

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UN PLAN DE CLASIFICACIÓN, TRANSPORTE  
Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS (FVL – PLAN VECINOS)

DIANA MARCELA BENAVIDES DUQUE  
ALVARO JOSÉ PATIÑO SILVA

UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2011

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UN PLAN DE CLASIFICACIÓN, TRANSPORTE  
Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS (FVL – PLAN VECINOS)

DIANA MARCELA BENAVIDES DUQUE  
ALVARO JOSÉ PATIÑO SILVA

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

Tutora  
HELENA MARÍA CANCELADO  
Directora Especialización en Calidad para la Competitividad

UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2011

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Santiago de Cali, 17 de junio de 2011

# CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. MEDIO AMBIENTE	15
1.1 TÍTULO DEL PROYECTO	15
1.2 DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA	15
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.4 IMPORTANCIA	17
1.5 JUSTIFICACIÓN	18
1.6 DELIMITACIÓN Y ALCANCE DEL PROYECTO	19
2. OBJETIVOS	21
2.1 OBJETIVO GENERAL	21
2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO	21
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3. METODOLOGÍA	22
3.1 ETAPAS DEL TRABAJO	22
4. MARCO DE REFERENCIA	24
4.1 ANTECEDENTES	24
4.2 MARCO TEÓRICO Y APORTE INTELECTUAL	29

4.2.1	Marco legal ambiental	30
4.2.2	Manejo de los residuos sólidos orgánicos	33
4.2.2.1	Compostaje	33
4.2.2.2	Vectores	34
4.2.3	Distribución de planta	36
4.2.4	Ruteo	37
4.2.5	Evaluación Económica de Proyectos de Inversión	38
4.2.5.1	Definición de Proyecto de Inversión	39
4.2.5.2	Período de recuperación de la inversión (PRI)	39
5.	ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	40
5.1	RECURSOS DISPONIBLES	40
5.2	MATRIZ DE MARCO LÓGICO	40
5.3	CRONOGRAMA	42
6.	DESARROLLO DEL PROYECTO	47
6.1	RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS	47
6.1.1	Plan Vecinos	47
6.1.2	Situación actual de las empresas	47
6.1.2.1	Fundación Valle Del Lili (FVL)	48
6.1.2.2	Centro Comercial Jardín Plaza.	51
6.1.2.3	Centro Comercial Unicentro	52
6.1.2.4	Coca Cola – FEMSA	53
6.1.2.5	Almacén La 14 Valle del Lili	54

6.1.3	Información de localización de las empresas	58
6.1.4	Cantidad de residuos generados en el Plan Vecinos	61
6.2	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	62
6.2.1	Identificación de fallas en la situación actual del Plan Vecinos	62
6.2.1.1	Fundación Valle del Lili (FVL)	63
6.2.1.2	Centro Comercial Jardín Plaza	67
6.2.1.3	Centro Comercial Unicentro	68
6.2.1.4	Coca Cola – FEMSA	69
6.2.1.5	Almacén La 14 valle del Lili	72
6.3	PROPUESTA Y JUSTIFICACIÓN DE SOLUCIONES	74
6.3.1	Diseño del plan de recolección y separación en la fuente	74
6.3.1.1	Propuesta de mejoras en la separación y recolección en la fuente.	74
6.3.1.2	Plan de protocolos de recolección y separación en la fuente.	76
6.3.2	Análisis de rutas de transporte	80
6.3.2.1	Ruta más eficiente de recolección	81
6.3.3	Diseño del plan de ruta de transporte diaria	84
6.3.3.1	Plan de recolección y transporte diario	84
6.3.4	Documentación de las alternativas locativas del proyecto	87
6.3.5	Análisis de viabilidad de las alternativas locativas	90
6.3.6	Métodos de aprovechamiento de la planta	90
6.3.6.1	Compostaje en hileras con volteo manual	91

6.3.6.2	Lombricultivo	92
6.3.7	Planta de aprovechamiento de los residuos orgánicos	93
6.3.7.1	Layout de las instalaciones de la planta	93
6.3.7.2	Requerimientos técnicos y económicos de los métodos	95
6.3.8	Análisis financiero del proyecto	101
6.3.8.1	Indicadores financieros para cada método de aprovechamiento	101
6.3.8.2	Elección del método de aprovechamiento más viable	107
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		110
7.1	CONCLUSIONES	110
7.1.1	Separación en la fuente de las empresas	110
7.1.2	Recolección y transporte de los residuos orgánicos	111
7.1.3	Aprovechamiento de los residuos orgánicos	113
7.1.4	Propuesta final	1114
7.2	RECOMENDACIONES	115
GLOSARIO		117
BIBLIOGRAFÍA		121
ANEXOS		122

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Metodología a implementar en el proyecto	22
Cuadro 2. Principales vectores asociados a la mala gestión de los residuos	35
Cuadro 3. Matriz de marco lógico del proyecto	40
Cuadro 4. Empresas del Plan Vecinos	47
Cuadro 5. Matriz de distancias (km) de las empresas del Plan Vecinos	61
Cuadro 6. Cantidad de residuos del Plan Vecinos	62
Cuadro 7. Convención de puntos y empresas para ruteo	81
Cuadro 8. Matriz de ahorros de las empresas del Plan Vecinos	82
Cuadro 9. Matriz para primera inclusión método de los ahorros	83
Cuadro 10. Matriz para segunda inclusión método de los ahorros	83
Cuadro 11. Matriz para tercera inclusión método de los ahorros	83
Cuadro 12. Recorrido de la ruta más eficiente	84
Cuadro 13. Cronograma de la ruta de recolección	85
Cuadro 14. Convenciones mapa de ruta de recolección	86
Cuadro 15. Requerimientos de tambores	99
Cuadro 16. Inversión para planta con compostaje en hileras con volteo manual	100
Cuadro 17. Inversión para planta con lombricultivo	100

Cuadro 18. Costo mensual de mantenimiento de la planta para ambos métodos	101
Cuadro 19. Costo actual de disposición de los residuos generados	102
Cuadro 20. Precios de comercialización del compost y humus	105
Cuadro 21. Ingresos por comercialización de abono en la planta	105

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de Gantt del proyecto, primera parte	43
Figura 2. Diagrama de Gantt del proyecto, segunda parte	44
Figura 3. Diagrama de Gantt del proyecto, tercera parte	45
Figura 4. Diagrama de Gantt del proyecto, cuarta parte	46
Figura 5. Mapa satelital de las empresas del Plan Vecinos	59
Figura 6. Plano de ubicación de las empresas del Plan Vecinos	60
Figura 7. Recipientes área de cocina FVL	65
Figura 8. Recipientes áreas comunes FVL	65
Figura 9. Recipientes cafetería principal FVL	66
Figura 10. Material mezclado en recipientes de la FVL	67
Figura 11. Material mezclado en UTA de la FLV	67
Figura 12. Almacenamiento de residuos verdes en Jardín Plaza	68
Figura 13. Residuos orgánicos generados en Unicentro	69
Figura 14. Duplas de recipientes sin señalización en Coca Cola	70
Figura 15. Señalización recipientes Coca Cola	71
Figura 16. Recipientes Cocina Coca Cola	72
Figura 17. Recipientes de residuos sólidos en La 14	73
Figura 18. Recipientes grises en La 14	73
Figura 19. Criterios para separación en la fuente, GTC 24	77

Figura 20. Código de colores de la GTC 24 para residuos institucionales	79
Figura 21. Modelo de mensajes gráficos para recipientes del PGIRS Municipal	80
Figura 22. Mapa de la ruta de recolección	87
Figura 23. Layout de la planta de aprovechamiento	94
Figura 24. Vista 3D lateral de la planta de aprovechamiento diseñada	96
Figura 25. Vista 3D frontal superior de la planta de aprovechamiento diseñada	96
Figura 26. Vista 3D interior de la planta de aprovechamiento diseñada	97
Figura 27. Secuencia de la ruta de recolección de los residuos	112

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Plan de ordenamiento territorial municipal: uso del suelo Corredor Cali – Jamundí	122
Anexo B. Entrevista sobre métodos de compostajes	125
Anexo C. Planta de aprovechamiento Ingenio Riopaila- Castilla	130

## INTRODUCCIÓN

Las empresas pertenecientes al Plan Vecinos (Fundación Valle del Lili, Coca Cola –FEMSA, Centro Comercial Jardín Plaza, Centro Comercial Unicentro, y Almacenes La 14) tienen una fuerte conciencia de la responsabilidad social empresarial ambiental que deben asumir por ser entidades comprometidas con la ciudad y la comunidad desde muchos puntos de vista. Una de las actividades más importantes actualmente en estas empresas, desde el punto de vista ambiental, es el manejo adecuado de los residuos sólidos que generan. Por esto en cada una de ellas se han ido desarrollando desde hace algún tiempo políticas de implementación de PGIRS internos.

La problemática que se analiza en este proyecto está relacionada con la carencia de herramientas que tienen actualmente las empresas del Plan Vecinos para el completo desarrollo de las etapas definidas en sus PGIRS internos, específicamente en la etapa correspondiente al aprovechamiento de residuos orgánicos. La razón de lo anterior es que en la ciudad aún no existe un centro de aprovechamiento de residuos orgánicos ni rutas de recolección selectivas que les permita realizar una mejor disposición de este tipo de residuos<sup>1</sup>; por el contrario, éstos se están disponiendo en el relleno sanitario de Yotoco por medio de la empresa prestadora de servicios públicos de aseo, situación que no sólo impacta negativamente el medio ambiente, sino que también genera unos costos poco deseados para las empresas usuarias de este servicio.

Las empresas están al tanto del potencial de aprovechamiento de sus residuos orgánicos, no sólo por el estado del arte que hay actualmente en muchas partes del mundo acerca de la viabilidad y los beneficios del aprovechamiento de residuos orgánicos; sino también porque en el 2007 se hizo un estudio de viabilidad de obtención de abonos orgánicos a partir de los residuos del Plan Vecinos en el que se concluyó que son un material apto para el aprovechamiento y a partir del cual se puede obtener compostaje de alta calidad que cumple a cabalidad con todos los requerimientos que exige la NTC 5167 de fertilizantes y

---

<sup>1</sup> FUNDACIÓN GENERAL DE APOYO A LA UNIVERSIDAD DEL VALLE (FGAUV). Informe Final Proyecto BP 26064 - Investigación Para El Diseño Del Centro De Aprovechamiento De Residuos Sólidos Orgánicos En El Municipio De Cali. Convenio Interadministrativo Departamento Administrativo de Planeación Municipal y la Fundación General de Apoyo a la Universidad del Valle – FGAUV. p. 8

acondicionadores orgánicos para ser catalogado como un abono orgánico producido a partir de residuos sólidos orgánicos seleccionados en la fuente y sometidos a un proceso de compostaje<sup>2</sup>.

A partir de la identificación de esta necesidad y por iniciativa del Plan Vecinos, se decide llevar a cabo este proyecto, cuyo objetivo principal es la realización de la evaluación económica de un plan de clasificación, transporte y aprovechamiento de los residuos orgánicos generados por estas empresas. Para la consecución de este objetivo, el proyecto abarca el análisis de todo el proceso desde el diagnóstico de la separación en la fuente de los residuos, hasta el diseño y la evaluación económica del transporte y aprovechamiento de los mismos.

El proyecto se dividió en 5 etapas principales, cada una con la identificación de sus actividades críticas, la metodología a implementar para su consecución, y los indicadores de cumplimiento para cada fase.

La metodología implementada en las diferentes etapas del proyecto incluye consulta y análisis de antecedentes y marco teórico del proyecto, investigaciones de campo con visitas a las empresas, documentación audiovisual de las visitas, análisis de la información recolectada, identificación y documentación de oportunidades de mejora, documentación del plan de separación en la fuente, implementación de métodos de ruteo para el análisis de rutas de transporte, consulta y análisis de métodos de aprovechamiento, diseño de distribución de planta, análisis económico mediante el cálculo de indicadores financieros, entre otras.

Primero se presentan las generalidades del proyecto, sus objetivos específicos, el detalle de la metodología, el marco de referencia (antecedentes y marco teórico) con su respectivo aporte intelectual al proyecto, la forma en que se va a administrar el proyecto, el desarrollo del proyecto, y, por último, las conclusiones y recomendaciones finales.

Con este proyecto se pretende hacer un aporte al conocimiento que se tiene en el sector comercial e industrial de la ciudad sobre las implicaciones técnicas y económicas de la creación de un centro de aprovechamiento de residuos orgánicos, y la viabilidad de implementar este tipo de iniciativas. Todo en

---

<sup>2</sup> *Ibíd.*, p. 77

respuesta a la actual preocupación ambiental por el manejo adecuado de los residuos sólidos.

## **1. MEDIO AMBIENTE**

### **1.1 TÍTULO DEL PROYECTO**

Evaluación económica de un plan de clasificación, transporte y aprovechamiento de Residuos Orgánicos (FVL – Plan Vecinos).

### **1.2 DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

La ampliación de la frontera urbana sumada al crecimiento y transformación industrial, la globalización y la modificación constante de los patrones y hábitos de consumo han originado un incremento significativo en la generación de residuos sólidos. Estos residuos han ocasionado grandes impactos ambientales negativos no sólo por su incremento cada vez más notorio, sino también por su disposición inadecuada.

