se disgrega, se asume que el material contiene una humedad inferior al 20%.<sup>41</sup>

Si con el proceso anterior se determina que la humedad es superior al 40%, de debe añadir materiales secos como cascarilla de arroz. Si por el contrario, esta es inferior al 20%, se debe humedecer un poco.

9. Se puede asumir el proceso por terminado (aproximadamente 2 meses) cuando el material que conforma las pilas tenga contextura, color y olor a tierra.

10. Alistamiento del abono para su utilización en los suelos de la institución.

7.2.2 Recomendaciones al proyecto Este proyecto tiene un fuerte contenido de sensibilización y conciencia por parte de todo el personal de las instituciones en las que se pueda llegar a correr la herramienta, esto debido a que el éxito de la implementación de cualquiera de las alternativas tecnológicas planteadas depende en gran medida de la obtención de las materias primas a ser transformadas, es decir, de los residuos provenientes de una correcta selección en la fuente; para garantizar esta última se crucial contar con el apoyo de la gente.

En el caso puntual de nuestro trabajo en cada una de las instituciones trabajadas, por más de que uno de los criterios para la selección de estas consistió en que ya se tuviera algo adelantado en separación y sensibilización para ganar tiempo; y tras realizar las capacitaciones con un fuerte contenido de sensibilización y manejo de RSO, no se logró disponer de alguna fuente de generación de RSO distinta a los casinos o cafeterías por la ineficiente separación en la fuente que recibía esta fracción.

---

<sup>41</sup> COLOMER M, Op. cit., p. 212 - 213

Adicional a lo anterior, el tiempo representó un factor limitante muy importante debido a la diferencia de horarios académicos existente entre la educación media y la superior, de modo que para la segunda parte del proyecto solo se contó con 2 meses hábiles para realizar el componente práctico del mismo.

En este orden de ideas, se propone una segunda fase que permita contar con todo el potencial de las instituciones a trabajar en cuanto a la generación de RSO, en la cual se logre llegar a la implementación y el correspondiente seguimiento de la(s) tecnología(s) implementadas y que de paso un análisis posterior de costo-beneficio, que incluya la relación de salida de producto terminado/entrada de RSO, los tiempo de transformación y la inversión y reducción de costos en el carro recolector.

## GLOSARIO<sup>42</sup>

- **Almacenamiento:** Es la acción del usuario de colocar temporalmente los residuos sólidos en recipientes, depósitos contenedores retornables o desechables mientras se procesan para su aprovechamiento, transformación, comercialización o se presentan al servicio de recolección para su tratamiento o disposición final.
- **Aprovechamiento:** Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos.
- **Caracterización de los residuos:** Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades.
- **Contaminación:** Es la alteración del medio ambiente por sustancias o formas de energía puestas allí por la actividad humana o de la naturaleza en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir con el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y/o la fauna, degradar la calidad del medio ambiente o afectar los recursos de la Nación o de los particulares.
- **Cultura de la no basura:** Es el conjunto de costumbres y valores de una comunidad que tiendan a la reducción de las cantidades de residuos

---

<sup>42</sup> Decreto 383 de 2005

generados por sus habitantes en especial los no aprovechables y al aprovechamiento de los residuos potencialmente reutilizables.

- Disposición final de residuos: Es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.
- Gas generado en el relleno: Es el gas producido durante el proceso de fermentación anaerobia y/o aerobia, o por efectos de reacciones químicas de los residuos sólidos dispuestos.
- Generador o productor: Persona que produce residuos sólidos y es usuario del servicio.
- Gestión integral de residuos sólidos: Es el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final.
- Lixiviado: Líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación.
- Manejo: Es el conjunto de actividades que se realizan desde la generación hasta la eliminación del residuo o desecho sólido. Comprende las actividades de separación en la fuente, presentación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y/o la eliminación de los residuos o desechos sólidos

- **Reciclador:** Es la persona natural o jurídica que presta el servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento.
- **Reciclaje:** Es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva acopio, reutilización, transformación y comercialización.
- **Recolección:** Es la acción y efecto de recoger y retirar los residuos sólidos de uno o varios generadores efectuada por la persona prestadora del servicio.
- **Recuperación:** Es la acción que permite seleccionar y retirar los residuos sólidos que pueden someterse a un nuevo proceso de aprovechamiento, para convertirlos en materia prima útil en la fabricación de nuevos productos.
- **Relleno sanitario:** Es el lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final.
- **Residuo sólido aprovechable:** Es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso directo o indirecto para quien lo

genere, pero que es susceptible de incorporación a un proceso productivo.