En Colombia, la disposición final de los residuos en las administraciones municipales consiste en vertederos controlados o lo que comúnmente se conoce como rellenos sanitarios. El material orgánico e inorgánico aprovechable que actualmente se está disponiendo -en un altísimo porcentaje- en sitios inadecuados (botaderos a cielo abierto) genera un importante deterioro de los recursos naturales, numerosos problemas de salud pública y afecciones al medio ambiente, al tiempo que pierde su valor económico y posibilidad de aprovechamiento.

Esta problemática ha adquirido tal magnitud que se ha tratado de buscarle solución a través de ajustes en la normatividad legal, específicamente mediante la implementación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), que determina las actividades y operaciones orientadas a administrar los residuos de forma tal que sean compatibles con el medio ambiente y la salud pública<sup>3</sup>, teniendo en cuenta sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final.

---

<sup>3</sup> MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos: PGIRS 2004-2019 (31 de Agosto de 2004). Acuerdo 0475 de 2004. [En línea] Santiago de Cali. 2004 [Visitado 11 de octubre, 2010]. p.6 Disponible en Internet: <<http://planeacion.cali.gov.co/contentmgr/default.asp?tipo=Contenido&cc=&directorio=/Publicaciones/PGIRS/>>

En Cali, a partir de la implementación del PGIRS 2004-2019 como Política Pública del Municipio, se realizó en el 2007 un estudio piloto, la Investigación para el Diseño del Centro de Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos en el Municipio de Santiago de Cali, con la participación del Plan Vecinos -conformado por la Fundación Valle del Lili, los centros comerciales Jardín Plaza y Unicentro, Almacenes La 14 y Coca Cola FEMSA. En esta investigación se evaluó, entre otros factores, la viabilidad del aprovechamiento de los residuos orgánicos generados por estas instituciones.

Las empresas del Plan Vecinos, en el proceso de implementación de sus PGIRS internos, iniciaron con sus planes de separación y disminución de generación en la fuente como primer paso para una Gestión Integral de Residuos Sólidos Orgánicos; sin embargo, todavía no cumplen con las cinco etapas definidas por los lineamientos del PGIRS que son: Generación, Recolección, Transporte, Aprovechamiento y Disposición Final.

El problema identificado en esta situación es que actualmente la ciudad no cuenta con un Centro de Aprovechamiento de residuos orgánicos que les permita a las empresas del Plan Vecinos realizar un tratamiento a los residuos que generan, y así poder cumplir con la fase de aprovechamiento establecida en sus PGIRS internos. Por lo tanto estas empresas siguen disponiendo sus residuos orgánicos en el relleno sanitario regional; razón por la cual, con base en lo manifestado por la Analista de Gestión Ambiental de la Fundación Valle del Lili, Mónica Lisset Castaño (persona encargada del Plan Vecinos para el seguimiento de este proyecto), dichas empresas no están cumpliendo con sus políticas de Gestión del Sistema Ambiental establecidas en sus planes de Responsabilidad Social Empresarial, cuyo objetivo principal es desarrollar su actividad organizacional enmarcada en el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente, la clasificación y el manejo adecuado de los desechos o residuos que generan para minimizar el impacto ambiental generado y contribuir al desarrollo de una sociedad sostenible.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las empresas del Plan Vecinos carecen de un estudio que les permita conocer la viabilidad económica de la creación de un Centro de Aprovechamiento que esté

diseñado exclusivamente para dichas empresas, que se encuentre estratégicamente localizado para que el transporte no constituya una restricción, y que les permita cumplir las etapas de sus PGIRS relacionadas con el transporte, aprovechamiento y disposición final adecuada de sus residuos orgánicos.

#### **1.4 IMPORTANCIA**

Desde el punto de vista sanitario y ambiental, los residuos orgánicos constituyen el mayor problema dentro de los residuos sólidos, esto porque dan origen a una gran cantidad de vectores, como las moscas, ratas y cucarachas, que son transmisores de múltiples enfermedades a los humanos. De igual forma, son los que aportan la mayor carga contaminante a los lixiviados, líquidos que representan uno de los mayores problemas ambientales en los sitios de disposición final de los residuos sólidos.

Las ventajas del aprovechamiento, desde el punto de vista ambiental y económico, son el incremento de la vida útil de los sitios de disposición final al impedirse que un porcentaje de los residuos llegue a estos sitios; la disminución de los costos de operación en el relleno sanitario al reducirse la producción de gases y lixiviados mediante el aprovechamiento de los residuos orgánicos; la disminución de la presión sobre los recursos naturales en cuanto a la racionalización de la oferta y la demanda; la disminución en el consumo de energía en los procesos productivos; la generación de ingresos y empleo; y de igual forma la disminución de los costos que asumen los usuarios domiciliarios y comerciales para que sus residuos sean dispuestos en rellenos sanitarios.

Por estas y otras razones, y aún cuando en Colombia la actividad de aprovechamiento no es de carácter obligatorio (normas vigentes, Decreto 1713 de 2002) y se observe una gran escasez de normas técnicas para el desarrollo y operación de sitios de aprovechamiento de residuos sólidos, es necesario concientizar y capacitar a la comunidad en la realización de una gestión diferencial adecuada desde la fuente. Especialmente en una ciudad como Cali que, por ser un gran centro social y dadas sus características de cercanía a las industrias y grandes volúmenes generados, debe ser objeto de estudio de viabilidad y sostenibilidad, tanto económica como financieramente, de proyectos de aprovechamiento de los residuos sólidos.

Es por lo anterior que se hacen necesarios estudios y diseños de centros de aprovechamientos de residuos sólidos orgánicos, como el que se evalúa en este

proyecto, con el fin de optimizar el aprovechamiento y disposición final de este tipo de residuos para proteger el entorno ambiental y evitar riesgos en la salud de la población.

La finalidad del proyecto y su aporte al conocimiento sobre el objeto de estudio que trata hacen que éste adquiera importancia en el sentido en que se sabe que el Municipio de Santiago de Cali no cuenta con un sistema para el almacenamiento y el tratamiento de residuos aprovechables, así como tampoco con rutas de recolección selectiva por parte de las empresas prestadoras del servicio público de aseo; y, por otra parte, estudios recientemente realizados en el Valle del Cauca y en el Municipio de Santiago de Cali<sup>4</sup> permiten corroborar que en la ciudad el 59% de los residuos domésticos urbanos corresponden a residuos de alimentos, y que Cali aporta cerca del 50% de los residuos del departamento, donde cerca del 90% de los residuos presenta un potencial valorizable, y de estos el 66.16% corresponden a desechos de comidas, jardín y madera.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

Dada la necesidad actual de implementar medidas para un manejo más responsable y adecuado de los residuos sólidos en el Municipio, es necesario realizar propuestas investigativas que promuevan, apoyen y desarrollen tecnologías para el aprovechamiento de dichos residuos con el fin de cumplir con el PGIRS de la ciudad.

Las empresas del Plan Vecinos son conscientes de esta necesidad, y a partir de la identificación de ésta nace la iniciativa de liderar un proyecto que les permita evaluar la posibilidad de materializar el aprovechamiento de sus residuos orgánicos para dar cumplimiento a lo establecido en la normatividad ambiental vigente.

Esta investigación es necesaria ya que por medio de ésta se evaluará la viabilidad técnica y económica de la creación e implementación de un centro de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos a menor escala para el Plan Vecinos, como iniciativa de este grupo de empresas comprometidas con lo enunciado en el PGIRS del Municipio y con sus políticas de Responsabilidad Social Empresarial.

---

<sup>4</sup> COLLAZOS, H. Estudio de factibilidad para el manejo y disposición final de los residuos sólidos municipales en el Departamento del Valle del Cauca. Cali: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), 2003.

De esta forma este proyecto no sólo aportará al conocimiento sobre la situación específica de las empresas involucradas, sino que también servirá como base para el Sector Comercial de la ciudad en general, para que se sigan apoyando estas iniciativas y se hagan las mejoras respectivas con el fin de avanzar en esta materia y que se pueda cumplir con las políticas y metas establecidas en el PGIRS Municipal.

Este proyecto podrá convertirse en una base conceptual para que las empresas y la comunidad en general adopten mejores prácticas que permitan aminorar sustancialmente los problemas que actualmente enfrentamos por la gran producción de residuos orgánicos que llega a los sitios de disposición final por el no aprovechamiento de los mismos, y por los costos que implica esta disposición final inadecuada de los residuos.

Estas son las razones por las cuales es conveniente llevar a cabo este proyecto, cuyo propósito es dar respuesta a la iniciativa de las empresas del Plan Vecinos mediante el análisis de viabilidad de la misma, y aportar así las bases para que en un futuro iniciativas como ésta permitan que el Municipio de Santiago de Cali cuente con un sistema organizado para el almacenamiento y comercialización de residuos aprovechables y las empresas prestadoras del servicio público de aseo implementen rutas de recolección selectiva en la comunidad en general.

## **1.6 DELIMITACIÓN Y ALCANCE DEL PROYECTO**

Este es un proyecto industrial aplicado que abarca desde el diagnóstico de la recolección y clasificación de los residuos orgánicos hasta la evaluación económica del transporte y aprovechamiento de los mismos. Su desarrollo será llevado a cabo entre agosto del año 2010 y mayo del año 2011 dentro del plan Vecinos, el cual incluye a la Fundación Valle del Lili, Centros Comerciales Jardín Plaza y Unicentro, Almacén La 14 Valle del Lili, y Coca Cola- FEMSA.

Este proyecto está encaminado a ser un aporte en el conocimiento que existe actualmente en las empresas en la ciudad de Cali acerca del manejo adecuado de los residuos sólidos orgánicos y el aprovechamiento de los mismos desde el punto de vista económico, como una inversión para disminuir no sólo el costo que representa para las empresas su disposición en los rellenos sanitarios locales o regionales, sino también el impacto ambiental causado por el no aprovechamiento de los mismos.

Dicho aprovechamiento permite el incremento de la vida útil de los sitios de disposición final al impedir que un porcentaje de los residuos llegue a estos sitios; y la disminución de los costos de operación en el relleno sanitario al reducirse la producción de gases y lixiviados gracias al aprovechamiento de los residuos sólidos.

En el caso del Municipio de Santiago de Cali el transporte de dichos residuos hasta el relleno de Yotoco genera un impacto ambiental negativo debido no sólo a la emisión de gases de efecto invernadero, sino también a que, una vez estos residuos comienzan su descomposición en el relleno, producen gases y lixiviados que pueden llegar a contaminar fuentes hídricas subterráneas o superficiales como ocurrió en el caso de Navarro. A este relleno llegan, de la ciudad de Cali, alrededor de 1.800 toneladas diarias<sup>5</sup>, muchas de las cuales podrían ser reducidas si todas las empresas tuvieran planes de aprovechamiento de residuos orgánicos como el que se pretende diseñar en este proyecto.

Los beneficios de establecer planes de aprovechamiento de residuos orgánicos radican en que se puede reducir la generación de residuos, minimizando así los volúmenes de desechos con destino a los rellenos sanitarios y el impacto ambiental que generan. Adicionalmente, permiten la disminución o supresión total de los costos en que se incurren cuando se disponen regularmente dichos residuos, y en la generación de un producto a partir del aprovechamiento de los mismos que puede ser comercializado y utilizado como fertilizante o acondicionador de suelos.

El proyecto se enfocará en el análisis de viabilidad de este tipo de propuestas -que nacen como una necesidad económica y de carácter ambiental en las empresas-, y en las medidas que las empresas deben empezar a tomar para que este tipo de planes se lleven a cabo, mediante el diagnóstico de la situación actual y la identificación de oportunidades de mejoramiento en los avances ya hechos con base en el PGIRS Municipal.

---

<sup>5</sup> FUNDACIÓN GENERAL DE APOYO A LA UNIVERSIDAD DEL VALLE (FGAUV). Op. cit., p. 9.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Aportar al conocimiento que se tiene en las empresas de la ciudad sobre la viabilidad y las implicaciones técnicas y económicas del desarrollo de planes de manejo de residuos orgánicos generados por las mismas, mediante la evaluación económica de un proyecto de inversión de este tipo.

### **2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO**

Realizar la evaluación económica de un plan de clasificación, transporte y aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en la Fundación Valle del Lili y demás empresas del Plan Vecinos.

### **2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Los siguientes son los objetivos que deben ser cumplidos en este proyecto para la consecución de los resultados deseados.

1. Diagnóstico de la situación actual del manejo de residuos dentro de las empresas del Plan Vecinos realizado y documentado.
2. Plan de separación en la fuente y ruta de transporte diaria de los residuos sólidos establecido y documentado.
3. Análisis de las alternativas locativas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos desarrollado y documentado.
4. Requerimientos técnicos y económicos de los diferentes métodos de aprovechamiento establecidos y documentados.
5. Evaluación de la viabilidad económica de los diferentes métodos de aprovechamiento elaborada y documentada.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 ETAPAS DEL TRABAJO

En el siguiente cuadro se encuentran las actividades que se van a realizar en el proyecto para la consecución de los objetivos específicos planteados en el mismo.

Cada etapa del proyecto cuenta con una lista determinada de actividades y las metodologías específicas a utilizar para garantizar el cumplimiento de las mismas.

**Cuadro 1.** Metodología a implementar en el proyecto

<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>	<b>ACTIVIDADES CRÍTICAS</b>	<b>METODOLOGÍAS ESPECÍFICAS</b>
Crear el marco de referencia	Consulta de antecedentes	Consulta y análisis bibliográfico
	Documentación del marco teórico	Consulta y análisis bibliográfico
	Consulta de la normatividad ambiental	Consulta y análisis de la normatividad ambiental
Diagnóstico y análisis de la situación actual	Visitas de campo y recolección de información	Investigaciones de campo, entrevistas, información audiovisual (videos y fotos)
	Análisis de la información recolectada	Análisis de procesos no deseados o inadecuados
Proponer alternativas de solución	Propuesta de mejoras	Diseño de mejoras en los procesos
	Diseño del plan de recolección y separación en la fuente	Documentación, presentación

**Cuadro 1.** (Continuación)

<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>	<b>ACTIVIDADES CRÍTICAS</b>	<b>METODOLOGÍAS ESPECÍFICAS</b>
Proponer alternativas de solución	Análisis de rutas de transporte	Mapa y ruteo del recorrido de recolección
	Análisis de alternativas locativas para aprovechamiento	Análisis de viabilidad
	Análisis de métodos de aprovechamiento de residuos orgánicos	Consulta y análisis de métodos de aprovechamiento
	Diseño de la planta de aprovechamiento de residuos orgánicos	Distribución de planta, listado de requerimientos técnicos y económicos
Reportar Resultados	Análisis financiero del proyecto	Análisis de viabilidad y rentabilidad

Fuente: Los autores

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 ANTECEDENTES

Existen dos documentos, efectuados uno a nivel nacional y otro local, que se relacionan directamente con el objeto de estudio de este proyecto y que sirven como aportes conceptuales y referenciales significativos en la interpretación y solución del problema planteado en el mismo.

El primer documento es el estudio ‘Diagnóstico Sectorial de Plantas de Aprovechamiento de Residuos Sólidos’<sup>6</sup>, realizado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios en Marzo de 2008; en él se encuentra la información sobre la forma como se está desarrollando el aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos a nivel nacional, mediante el diagnóstico del estado de operación de 34 plantas de aprovechamiento registradas a nivel nacional en el último informe que se tenía sobre sitios de disposición final realizado en 2006.

La información analizada en esta investigación se recopiló mediante la visita a 33 de los 34 sitios ya mencionados, de los cuales 3 resultaron ser botaderos a cielo abierto o rellenos sanitarios mal manejados por disposición inadecuada, y 30 resultaron ser plantas de aprovechamiento de residuos; también se analizó la información recopilada de las Corporaciones Autónomas Regionales involucradas en el montaje y funcionamiento de las plantas visitadas.

De la totalidad de las plantas visitadas, el 10% corresponden a plantas ubicadas en el Valle del Cauca. En este estudio, se encontró que una de las razones principales por las que se han cerrado plantas en este departamento ha sido la discontinuidad en la prestación del servicio como resultado de la falta de recursos financieros para la operación, el incumplimiento ambiental, la falta de personal o manejo informal, entre otras razones.

El análisis realizado sobre los aspectos técnicos, operativos, económicos y ambientales de los sitios de aprovechamiento ya establecidos a nivel nacional, y las conclusiones a las que se llegaron constituyen un marco de referencia

---

<sup>6</sup> SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS. Diagnóstico Sectorial Plantas de Aprovechamiento de residuos Sólidos [En línea]. Bogotá, D.C.: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Marzo 2008 [Visitado 11 de octubre, 2010]. Disponible en Internet: <[http://www.superservicios.gov.co/home/c/document\\_library/get\\_file?uuid=73cfd722-c46e-4caf-b03f-486810f6536c&groupId=10122](http://www.superservicios.gov.co/home/c/document_library/get_file?uuid=73cfd722-c46e-4caf-b03f-486810f6536c&groupId=10122)>

importante para el desarrollo del presente trabajo dado que los objetivos del mismo están orientados hacia el diseño de un plan de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.

Las siguientes son las conclusiones relevantes, para este proyecto, de la investigación realizada por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios<sup>7</sup>:

1. La actividad de aprovechamiento no es de carácter obligatorio (normas vigentes, Decreto 1713 de 2002), solamente municipios de más de 8000 usuarios están obligados a realizar análisis de viabilidad y sostenibilidad de proyectos de aprovechamiento.
2. Grandes ciudades como Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, entre otras, dadas sus características de cercanía a las industrias y grandes volúmenes generados, deben ser objeto del tipo de estudio mencionado en el primer numeral.
3. Se observa una escasez de normas técnicas para el desarrollo y operación de sitios de aprovechamiento de residuos sólidos en el país.
4. Aunque el aprovechamiento de los residuos sólidos es una actividad deseable desde el punto de vista ambiental, siempre y cuando se realice adecuadamente, ésta no es rentable ni obligatoria para todas las ciudades. El que las plantas evaluadas no estén obteniendo ganancias se ve reflejado en que ni siquiera se destinan los recursos para cubrir los costos y gastos de operación que garanticen el cumplimiento de las obligaciones técnicas, operativas, legales, administrativas y ambientales.
5. El procesamiento de residuos orgánicos se está llevando a cabo por tres métodos diferentes: Compostaje (54%), Lombricultura (15%) y Combinación de compostaje y lombricultura (31%). Estos porcentajes fueron obtenidos para un total de 28 plantas que realizan alguna actividad de aprovechamiento de residuos orgánicos.
6. Se identificó una mayor eficiencia de operación en sitios donde se aplica la separación en la fuente (es decir, que los residuos lleguen separados a la

---

<sup>7</sup> Ibíd., p. 47-49.

planta); sin embargo, este es un aspecto que no se ha desarrollado totalmente, a pesar de estar incluido en los programas de los PGIRS.

7. Se evidenciaron graves impactos sanitarios y ambientales en la operación de la mayoría de las plantas, causados por el inadecuado manejo de lixiviados, control de olores, insectos y roedores, inadecuada operación de celdas de disposición final, entre otros. No es posible afirmar que las plantas de aprovechamiento son en si mismas una solución ambiental, por el contrario son sistemas que al igual que los rellenos sanitarios requieren de medidas de control y mitigación ambiental y monitoreo por parte de las autoridades ambientales.
8. Respecto al rendimiento de producción se encontró que de todo el material orgánico procesado por compostaje se obtuvo sólo el 33% de producto en promedio, dato vital para realizar proyecciones de comercialización.
9. La comercialización del compost obtenido se está llevando a cabo informalmente, sin ningún registro, certificado o autorización del ICA (autoridad agrícola competente) en ninguna de las plantas. Por esta razón, no se garantiza que el producto no genere contaminación de alimentos y otros productos agrícolas. El ICA cuenta con requisitos para expedir certificados de calidad del compost (Resolución 0375 de 2004 – Registro ICA) que aseguren que su uso es inocuo pero los operadores de las plantas son renuentes a invertir en la aplicación de estos requisitos.

Los datos proporcionados por esta investigación constituyen un marco de antecedentes y referencia para este proyecto pues sientan una base del estado de arte de las plantas de aprovechamiento en el país y en la región.

Por otra parte, está el segundo documento realizado por el Convenio Interadministrativo entre la Fundación General de Apoyo a la Universidad del Valle (FGAUV) y el Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM), en diciembre de 2007, la 'Investigación para el Diseño del Centro de Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos en el Municipio de Santiago de Cali'.

El objetivo principal de dicha investigación es evaluar la factibilidad de la construcción y puesta en operación de un centro de producción de compost o aprovechamiento de residuos orgánicos para la ciudad de Santiago de Cali. Para

esto, el estudio desarrolla las acciones que es necesario acometer para llevar a cabo un proceso de recolección y aprovechamiento del componente orgánico presente en los residuos que se generan en la ciudad, tomando como base de su trabajo los censos, manuales e investigaciones que el Municipio y el DAPM, a través del PGIRS, han desarrollado para el manejo de residuos sólidos. De igual forma, se formulan los criterios técnicos que sirven para el diseño de un Centro de Aprovechamiento de Residuos Sólidos y que permiten establecer la viabilidad económica de los productos a obtener y sus posibilidades de comercialización y aprovechamiento.

Esta investigación, realizada por la Universidad del Valle para 6 Plazas de Mercado de la ciudad y para el Plan Vecinos, hace un análisis sobre la situación actual de generación y aprovechamiento de residuos orgánicos en Cali, así como también muestra los resultados de los experimentos que realizaron con dos métodos de compostaje distintos (hilera tradicional e hilera con aireación forzada), para lo cual documentaron cálculos sobre la formulación de las mezclas (relación Carbono – Nitrógeno), la determinación de los tratamientos (mezclas de distintos tipos de residuos), la necesidad o no de enmiendas complementarias (en este caso gallinaza seca) y las respectivas eficiencias de dichos procesos.

La investigación consistió en el montaje de 15 lotes (o pilas) con un peso de 5 toneladas cada lote, constituido por dos tipos de residuos: orgánicos domésticos (provenientes del Plan Vecinos) y los orgánicos producidos en las plazas de mercado de la ciudad, en diferentes proporciones y complementados con cisco (Aserrín), gallinaza y compost maduro, materiales que cumplen funciones específicas en el transcurso del proceso de digestión de la materia orgánica.

De igual forma, en la investigación se presenta un listado de los equipos y herramientas que serían necesarios para el montaje de un centro de aprovechamiento de residuos orgánicos localizado en la Central de Abastos del Valle del Cauca (CAVASA S.A.) con capacidad para 300 toneladas diarias, y un análisis sobre las implicaciones económicas que estos tendrían. Por último, la investigación documenta un manual de operación de la planta en el cual se describe brevemente el proceso de aprovechamiento y se presenta un diagrama de flujo de las operaciones que se llevarían a cabo durante el funcionamiento de la planta.

Las siguientes son las conclusiones de la investigación que presentan mayor relevancia como marco de referencia o precedentes del objeto de estudio de este proyecto<sup>8</sup>:

1. Una vez iniciado el proceso de tratamiento y aprovechamiento de los residuos orgánicos, éste debe controlarse permanentemente si se quiere garantizar una buena calidad del producto en el menor tiempo posible. Los principales factores a controlar en el proceso son: composición de la materia orgánica, el tamaño de las partículas, la temperatura, la humedad, la relación carbono-nitrógeno, y el pH del material a tratar.
2. La materia orgánica -residuos de origen vegetal, restos de comida procesados y sin procesar- contenida en los residuos sólidos urbanos es en términos generales fácilmente biodegradable. Entre menos compuestos inertes contenga el material a ser sometido al proceso de compostaje, más eficiente será el proceso y mejor la calidad del producto final. Por esta razón es indispensable reducir al máximo el contenido de plásticos, vidrio, metales, cauchos y demás compuestos inertes que no intervienen en el proceso.
3. La trituración de los residuos orgánicos permitió una homogénea aireación de la mezcla, una excelente macroporosidad y un tamaño de partícula adecuado en el producto final.
4. Se observó que transcurridos 40 días desde el inicio del proceso hubo una reducción del volumen de aproximadamente el 60% del volumen inicial.
5. La adición de la enmienda complementaria (gallinaza seca) y del inóculo orgánico nativo (compost maduro Cavasa), contribuyó significativamente a la eficiencia del proceso biológico y a la calidad del producto final.

De igual forma, el estudio incluye una serie de recomendaciones, las siguientes son las de mayor importancia para este proyecto<sup>9</sup>:

1. La elevada eficiencia del proceso y la calidad del producto final se fundamentaron en la excelente calidad de la materia prima tratada, la cual

---

<sup>8</sup> FUNDACIÓN GENERAL DE APOYO A LA UNIVERSIDAD DEL VALLE (FGAUV). Op. cit., p. 76-77

<sup>9</sup> *Ibíd.*, p. 77-78

contenía un mínimo de productos inertes. Por lo tanto es indispensable implementar la separación en la fuente de los residuos.

2. Es indispensable implementar un proceso de trituración de la materia prima con el fin de mantener una homogenización en la mezcla, lo cual repercute en un tratamiento más eficiente.
3. Se recomienda el uso de cisco u otro material con propiedades absorbentes en caso de que la materia prima tenga un alto grado de humedad (característica propia de los residuos orgánicos domésticos), esto para evitar la producción de lixiviados por fuera de los lotes y su respectivo impacto ambiental.
4. Se debe continuar con la adición del inóculo y de la enmienda, teniendo en cuenta la excelente calidad del abono orgánico obtenido.
5. Como los mejores resultados se obtuvieron con el sistema de aireación forzada, se recomienda seguir manteniendo este método de inyección de aire, de manera intermitente y controlada para evitar descensos en la temperatura y la humedad principalmente en la fase termofílica.

Esta investigación constituye un antecedente de vital importancia para este proyecto pues es un estudio previo en el que se incluyen las características y variables de las empresas involucradas en el Plan Vecinos. Es una primera aproximación en la cual se comprobó que el material orgánico que se genera en el Plan Vecinos es apto y adecuado para la producción de compost a partir de él; esto da luz verde al proyecto, pues una vez comprobada la viabilidad de tratamiento del material, la investigación se puede enfocar en el análisis de la viabilidad económica y técnica de la creación de un sitio de aprovechamiento especialmente diseñado para el Plan Vecinos.