- Residuo sólido no aprovechable: Es todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición.
- Reutilización: Es la prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación.
- Separación en la fuente: Es la clasificación de los residuos sólidos en el sitio donde se generan para su posterior recuperación.
- Suelo arcilloso: Como primer aspecto a subrayar, vale mencionar que este tipo de suelos presentan una textura fina, con un alto predominio de arcillas (45 % de arcillas, 30% de limo y 25% de arena). Esta composición le permite una elevada retención de agua y nutrientes. No obstante posee una baja porosidad y por lo tanto, la consecuencia lógica es que son suelos que carecen de buenas posibilidades de aireación. Por este motivo se dice que son terrenos difíciles de trabajar ya que poseen una elevada viscosidad que ofrece una gran resistencia a la penetración de raíces.

Un aspecto peor aún que las dificultades de penetración de las raíces, es el hecho de que este tipo de suelo impide una correcta aireación de las mismas, y por tanto, tarde o temprano terminan pudriéndose.

- Suelo arenoso: Estos suelos presentan una textura gruesa, con predominio de arenas (75% arenas, 5% de arcillas y 20% de limo), lo cual les permite una gran aireación, y si bien absorben bien el agua, no tienen capacidad para retenerla, por tanto tampoco conservan los nutrientes, los cuales por lixiviación son arrastrados hacia el subsuelo.
- Formación güachinte: areniscas de colores amarillos y rojo pardo. Contiene capa vegetal mayor a 25 cm.
- Unidad de almacenamiento: Es el área definida y cerrada, en la que se ubican las cajas de almacenamiento en las que el usuario almacena temporalmente los residuos sólidos.
- Vectores: Ser vivo que puede transmitir o propagar una enfermedad. Especies de zonas urbanas, tienen estrecha convivencia con el hombre y es este mismo el que provee de sostén a la especie. Los residuos producidos por el hombre son el sostén y el alimento, además le proporciona refugio y es ahí donde se produce la anidación.

## BIBLIOGRAFÍA

COMANDO, António Inácio. Optimación del compostaje de residuos sólidos urbanos en procesos de serie anaerobio-aerobio. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad de Madrid. Cátedra de ingeniería sanitaria y ambiental. Departamento de ordenación del territorio, urbanismo y medio ambiente, 2006.

KIELY, Gerard. Ingeniería Ambiental: Fundamentos, Entornos, Tecnologías y Sistemas de Gestión. Ed. 1ª. Barcelona: 1998. Tratamiento de Residuos Sólidos. ISBN: 8448120396.

BECERRA CARDENAS, Katherine. Estrategia Del PGIRS Para El 2009. Departamento Administrativo de planeación municipal. 2009.  
<http://www.cali.gov.co/noticias.php?id=18523>

DEL VAL, Alfonso. Tratamiento De Residuos Sólidos Urbanos: Bases Para Una Gestión Mas Sostenible De Los Residuos. CVC. 1997.  
<http://habitat.aq.upm.es/cs/p3/a014.html>

TCHOBANOGLIOUS, George. Gestión Integral de residuos sólidos. 1ª ed. Aravaca: McGraw - Hill 1998. 5 p. Evolución de la Gestión de Residuos Sólidos. ISBN: 84-481-1766-2.

COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guía para la Selección de Tecnologías de Manejo Integral de Residuos Sólidos. Bogotá: El Ministerio, 2002.

COLOMBIA. ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Programa de GIRS para el Sector Residencial del Municipio de Santiago de Cali. Santiago de Cali: La Alcaldía, 2008.

COLOMBIA. ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. Programa de GIRS en Instituciones Educativas. Santiago de Cali: La Alcaldía, 2008.

COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guía para la Selección de Tecnologías de Manejo Integral de Residuos Sólidos. Bogotá: El Ministerio, 2002.

ENTREVISTA con Gabriel Germán Londoño, Ganadero. Pereira, 20 de Marzo de 2009

COLOMER M, Francisco José. Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos Urbanos. 1ª ed. Valencia: Limusa 2007. Gestión Integral de los Residuos Sólidos. ISBN- 13: 978-968-18-7036-2.

PINEDA M, Samuel Ignacio. Manejo Y Disposición De Residuos Sólidos Urbanos. Ed. 1ª. Bogotá: 1998. Los Rellenos Sanitarios. ISBN: 9589645402.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Decreto número 1505 de 2003 . Santa fe de Bogotá D.C : República de Colombia. 4 de abril de 2003: [citado en: 4-may-2009].

<http://www.superservicios.gov.co/basedoc/docs/decretos/d1505003.html>

EL CONGRESO DE LA REPÚBLICA, ley 1259 de 2008, Santa fe de Bogotá D.C, República de Colombia.

[http://www.elabedul.net/San\\_Alejo/Leyes/Leyes\\_2008/ley\\_1259\\_2008.php](http://www.elabedul.net/San_Alejo/Leyes/Leyes_2008/ley_1259_2008.php)

COLOMBIA, ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE, Constitución política de Colombia: Capitulo 3, de los derechos colectivos y del ambiente. URL disponible en: <<http://www.banrep.gov.co/regimen/resoluciones/cp91.pdf>>