#### **4.2 MARCO TEÓRICO Y APORTE INTELECTUAL**

Los residuos sólidos urbanos, al acumularse y no reincorporarse a la naturaleza en un corto o mediano plazo, generan contaminación; ésta afecta al suelo, aire, ríos, lagos, mares, plantas, animales y a las personas. Por esta y otras razones, el aprovechamiento de los residuos ha adquirido gran importancia a nivel mundial. A pesar de esto, en nuestro país esta es una actividad que generalmente se realiza de manera informal, aunque ya hay iniciativas, como la que motiva este proyecto,

en las que se organiza a la comunidad para fomentar una cultura y generar empresas alrededor de esta temática.

La Gestión Integral de los Residuos Sólidos en Colombia se ha convertido en prioridad para todos los sectores, especialmente el Comercial (que es el que nos interesa en el proyecto), no sólo por la exigencia demandada por las autoridades ambientales y sanitarias para la reducción de los residuos que se generan y se llevan a vertederos y la disminución de los impactos producidos a los recursos naturales; sino también porque han encontrado en el aprovechamiento de los residuos una alternativa económica importante que lleva a la reducción de costos relacionados con la disposición final de dichos residuos.

El objetivo de este proyecto es evaluar la viabilidad económica de un Plan de Clasificación, Transporte y Aprovechamiento de Residuos Orgánicos para las empresas del Plan Vecinos, por esta razón es importante conocer los conceptos teóricos relacionados con todos los factores implicados, que incluyen nociones de normatividad ambiental, de manejo de residuos sólidos orgánicos, de herramientas para el diseño y distribución de plantas, y de evaluación económica de proyectos de inversión, entre otros.

A continuación se presentan los fundamentos teóricos sobre los que se basa el desarrollo del presente proyecto.

**4.2.1 Marco legal ambiental.** El diseño de un plan de aprovechamiento de residuos orgánicos, como el que se pretende establecer en este proyecto, debe hacerse teniendo en cuenta la legislación ambiental nacional que determina la forma en que deben clasificarse y disponerse los residuos, las medidas sanitarias que deben tenerse en cuenta en los procesos, y la composición del producto resultante del compostaje que se pretende implementar en la planta de aprovechamiento, entre otras variables.

Los fundamentos legislativos de la política para la Gestión de Residuos Sólidos en Colombia están comprendidos principalmente en la Constitución Política, la Ley 9ª de 1979, la Ley 99 de 1993, la Ley 142 de 1994; así como también en otras normas reglamentarias como el Decreto 1713 de 2002 (Gestión Integral de Residuos Sólidos), el Decreto 1505 de 2003 y la Resolución 1045 de Septiembre de 2003 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por la cual se

adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de los Residuos Sólidos – PGIRS, a nivel nacional.

A continuación se proporciona una breve descripción de dicha normatividad, que constituye el marco legal ambiental de este proyecto.

La Constitución Política de Colombia, en los Artículos 79 y 80, establece el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano; el deber del Estado en proteger la diversidad e integridad del ambiente, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible y conservación, y prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental. Igualmente, en los Artículos 365, 366 y 367, establece que es deber del Estado mejorar la calidad de vida de la población y prestar los servicios públicos domiciliarios, reglamentarlos y controlarlos.

La ley 9ª de 1979 establece las medidas sanitarias en Colombia para la protección del Medio Ambiente mediante el dictamen de 1) Las normas generales que sirven de base para el establecimiento de disposiciones y reglamentaciones que se hagan para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias en lo concerniente a la salud humana; y 2) Los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente.<sup>10</sup>

Por medio de la Ley 99 de 1993 se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones relacionadas con la Política Ambiental Colombiana.<sup>11</sup>

La Ley 142 de 1994 establece el régimen de los servicios públicos domiciliario, dicta otras disposiciones relacionadas con los mismos, y determina la intervención del Estado respecto al tema. Esta Ley se aplica a los servicios públicos

---

<sup>10</sup> Ley 9ª de 1979. Diario Oficial No. 35308. Visitado [En línea]. Bogotá, D.C.: Senado de la República de Colombia. Julio de 1979 [Visitado 11 de octubre, 2010]. Disponible en Internet: <[http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1979/ley\\_0009\\_1979.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1979/ley_0009_1979.html)>

<sup>11</sup> Ley 99 de 1993. Diario Oficial No. 41.146. Visitado [En línea]. Bogotá, D.C.: Senado de la República de Colombia. Diciembre de 1993 [Visitado 11 de octubre, 2010]. Disponible en Internet: <[http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1993/ley\\_0099\\_1993.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1993/ley_0099_1993.html)>

domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía fija pública básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural; y a las actividades que realicen las personas prestadoras de servicios públicos.<sup>12</sup>

El Decreto 1713 de 2002 establece las normas orientadas a reglamentar el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos ordinarios, en materias referentes a sus componentes, niveles, clases, modalidades, calidad, y al régimen de las personas prestadoras del servicio y de los usuarios.<sup>13</sup>

El Decreto 1505 de 2003 establece que los municipios y distritos deberán elaborar y mantener actualizado un plan municipal o distrital para la gestión integral de residuos o desechos sólidos en el ámbito local y/o regional, en el marco de la Política para la Gestión Integral de los Residuos que deberá enviarse a las autoridades ambientales competentes para su conocimiento, control y seguimiento.

En la Región del Valle del Cauca el marco legal ambiental corresponde a la normatividad establecida por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). En el Municipio de Santiago de Cali el marco legal ambiental para el manejo de residuos sólidos orgánicos está dado por el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA), específicamente por el Decreto No. 0475 de 2004, por medio del cual se adopta el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS del Municipio de Santiago de Cali.

Por otra parte, el marco legal respecto a la fabricación, formulación, envasado, distribución y expendio de acondicionadores de suelos lo dictamina el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), entidad encargada de otorgar el registro y ejercer el control legal y técnico de los fertilizantes y acondicionadores de suelos en el país. Mediante la Resolución No. 00150 de Enero de 2003 del ICA se adopta el Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia, cuyo objeto es 1) Orientar la comercialización y el uso y manejo

---

<sup>12</sup> Ley 142 de 1994. Diario Oficial No. 41.433. Visitado [En línea]. Bogotá, D.C.: Senado de la República de Colombia. Julio de 1994. [Visitado 11 de octubre, 2010]. Disponible en Internet: <[http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1994/ley\\_0142\\_1994.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1994/ley_0142_1994.html)>

<sup>13</sup> Decreto 1713 de 2002. Diario Oficial No. 44.893. Visitado [En línea]. Bogotá, D.C.: Senado de la República de Colombia, Agosto de 2002 [Visitado 11 de octubre, 2010]. Disponible en Internet: <<http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/LinkClick.aspx?fileticket=k%2BBkd3c%2FZAK%3D&tabid=1031>>

adecuados y racionales de los fertilizantes y acondicionadores de suelos, tanto para prevenir y minimizar daños a la salud, a la sanidad agropecuaria y al ambiente bajo las condiciones autorizadas, como para facilitar el comercio internacional; y 2) Establecer requisitos y procedimientos armonizados con las reglamentaciones internacionales vigentes, tanto para el registro como para el control legal y técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos.<sup>14</sup>

**4.2.2 Manejo de los residuos sólidos orgánicos.** Dado que el objetivo principal del proyecto es evaluar e integrar prácticas que permitan un manejo responsable y adecuado de los residuos orgánicos generados por el Plan Vecinos, es importante incluir dentro del marco teórico del proyecto los conceptos o factores relevantes relacionados con los métodos de aprovechamiento de los mismos.

**4.2.2.1 Compostaje.**<sup>15</sup> El proceso de compostaje de los residuos orgánicos como biofertilizantes y acondicionadores de suelos, entre otros procesos, es una técnica mediante la cual se pueden aprovechar los residuos sólidos orgánicos.

En términos generales el compostaje se puede definir como una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica.

La biodegradación es consecuencia de la actividad de microorganismos que crecen y se reproducen en los materiales orgánicos en descomposición. La consecuencia final de estas actividades vitales es la transformación de los materiales orgánicos originales en otras formas químicas. Los productos finales de esta degradación dependerán de los tipos de metabolismo y de los grupos fisiológicos que hayan intervenido. Es por estas razones, que los controles que se puedan ejercer, siempre estarán enfocados a favorecer el predominio de determinados metabolismos y en consecuencia a determinados grupos fisiológicos.

---

<sup>14</sup> INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). Resolución No. 00150. Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia. Enero de 2003. Bogotá, D.C.

<sup>15</sup> COLOMER, Francisco José; GALLARDO, Antonio. Tratamiento y gestión de residuos sólidos. México. Limusa: Universidad Politécnica de Valencia, 2007. p. 196

En una pila de material en compostaje, si bien se dan procesos de fermentación en determinadas etapas y bajo ciertas condiciones, lo deseable es que prevalezcan los metabolismos respiratorios de tipo aerobio, tratando de minimizar los procesos fermentativos y las respiraciones anaerobias, ya que los productos finales de este tipo de metabolismo no son adecuados para su aplicación agronómica y conducen a la pérdida de nutrientes.

Lo importante no es biodegradar, sino poder conducir esta biodegradación por rutas metabólicas, que permitan la obtención de un producto final lo más apropiado posible, en el menor tiempo posible. El éxito de un proceso de compostaje, dependerá entonces de aplicar los conocimientos de la microbiología, manejando la pila de compost como un medio de cultivo.

**4.2.2.2 Vectores.** Uno de los riesgos asociados con el aprovechamiento de residuos orgánicos son los vectores<sup>16</sup>.

Se denomina vector sanitario a un organismo vivo (ratas, ratones, cucarachas, mosquitos, moscas, etc.) que es capaz de transmitir una serie de enfermedades causadas por microorganismos (virus, bacterias, protozoos, hongos y helmintos). Estos vectores pueden ser:

- Mecánicos: el mismo vector actúa como mero vehículo para el transporte del microorganismo patógeno (mosca, cucaracha, etc.). Transportan el agente patógeno sobre su cuerpo recogido al posarse sobre superficies de residuos infectados. Un ejemplo es la mosca, la cual al posarse sobre los residuos arrastra pegados a su cuerpo, numerosos patógenos que cede posteriormente a los alimentos o superficies sobre las que se posa.
- Biológicos: el microorganismo patógeno cumple una etapa de su desarrollo dentro del vector (mosquito anopheles). Los ejemplos más característicos los encontramos en los insectos hematófagos que, al alimentarse de sangre, pueden producir el contagio a todos aquellos individuos a los que pique.

Por lo general, la mayor parte de los vectores, enunciados en el siguiente cuadro, están asociados a condiciones de higiene bastante deficientes.

---

<sup>16</sup> *Ibíd.*, p. 51

**Cuadro 2.** Principales vectores asociados a la mala gestión de los residuos

CLASIFICACIÓN/ORGANISMO	ENFERMEDAD
<b>ARTRÓPODOS</b>	
Mosquito	Paludismo
	Filariasis
	Fiebre amarilla
Piojos	Pediculosis
	Tifus exantémico
Pulgas	Tifus murino
Moscas	Fiebres tifoideas
	Disentería bacilar
	Diarreas
Garrapatas	Fiebre recurrente
	Tifus exantémico
	Fiebres hemorrágicas
Chinches	Tripanosomiasis americana
Flebotonos	Leishmaniosis
Ácaros	Sarna
Simúlidos	Oncocercosis
Cucarachas	Fiebres tifoideas
	Diarrea
<b>MÚRIDOS</b>	
Ratas y ratones	Salmonelosis
	Peste bubónica
	Leptospirosis
	Rabia
<b>OTROS ORGANISMOS</b>	
Hormigas, arañas, escorpiones, avispas, termitas, gusanos, etc.	No son vectores de enfermedad pero pueden inyectar al hombre toxinas causantes de molestias y, en algunos casos, pueden incluso originar su muerte.

Fuente: COLOMER, Francisco José; GALLARDO, Antonio. Tratamiento y gestión de residuos sólidos. Vectores relacionados con los residuos sólidos.

Aunque cada especie de artrópodo y roedor reseñada en el cuadro anterior tiene unas características biológicas propias, los factores que favorecen su proliferación son:

- Humedad, presencia en algunos casos de cauces fluviales, zonas encharcadas o pantanosas y deficiencias en el saneamiento de aguas residuales.
- Presencia de nutrientes: suciedad, materia orgánica en descomposición, residuos, etc.
- Posibilidad de establecer su hábitat lejos de la influencia humana.
- Ausencia de depredadores.
- Ausencia de control físico, químico o biológico.

De manera general se puede afirmar que la proliferación de estos vectores está favorecida por la existencia de vertederos incontrolados, escombreras, incorrecta disposición de las basuras, inadecuada recogida, falta de higiene y limpieza, solares abandonados, zonas próximas a explotaciones ganaderas, etc.

**4.2.3 Distribución de planta.** Establecer un plan de aprovechamiento de los residuos orgánicos implica el estudio y diseño de la planta de aprovechamiento de dichos residuos. Esto involucra conceptos relacionados con la distribución de la planta, es decir, la ubicación de los factores productivos de la misma para integrar los diferentes elementos del sistema que consiga los objetivos trazados para el mismo.

El diseño de distribución de la planta de aprovechamiento debe tener en cuenta los requerimientos de espacio, circulación mínima (movimientos y recorridos), flexibilidad (adaptabilidad a cambios), y seguridad. Y al mismo tiempo, evitar al máximo cuellos de botella, acumulación de materiales en proceso, accidentes laborales y distancias excesivas a recorrer en los procesos.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta la capacidad de cada proceso para llevar a cabo las actividades que se requieren en cada paso y en el momento correcto. Esto permite evaluar mejor el diseño de cada fase del plan de aprovechamiento, tanto en las organizaciones involucradas (fuentes de generación) como en la planta de aprovechamiento de los residuos.

**4.2.4 Ruteo.** Otra parte fundamental en el diseño de un plan de aprovechamiento de residuos orgánicos es la diagramación de las rutas de recolección de los mismos. Esto es conocido como ruteo y consiste en desarrollar una ruta de recorrido por las empresas de manera que permita llevar el trabajo de recolección de los residuos orgánicos generados por las mismas en la menor cantidad de tiempo y recorrido posibles dado que los costos de transporte normalmente se hallan entre un tercio y dos tercios de los costos logísticos totales.

El caso de este proyecto corresponde a un problema de puntos coincidentes de origen y destino también conocido como problema del “agente viajero” debido a que el camión debe partir todos los días desde la planta de compostaje pues debe llevar a las empresas el juego de tambores vacíos en los que fueron recogidos los residuos del día anterior. El objetivo es hallar la secuencia en la que los puntos deben visitarse, de manera que se pueda reducir al máximo el tiempo o la distancia total del recorrido.

Existen varios métodos para encontrar la ruta óptima entre ellos el método de ahorros el cual será usado en el proyecto para dar solución a este problema.

El método de valoración de ahorros de Clarke-Wright ha permanecido a través de los años por ser lo suficientemente flexible como para manejar un amplio rango de restricciones prácticas siendo capaz de generar soluciones que están cerca de lo óptimo.

El objetivo de este método es minimizar la distancia total viajada por todos los vehículos y minimizar indirectamente el número de vehículos necesarios para atender todas las paradas. La lógica del método es empezar con un vehículo simulado que cubre cada parada y regresa al depósito. Esto da la distancia máxima para ser experimentada en el problema del diseño de ruta. Después, se combinan dos paradas en la misma ruta para que un vehículo pueda eliminarse y la distancia del viaje se reduzca. Para determinar las paradas que se van a combinar en una ruta, se calcula la distancia ahorrada ( $S = d_{0,A} + d_{B,0} - d_{A,B}$ ), antes y después de la combinación. Este cálculo se realiza para todos los pares de paradas. El par de paradas con el valor de ahorro más grande se selecciona para la combinación.

El proceso de combinación continúa. Además de combinar las paradas sencillas, el proceso puede insertar otra parada en una ruta que contenga más de una parada, por ejemplo, si una ruta tiene incluidas las paradas A y B y quiere incluirse

la parada C, está última deberá ser evaluada en las siguientes combinaciones, C-A-B, A-C-B y A-B-C. El valor de ahorro más grande determinará la posición en la que deberá ser incluida la nueva parada. Si esa parada no puede incluirse debido a restricciones, como que la ruta sería demasiado larga, que la capacidad del vehículo se excediese, o que no se alcanzaran los momentos oportunos, se considera para la inclusión la parada que tuviera el siguiente valor de mayor ahorro. El proceso repetitivo se continúa hasta que todas las paradas se hayan considerado.

La naturaleza de la valoración del ahorro permite incluir muchas restricciones de gran importancia para el mundo real. Por ejemplo que el tiempo de la ruta no exceda su tiempo máximo permitido de conducción, saber si se ha alcanzado el tiempo de descanso de un conductor o su pausa para la comida, que el volumen de la ruta no sobre pase la capacidad del vehículo, y que se logre la parada en el momento oportuno. Las violaciones a tales condiciones pueden rechazar la parada en toda la ruta o de ese lugar en particular en la secuencia de paradas.

**4.2.5 Evaluación Económica de Proyectos de Inversión.** El objetivo de este proyecto es proponer una solución a una necesidad de cierto grupo de empresas (Plan Vecinos) mediante la evaluación de factibilidad económica de un proyecto de inversión. Para esto se deben evaluar los recursos que se le van asignar con el fin de determinar si la inversión es viable, realizable y si se obtendrán rendimientos favorables o no. Debe entonces tenerse claridad acerca de los conceptos que implica una evaluación económica de proyectos de inversión, nociones que se amplían a continuación.

Además esta evaluación se realiza con el objetivo de definir con precisión lo que se pretende con la valoración y lo que es susceptible de corrección o ajuste a una nueva situación, también se pretende medir con indicadores, los posibles resultados de los programas o proyectos, con base en los objetivos inicialmente formulados, controlando su ejecución y ajustando acciones para corregir el desarrollo del programa. Por último se pretende determinar la eficacia de las actividades utilizadas, y eficiencia de los recursos, en función de los indicadores, de la cantidad de recursos empleados y de sus costos.

**4.2.5.1 Definición de Proyecto de Inversión.** Como lo define el señor Córdoba<sup>17</sup>, un proyecto es un conjunto de ideas, datos, cálculos y documentos explicativos integrados en forma metodológica, que establece las pautas a seguir tanto en realización como en costos y beneficios que van obtenerse, y que son analizados para así fundamentar la toma de decisiones acerca de su aceptación o rechazo.

Un proyecto descrito en forma general es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver, entre muchas, una necesidad. Necesidad que puede ser individual y/o colectiva, y que debe satisfacerse a través de una adecuada asignación de los recursos, teniendo en cuenta la realidad social, cultural y política en la que pretende desarrollarse.

La necesidad en el caso del Plan Vecinos es la de establecer la viabilidad de la implementación de un Plan de Clasificación, Transporte y Aprovechamiento de Residuos Orgánicos.

**4.2.5.2 Período de recuperación de la inversión (PRI)**<sup>18</sup>. Este indicador se define como el número esperado de periodos de tiempo que se requieren para que se recupere una inversión inicial.

Las características principales del indicador son las siguientes:

- Se interpreta como el tiempo necesario para que el proyecto recupere el capital invertido.
- Mide la rentabilidad en términos de tiempo.
- La regla de decisión es la siguiente: aceptar los proyectos con  $PRI < p$ , siendo  $p$  el plazo máximo de corte previamente definido.

Para su cálculo se puede dividir la inversión inicial por los ingresos promedio de caja obtenidos en la vida útil del proyecto.

$$PRI = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Ingresos promedio}}$$

---

<sup>17</sup> CORDOBA PADILLA, Marcial. Formulación y Evaluación de Proyectos. Bogotá D.C. ECOE Ediciones, 2006. P. XXIII

<sup>18</sup> *Ibíd.*, p. 362

## 5. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

### 5.1 RECURSOS DISPONIBLES

Para la realización de este proyecto, contamos con los siguientes recursos:

- a. **Económicos:** todos estos recursos son proporcionados por los investigadores, no hay recursos externos.
- b. **Tecnológicos -Equipos:**
  - **Computadores:** se necesitarán 2 computadores para la documentación del proyecto, con acceso a Internet para efectos de la investigación y la comunicación entre los investigadores, con los programas de Microsoft Office para elaboración de informes y documentos, Microsoft Office Project para elaboración de cronogramas.
  - **Cámara digital:** necesaria para la recolección y documentación audiovisual de los datos.
- c. **Humanos:** investigadores, tutor temático, tutor metodológico, y asesores externos de las empresas involucradas en el proyecto.

### 5.2 MATRIZ DE MARCO LÓGICO

El siguiente cuadro contiene la matriz con la estructura de actividades del proyecto para la consecución de los objetivos propuestos.

**Cuadro 3.** Matriz de marco lógico del proyecto

OBJETIVO	ACTIVIDAD	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO
Realizar la evaluación económica de un plan de clasificación, transporte y aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el Plan Vecinos.	Desarrollar etapas del proyecto	Plan de clasificación, transporte y aprovechamiento de los residuos orgánicos y su evaluación económica, elaborados y documentados.

**Cuadro 3.** (Continuación)

OBJETIVO	ACTIVIDAD	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO
<p>Diagnóstico de la situación actual del manejo de residuos dentro de las empresas del Plan Vecinos realizado y documentado.</p>	<p>Visitas de campo y recolección de información</p>	<p>Totalidad de empresas del Plan Vecinos visitadas</p>
		<p>Información audiovisual de las empresas totalmente documentada</p>
		<p>Mapa de ubicación de las empresas realizado</p>
		<p>Distancias entre localizaciones de las empresas documentadas</p>
		<p>Información de la cantidad de residuos generados en empresas del Plan Vecinos documentada</p>
	<p>Análisis de la información recolectada</p>	<p>Reporte de fallas en la situación actual de separación y clasificación de los residuos documentado</p>
<p>Plan de separación en la fuente y ruta de transporte diaria de los residuos sólidos establecido y documentado.</p>	<p>Diseño del plan de recolección y separación en la fuente</p>	<p>Propuesta de mejoras en la separación y recolección en la fuente de las empresas establecida y documentada</p>
		<p>Plan de protocolos de recolección y separación en la fuente con base en el diagnóstico de la situación actual, diseñado y documentado</p>
	<p>Análisis de rutas de transporte</p>	<p>Elección de la ruta más eficiente de recolección de los residuos documentada</p>
	<p>Diseño del plan de ruta de transporte diaria</p>	<p>Plan de recolección y transporte diario con base en el análisis de la ruta más eficiente, diseñado y documentado</p>

**Cuadro 3.** (Continuación)

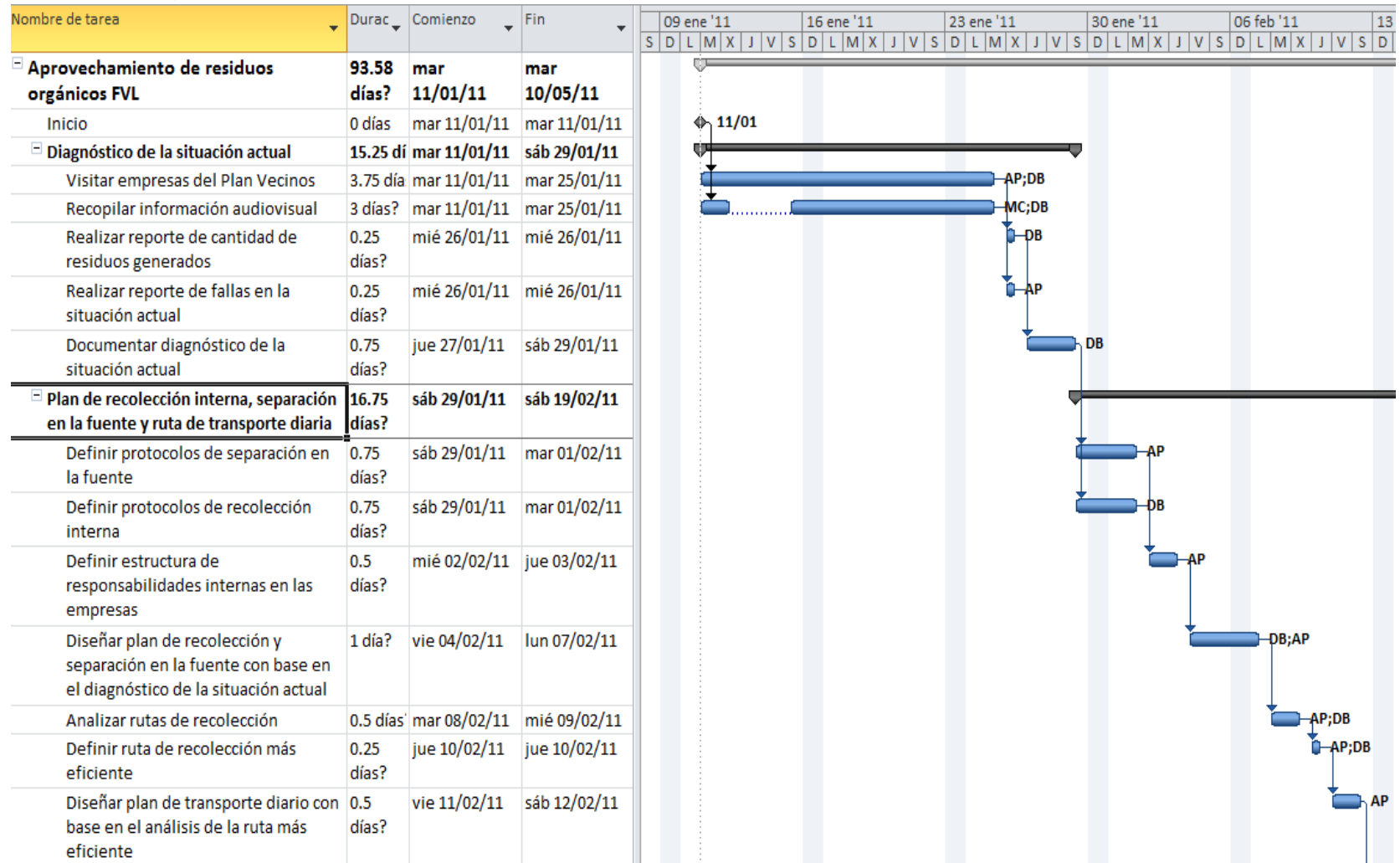
<b>OBJETIVO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>INDICADOR DE CUMPLIMIENTO</b>
Análisis de las alternativas locativas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos desarrollado y documentado.	Documentación de las alternativas locativas	Alternativas locativas para el aprovechamiento identificadas y documentadas
	Análisis de viabilidad de las alternativas locativas	Elección de la alternativa locativa más viable documentada
Requerimientos técnicos y económicos de los diferentes métodos de aprovechamiento establecidos y documentados.	Documentación de los métodos de aprovechamiento	Métodos de aprovechamiento documentados
	Diseño de la planta de aprovechamiento de residuos orgánicos	Diseño del layout de las instalaciones de la planta para cada uno de los métodos documentado
		Listado de requerimientos técnicos y de materiales de cada uno de los métodos documentado
Listado de requerimientos económicos de cada uno de los métodos documentado		
Evaluación de la viabilidad económica de los diferentes métodos de aprovechamiento elaborada y documentada.	Análisis financiero del proyecto	Indicadores financieros para cada método de aprovechamiento calculados y documentados
		Elección del método más viable de aprovechamiento documentado

Fuente: Los autores

### 5.3 CRONOGRAMA

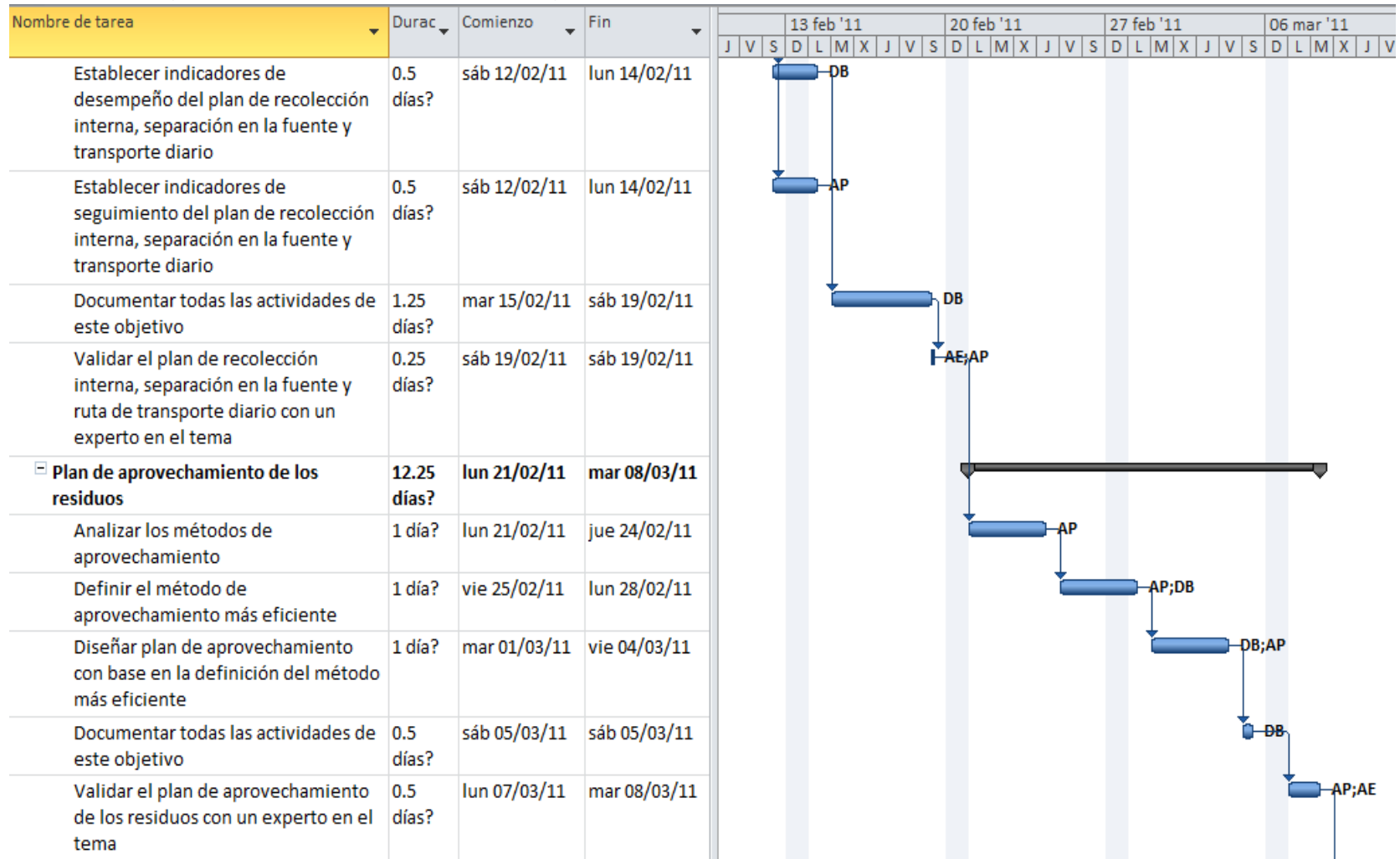
La siguiente figura es un Diagrama de Gantt realizado en Microsoft Project con la descripción de las actividades del proyecto en relación con el tiempo en el cual se van a realizar.

**Figura 1.** Diagrama de Gantt del proyecto, primera parte



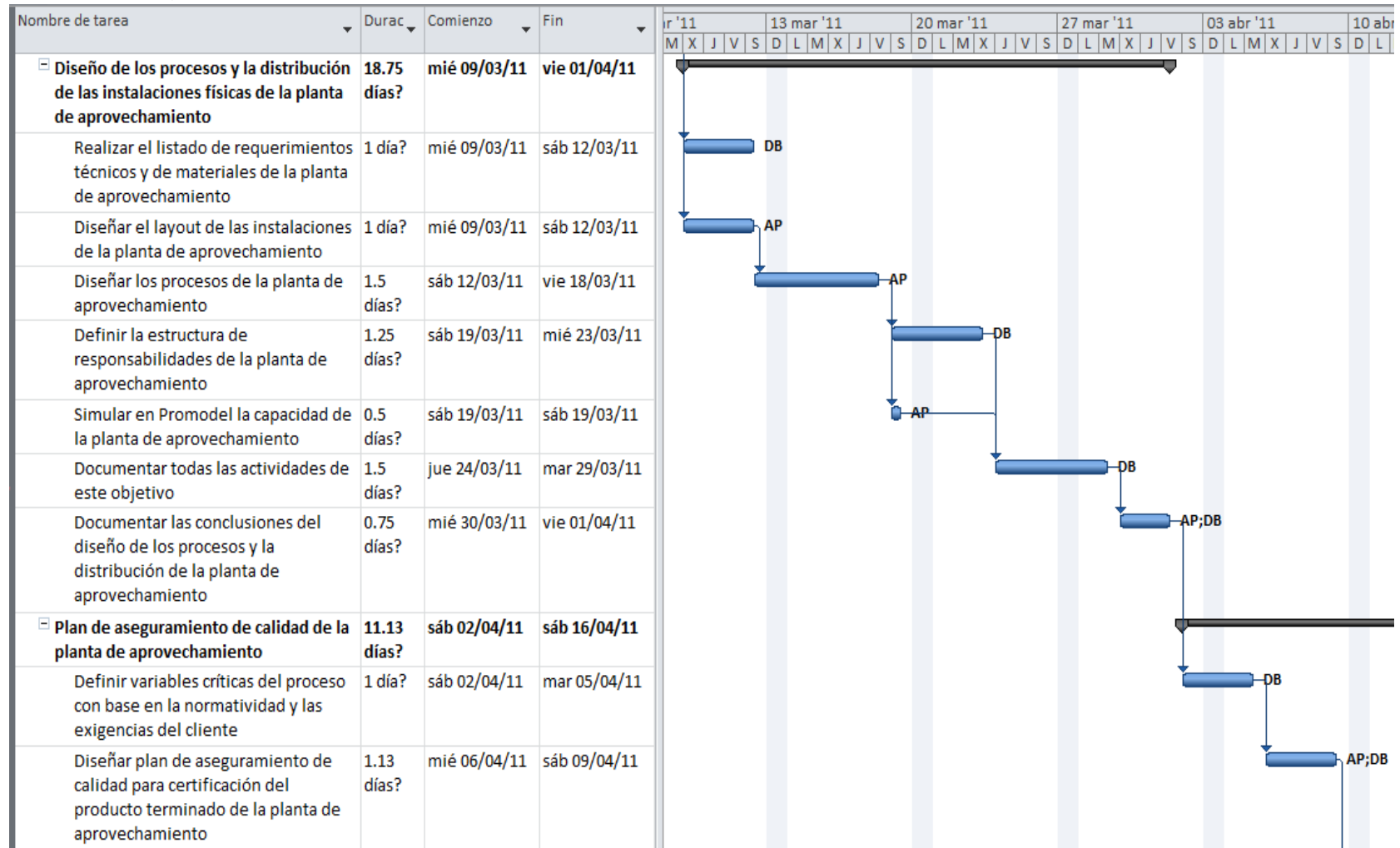
Fuente: Los autores

**Figura 2.** Diagrama de Gantt del proyecto, segunda parte



Fuente: Los autores

**Figura 3.** Diagrama de Gantt del proyecto, tercera parte



Fuente: Los autores



## 6. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 6.1 RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Esta etapa del proyecto tiene que ver con el cumplimiento del primer objetivo específico planteado que es el Diagnóstico de la situación actual del manejo de residuos dentro de las empresas del Plan Vecinos, y su respectiva documentación.

Las actividades realizadas en esta etapa del proyecto fueron las visitas de campo realizadas a las empresas del Plan Vecinos, en las que se hizo la recolección audiovisual y escrita de la información sobre la situación actual del manejo interno de residuos orgánicos, es decir, la información de los procesos de separación en la fuente y la recolección interna de los residuos orgánicos en cada una de las empresas, y los datos sobre los tipos de residuos que generan y la cantidad generada de estos residuos con potencial aprovechable.

**6.1.1 Plan Vecinos.** El Plan Vecinos es un proyecto del que hacen parte un grupo de entidades de tipo comercial, industrial y de servicios de la ciudad cuyo propósito principal es integrarse para darle un mejor manejo a los residuos sólidos que producen. En el Cuadro 4, que se presenta a continuación, se encuentra la información de las empresas que conforman el Plan Vecinos con las fechas en las que fueron visitadas este año para la recolección inicial de la información.

**Cuadro 4.** Empresas del Plan Vecinos

<b>Empresa</b>	<b>Dirección</b>	<b>Fecha de visita de campo</b>
Fundación Valle del Lili	Cra. 98 #18-49	Enero 21
C.C. Jardín Plaza	Cra. 98 #16-200	Febrero 25
C.C. Unicentro	Cra. 100 #5-169	Marzo 1
Coca Cola – FEMSA	Cra. 98 #16-95	Marzo 10
Almacén La 14 Valle del Lili	Cra. 98B #25-130	Marzo 17

Fuente: Los autores

**6.1.2 Situación actual de las empresas.** Para poder diseñar el Plan de clasificación, transporte y aprovechamiento de residuos orgánicos para el Plan

Vecinos, es necesario conocer primero la situación actual del manejo de los residuos sólidos (especialmente los orgánicos) que se está llevando a cabo en las empresas vinculadas al proyecto. Esta es la información que nos permite identificar los elementos de los procesos actuales, las fallas que se estén presentando y las oportunidades a mejorar para la consecución de mejores resultados frente a la separación en la fuente que es la etapa del PGIRS de la cual es responsable cada una de las empresas.

A continuación se encuentra documentada la descripción de la situación actual del manejo de los residuos sólidos en cada una de las empresas del Plan Vecinos.

**6.1.2.1 Fundación Valle Del Lili (FVL).** La propuesta de separación en la fuente de esta entidad prestadora de servicios de salud consiste en la ubicación, en zonas estratégicas de las instalaciones, de 4 tipos de tarros recolectores de basuras diferenciados por colores y tipo de residuos a disponer en cada uno.

En esta entidad hospitalaria hay una restricción frente a los residuos que se pueden utilizar para realizar un tratamiento de aprovechamiento, sólo se van a disponer de los residuos de la cocina (fruver sin procesar y aguamasa) y de las cafeterías (alimentos procesados), puesto que los residuos peligrosos deben tener un tratamiento aparte y especial, situación que también aplica para los restos de alimentos que dejan los pacientes por cuestiones de salubridad (estos residuos poseen una carga contaminante considerable dado el contacto que tienen con personas enfermas).

Adicionalmente, se van a excluir los residuos de tarros de basura localizados en los pasillos pues aún no hay una cultura de separación en las personas que visitan las instalaciones de la FVL, lo que hace que en dichos recipientes se encuentren elementos inorgánicos, como el icopor y plásticos, mezclados con los residuos que sí podrían tener un proceso de degradación pero que pierden su potencial aprovechable por la presencia de los primeros.

**Codificación de recipientes recolectores de basura:** en la FVL hay una codificación de tarros específica para cada área en la cual se encuentran ubicados. La siguiente es la información de la separación por áreas y por tipo de residuo y recipientes.

- **Cocina:** en esta área hay tres tipos de tarros recolectores de basuras, tarro gris, verde y rojo. Todo residuo orgánico que se va a disponer, se pesa antes de su depósito en el tarro respectivo. La cocina se compone de varias estaciones, por cada estación hay dos tipos de tarros, gris y verde, mientras que en toda la cocina sólo hay un tarro rojo, en la zona de recepción de bandejas y ubicación de la estación de lavado (se encuentra debajo del lavaplatos, al lado de los otros dos tipos de tarros).
  - **Gris/Orgánicos:** destinado para depósito de residuos de restos de alimentos, frutas, verduras y de jardinería.
  - **Verde/Ordinarios – No Reciclable:** destinado para residuos No Reciclables que incluyen envolturas de alimentos, papel sucio y engrasado, papel carbón y aluminio, servilletas y restos de barrido.
  - **Rojo/Peligrosos:** destinado para Vidrios y Residuos Peligrosos, aquí se depositan tapabocas, guantes usados, cofias usadas, loza quebrada (previamente lavada y picada), y restos de alimentos de pacientes (previamente escurridos).
  
- **Cafeterías:** hay dos tipos de tarros recolectores de basuras para estas áreas, tarro verde y blanco. Aquí se presenta una situación especial y es que las personas encargadas del aseo pasan con unos vehículos recolectores levantando las bandejas que quedan en las mesas, recogiendo los residuos orgánicos, es decir, los restos de los alimentos que quedan en los platos de los usuarios de la cafetería y los depositan en unas bolsas verdes que cargan en el carrito.
  - **Verde/Ordinarios:** destinado para residuos comunes, es decir, todos los residuos que no sean orgánicos, tales como envolturas de alimentos, papel sucio y engrasado, demás tipos de papeles, servilletas, icopor y tizanas, entre otros.
  - **Blanco/Vidrio:** destinado para los recipientes, elementos o botellas de vidrios que se consumen en las cafeterías.
  
- **Pasillos:** en estas zonas se encuentran ubicados dos tipos de tarros, uno gris y uno verde.

- **Gris/Material Reciclable:** este tarro está destinado para depositar envolturas plásticas, botellas plásticas, empaques Tetrapack, papeles, periódicos, revistas, botellas de vidrio y latas.
- **Verde/Residuo Común:** este tipo de recipiente está destinado para depositar en él icopor, restos de alimentos, servilletas, y tizanas.

**Unidad Técnica de Almacenamiento de Residuos Hospitalarios (UTA):** la FVL cuenta con un espacio físico, apartado de las instalaciones donde se desarrollan las operaciones normales de la entidad, destinado al almacenamiento técnico de los residuos sólidos clasificados como aprovechables y no aprovechables. De esta forma cumplen con la normatividad actual y evitan que se almacenen inadecuadamente los residuos en la intemperie o en el espacio público.

A esta unidad llegan los residuos de toda la FVL con destino a una de las tres áreas que en ella se encuentran:

- **Unidad técnica de residuos peligrosos:** aquí se almacenan los residuos hospitalarios peligrosos que se encuentran en las bolsas rojas, éstos requieren una disposición especial como ya se había mencionado.
- **Área de Residuo Común:** aquí se almacenan todos los residuos de la FVL que se encuentran recolectados en bolsas verdes y blancas.
- **Área de Residuos Reciclables:** aquí se almacenan todos los residuos que se encuentran en las bolsas blancas y en las grises de material reciclable.
- **Unidad Técnica de Metales/Chatarra:** aquí se almacenan todos los residuos que se clasifican como chatarra o restos de elementos metálicos.

En la UTA la FVL tiene personas encargadas de supervisar que en las bolsas de residuos orgánicos no se encuentren mezclas de elementos inorgánicos, y en caso de que esto suceda son las encargadas de separar este tipo de residuo y almacenarlo en el área que corresponda. De igual forma supervisan los demás residuos que llegan a la UTA, y llevan los registros de pesaje de los mismos.

**6.1.2.2 Centro Comercial Jardín Plaza.** Esta entidad no tiene una propuesta de segregación ni separación en la fuente implementada. Actualmente cada uno de los locales comerciales y de comida que se encuentran ubicados en el centro comercial se encarga de la disposición de sus residuos directamente con la empresa municipal de servicio público de aseo (ESP); por otra parte, en la zona de plazoleta de comidas no hay tarros codificados que permitan hacer una separación o clasificación de los residuos que en ella se generan, solamente hay un tipo de recipiente en el que se depositan todos los residuos independientemente de si son aprovechables o no.

El centro comercial hizo una caracterización de los residuos generados en los locales de comidas y concluyó que el material orgánico que de allí sale tiene poco potencial de aprovechamiento y no se genera en mayores cantidades, pues en su mayoría estos locales son franquicias a las que les llegan racionalizadas o porcionadas las materias primas de las comidas; además, por la falta de cultura de separación, los residuos orgánicos terminan mezclados con inorgánicos que hacen que los primeros pierdan su potencial aprovechable.

Por otra parte, el centro comercial tiene políticas de mantenimiento de zonas comunes y jardines en las que se genera una producción considerable de residuos verdes, es decir, material de podas y jardinería. Este es un tipo de residuo que es apto y necesario para procesos de aprovechamiento de residuos orgánicos pues los alimentos no son materiales porosos, por lo que se genera dificultad para la circulación del oxígeno, es por esto que se deben mezclar materiales que aporten fibra, como el caso de los residuos de podas, para permitir que se forme una estructura o malla por la que sí pueda circular el oxígeno, además porque la fibra aporta el carbono necesario para que el proceso de compostaje se lleve a cabo.

Por todo lo anterior, esta entidad tiene una propuesta de residuo a aprovechar diferente al de las otras entidades dentro del proyecto del Plan Vecinos, y es el aportar los residuos verdes generados en el mantenimiento de sus jardines.

**Unidad Técnica de Almacenamiento de Residuos (UTA):** en la parte donde se realizan las descargas de proveedores de la plazoleta de comidas se encuentra ubicado este espacio físico en el que se almacenan los residuos transportados por los carros recolectores internos en el centro comercial. En esta UTA no hay una separación de residuos orgánicos, solamente hay clasificación de residuos

reciclables y reutilizables. Las siguientes son las áreas de separación de residuos existentes:

- Área de Latas
- Área de Plásticos
- Área de Kraft
- Área de Pet
- Área de Vidrio
- Área de Residuos Verdes
- Área de Ordinarios

**6.1.2.3 Centro Comercial Unicentro.** Esta entidad presenta una situación similar a la del Centro Comercial Jardín Plaza, no hay una propuesta de segregación ni separación en la fuente implementada. En este centro comercial los locales comerciales y de comida tienen contratos directos con la empresa municipal de servicio público de aseo (ESP) para la disposición de sus residuos; además, en los restaurantes de la plazoleta de comidas no hay una generación importante de residuos orgánicos no procesados, ya que, tal como sucede en el caso anterior, la mayoría de los locales son franquicias que tienen todo porcionado y empacado, por lo que los residuos no son considerables.

Los recipientes recolectores de basura que se encuentran en la zona de plazoleta de comidas no están codificados, solamente hay un tipo de recipiente en el que se depositan todos los residuos independientemente de si son aprovechables o no.

Por otra parte, el centro comercial está adelantando una propuesta de aprovechamiento de los residuos verdes generados durante el mantenimiento de sus jardines y áreas comunes. Están realizando un aprovechamiento por medio de enmienda, que es un tipo de compostaje cuya duración es de 90 días.

La particularidad de esta entidad es que su motivación para participar en el proyecto del Plan Vecinos, más que ahorro de costos por disposición de residuos, es cumplir con sus Políticas de Responsabilidad Social Empresarial Ambiental. Por esto el material que van a disponer para llevar a cabo el aprovechamiento es el FRUVER (frutas y verduras no procesadas) generado por el Almacén Exito que se encuentra en sus instalaciones.

**Unidad Técnica de Almacenamiento de Residuos (UTA):** este centro comercial cuenta con un área en la que se almacenan todos los residuos generados en las instalaciones y se lleva a cabo la separación de residuos sólidos aprovechables. Aquí se hace el respectivo pesaje y empaque de los materiales reciclables tales como envolturas plásticas, botellas plásticas, empaques Tetrapack, papeles, periódicos, revistas, botellas de vidrio y latas; y también se almacenan los demás residuos no aprovechables que son dispuestos por la empresa de servicios públicos de aseo municipal.

A esta unidad llega diariamente el fruver del Almacén Exito, debidamente separado y empacado, listo para disponerse.

**6.1.2.4 Coca Cola – FEMSA.** La propuesta de separación en la fuente de esta entidad industrial consiste en el uso de cuatro tipos de recipientes debidamente diferenciados por medio de colores y tipo de residuos a contener. Esta separación aplica para todas las áreas de las instalaciones de la empresa, incluyendo áreas de oficinas, de planta, de pasillos, comunes, casino y cocina.

Para el proyecto de aprovechamiento del Plan Vecinos, esta entidad va a disponer de los residuos orgánicos generados en la cocina, en donde se hace una separación rigurosa de orgánicos e inorgánicos. Se van a excluir los residuos orgánicos que se disponen en los tarros localizados en áreas diferentes a la cocina (pasillos, casino y oficinas) pues la clasificación que actualmente se hace en estos recipientes mezcla orgánicos aprovechables con inertes que no lo son, lo que hace que se pierda el potencial aprovechable, además porque no se genera una cantidad relevante que justifique un proceso de separación posterior a la recolección.

**Codificación de los recipientes recolectores de basura:** la siguiente es la distinción que se hace de los cuatro tipos de recipientes que se utilizan para separar los residuos generados en esta entidad.

- **Tarro Verde/ Ordinarios e Inertes:** aquí se depositan los residuos no aprovechables como las servilletas, residuos de barrido, envolturas de mecató, chicles, papel engrasado, carbón, papel higiénico, icopor y cáscaras de frutas o residuos de alimentos.

- **Tarro Gris/ Papel y Cartón:** aquí se depositan los residuos reciclables como cartón, material de archivo, papeles, revistas, periódicos y cajetillas en general.
- **Tarro Azul/ Plásticos:** aquí se depositan los residuos aprovechables plásticos, tales como vasos desechables, bolsas, tarros y tapas plásticas, envases PET, y Strech.
- **Tarro Gris/ Vidrio:** aquí se depositan los residuos de vidrio, tales como botellas de vidrio rechazadas, botellas rotas, o demás elementos que sean de este tipo de material.

**Separación en la cocina:** en esta área se tienen unos recipientes especiales para depositar en unos las cáscaras, vegetales y demás residuo orgánicos no procesados que se generan, y en otros el aguamasa o residuos de alimentos procesados. Las personas que trabajan en la cocina cuentan con una capacitación especial que les permite hacer una clasificación rigurosa de estos residuos, lo que garantiza que la separación de residuos inorgánicos que se generan en la cocina sea altamente confiable. En estos tarros no hay contenido no orgánico, es decir, plásticos, papel, vidrio, etc.

**6.1.2.5 Almacén La 14 Valle del Lili.** El Plan Vecinos en sus inicios contaba con la participación de todas las sucursales que hay en la ciudad de Almacenes la 14; se trabajaba con el CENDIS de Arroyohondo que es el Centro de Acopio de todos estos almacenes. Sin embargo, para efectos de viabilidad, se decidió que en este proyecto se va a trabajar sólo con la sucursal de Valle del Lili, por la cercanía que tiene con las otras empresas involucradas, y dada la restricción de transporte inherente al proyecto (las empresas deben estar lo más cercanas posibles para que no se incrementen los costos de transporte de los residuos hacia el sitio donde se realizará el aprovechamiento, sitio que también debe estar en una zona lo más cercana posible a estas empresas).

Por todo lo anterior, la información que hay en este proyecto sobre esta empresa es toda sobre la sucursal en cuestión, es decir, Valle del Lili.

Esta entidad tiene adelantado un proceso de implementación del PGIRS municipal, adaptado a sus procesos internos. Esto significa que se lleva a cabo una separación en la fuente rigurosa en todas las áreas de sus instalaciones.

Para este proyecto, esta sucursal aportará el material orgánico que se genera en el área de almacenamiento del FRUVER (frutas y verduras). Más adelante se hará una caracterización más detallada de este tipo de residuo.

**Codificación de los recipientes recolectores de basura:** en esta sucursal se hace uso de cuatro tipos de recipientes, que dependen del área de localización y están diferenciados por colores y tipo de residuos a contener. Todos los recipientes, con excepción de los que se encuentran en los baños, se recubren con bolsas transparentes para depositar allí los residuos y poder evidenciar si se hizo un correcto proceso de separación o no.

- **Restaurante del personal:** esta es el área en la cual los trabajadores tienen a su disposición unas mesas para almorzar. Cabe anotar que no se cuenta con un área de cocina, los almuerzos son traídos desde otra sucursal en cajas de icopor individuales que se les reparten a cada uno de los empleados a la hora del almuerzo. En esta zona hay cuatro tipos de recipientes:

- **Tarro Verde/ Residuos No Reciclables:** aquí se depositan los residuos no aprovechables como las cajas de icopor con restos de comida, las servilletas, residuos de barrido, envolturas de mecato, chicles, papel engrasado, carbón, icopor y residuos de alimentos.

- **Tarro Gris/ Metal:** aquí se depositan los residuos metálicos como las latas.

- **Tarro Blanco/ Vidrio:** aquí se depositan los residuos de vidrio, tales como envases de vidrio, botellas de vidrio, o demás elementos o recipientes que sean de este tipo de material.

- **Tarro Azul/ Residuos Reciclables:** aquí se depositan los residuos aprovechables como papel, plegadizas, plásticos, vasos desechables, bolsas, tarros y tapas plásticas, y envases PET.

- **Almacén y zona de clientes:** esta es el área donde se encuentran ubicadas las góndolas y demás espacios en los que interactúan los clientes. Aquí se ubican tres tipos de tarros, el gris, azul y verde.

- **Tarro Gris/ Papel Plegadizas:** aquí se depositan residuos reciclables como cartón, papeles, revistas, periódicos y cajetillas o plegadizas en general. Estos recipientes se encuentran ubicados en zonas donde laboran permanentemente personas del almacén, como por ejemplo la droguería.

- **Tarro Azul/ Residuos Reciclables:** aquí se depositan los residuos que se pueden reciclar, tales como papel, plegadizas, plásticos, vidrio, metal. Estos tarros se encuentran en los pasillos, las entradas y salidas del almacén, y demás zonas donde los clientes pasan habitualmente y no hay personal permanente de la sucursal.

- **Tarro Verde/ Residuos No Reciclables:** todos los residuos que no estén dentro de la clasificación de los tarros azules, va en estos recipientes. Esto incluye icopor, paquetes de mecatos, papel engrasado, colillas de cigarrillo, papel y toallas higiénicas, servilletas, entre otros.

Los dos últimos tipos de recipientes mencionados se encuentran codificados según lo recomendado por el PGIRS Municipal para la marcación de los Dúos de Recipientes<sup>19</sup>, esto es que cada recipiente debe contener información instructiva de cómo realizar la separación mediante la identificación de los residuos a depositar en cada uno, en la que los tarros azules se identifican como residuos reciclables y los verdes como recipientes para residuos sin potencial de aprovechamiento.

**Bodega de almacenamiento temporal de residuos reciclables:** este es un espacio ubicado atrás del almacén, en la zona de bodegas que está apartada de los clientes. Aquí se almacenan los residuos reciclables generados en toda la

---

<sup>19</sup> MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos: Manual de implementación de sistemas de gestión integral de residuos sólidos en centros comerciales, supermercados y almacenes de cadena. Santiago de Cali, 2008. p. 30 [En línea] [Visitado 20 de enero, 2011]. Disponible en Internet: <<http://www.cali.gov.co/publicaciones.php?id=32760>>

sucursal mediante un proceso de separación y clasificación de dichos residuos. Cuando el personal de aseo hace la recolección de las bolsas de todos los recipientes recolectores de basura, se fijan en el contenido de las bolsas, si este personal (que está debidamente capacitado para la realización de esta tarea) identifica mezcla de reciclables con no reciclables envían estas bolsas al sitio donde se almacenan los residuos que van a disposición final por parte de la empresa prestadora de servicio de aseo; en caso contrario se los llevan a la bodega de almacenamiento de residuos reciclables, en donde separan e individualizan el contenido de las bolsas en los tarros correspondientes (papel y plegadizas, vidrio, y metales).

Esto último se lleva al CENDIS de Arroyohondo en Acopi, en donde se hace el acopio de todas las sucursales de Almacenes La 14.

**Unidad de Almacenamiento de Residuos Ordinarios:** en este espacio se ubican los residuos no reciclables que se van a disponer por medio de la empresa prestadora de servicios públicos de aseo. Aquí están llegando actualmente los residuos de frutas y verduras con potencial de aprovechamiento.

**Caracterización del FRUVER:** a las bodegas de esta sucursal llegan todas las frutas y verduras con las que se van a surtir las góndolas del almacén destinadas este tipo de alimentos. Algunos de estos alimentos provienen del CENDIS de Arroyohondo, en donde se hace un acopio de ciertos proveedores y se reparte a todas las sucursales, y otros son llevados a la bodega periódicamente por los proveedores directos de esta sucursal.

Como estos son alimentos con ciertos parámetros que hacen que sean perecederos o no aptos para la venta, hay algunas situaciones que hacen que se les dé de baja del almacén. Las siguientes son las condiciones que se presentan durante el transporte, manipulación o almacenamiento de estos alimentos y que los hacen no aptos para la venta:

- Averías (daños en los productos)
- No cumplen con las especificaciones de tamaño
- Cumplen su ciclo de maduración
- Inician proceso de oxidación
- Inician proceso de descomposición

Cuando esto ocurre, este material es separado de acuerdo con la condición que cumplan, es decir, averías, donación o producto dañado. Cuando el material es dado de baja como avería o donación (productos que todavía son aptos para el consumo humano pero no para la exhibición en el punto de venta), estos alimentos se envían al CENDIS de Arroyohondo, o en caso de averías de productos de proveedores directos se les devuelven a estos últimos. Cuando, por el contrario, el alimento se encuentra descompuesto o no apto para consumo humano, se lleva directamente al shut o zona de almacenamiento de Residuos ordinarios para su disposición por parte de la empresa prestadora de servicios públicos de aseo.

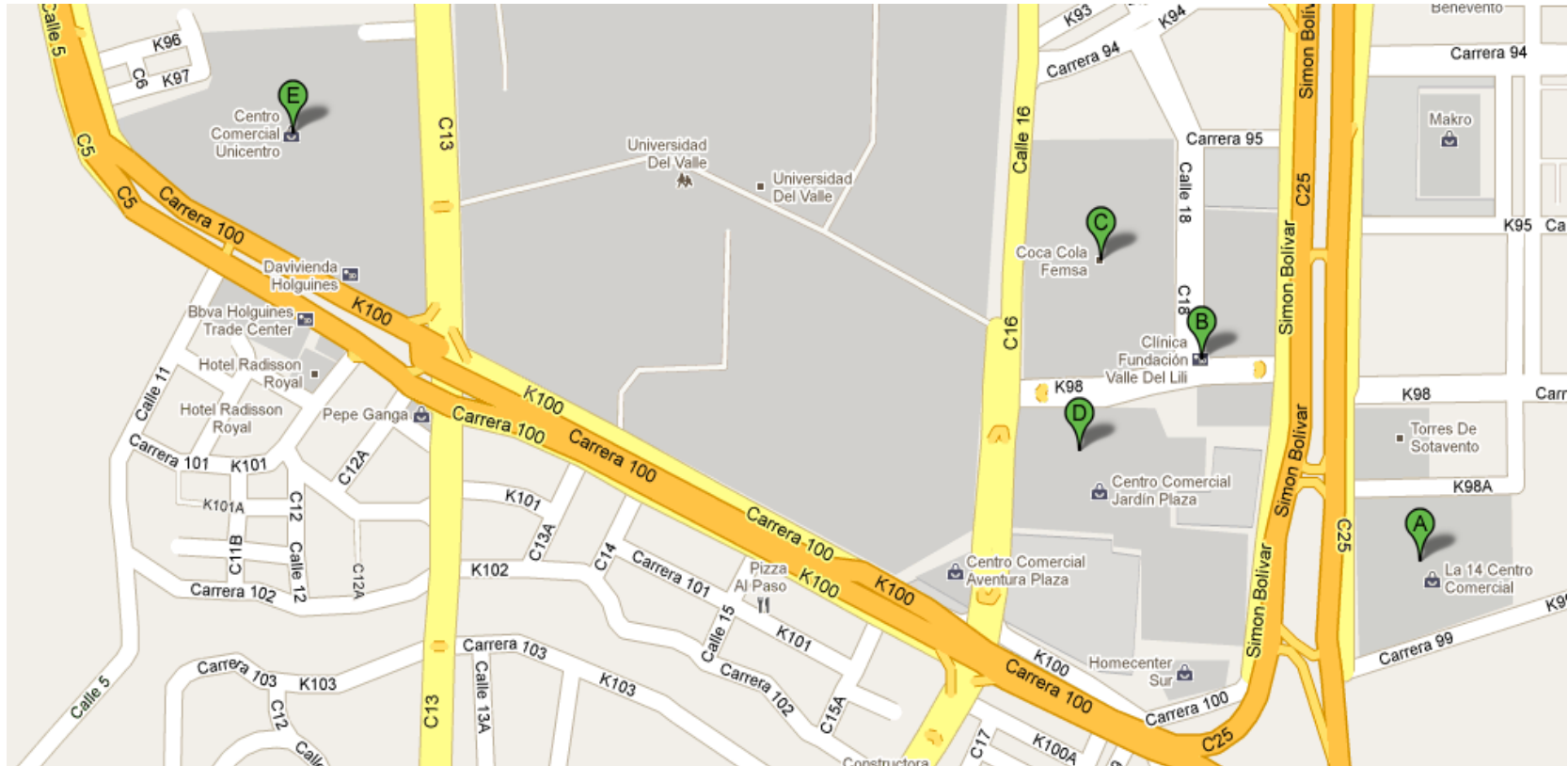
Actualmente la cantidad de alimentos que se llevan al shut del almacén es significativamente alta. El almacén quiere cambiar el destino final de este tipo de residuos dado que este es un material orgánico que tiene un alto potencial de aprovechamiento, y que cuentan con el personal ya capacitado para entregarlo correctamente, sin mezcla alguna de residuos no orgánicos o inertes que puedan contaminarlo.

**6.1.3 Información de localización de las empresas.** Además de la situación actual del manejo de los residuos orgánicos que se está llevando a cabo en las empresas del Plan Vecinos, este proyecto requiere la información sobre la ubicación de las empresas y las distancias entre ellas. En las Figuras 5 y 6, presentadas en las siguientes páginas, se encuentran, respectivamente, el mapa satelital y el plano de ubicación de dichas empresas. Las convenciones de las figuras son las siguientes:

- A.** Almacén La 14 Valle del Lili
- B.** Fundación Valle del Lili
- C.** Coca Cola – FEMSA
- D.** Centro Comercial Jardín Plaza
- E.** Centro Comercial Unicentro



**Figura 6.** Plano de ubicación de las empresas del Plan Vecinos



Fuente: Los autores, mediante la utilización de Google Maps.

El siguiente paso en esta etapa de recolección de datos fue el obtener la información sobre las distancias entre las empresas. Estos datos se obtuvieron mediante la realización de los recorridos entre los diferentes puntos previamente ya ubicados, los datos corresponden a los kilometrajes marcados por el vehículo.

Como estos datos serán utilizados para la determinación de la ruta de recolección de residuos, se asumió como punto de partida de la ruta el semáforo que se encuentra sobre la Avenida Simón Bolívar a la altura de la carrera 122. Escogimos esta zona pues es un punto de referencia con cercanía a terrenos que pueden considerarse para la ubicación de la planta de aprovechamiento.

En el siguiente cuadro se presentan las distancias de los tramos recorridos entre cada uno de los puntos de la ruta. La selección de los tramos de la ruta se hizo bajo criterios de los tramos más eficientes para llegar a los puntos de destino.

**Cuadro 5.** Matriz de distancias (km) de las empresas del Plan Vecinos

Destino Origen	Punto Partida	La 14	FVL	Coca Cola	Jardín	Unicentro
Punto Partida	0	3,1	3,8	4,0	4,2	6,6
La 14	3,8	0	1,2	1,3	1,5	4,6
FVL	4,2	2,2	0	0,8	1,0	4,1
Coca Cola	3,4	1,4	0,5	0	0,2	3,3
Jardín	3,2	1,2	0,3	0,4	0	3,7
Unicentro	4,3	4,2	3,3	3,4	3,6	0

Fuente: Los autores

**6.1.4 Cantidad de residuos generados en el Plan Vecinos.** Una vez se hizo la caracterización para cada empresa del tipo de residuo que se va a disponer para el aprovechamiento, la siguiente actividad a realizar fue el cálculo de las cantidades diarias en que se generan.

Las empresas del Plan Vecinos requieren que la recolección de los residuos sea diaria, por razones del almacenamiento relacionadas con salubridad y porque la cantidad generada es considerable. En el Cuadro 6 se presenta la información de generación diaria de los residuos ya caracterizados para cada una de las empresas.

**Cuadro 6.** Cantidad de residuos del Plan Vecinos

<b>Empresa</b>	<b>Cantidad (kg/día)</b>
Fundación Valle del Lili	286
C.C. Jardín Plaza	180
C.C. Unicentro	200
Coca Cola - FEMSA	80
Almacén La 14 Valle del Lili	300
<b>TOTAL GENERADO</b>	<b>1046</b>

Fuente: Los autores

Esta información, mediante los cálculos de conversión correspondientes, representa un aproximado de 1,046 toneladas de residuos orgánicos aprovechables por día. Teniendo en cuenta que estas empresas trabajan los siete días de la semana, es decir, generan residuos toda la semana, la cantidad mensual de residuos generados en el Plan Vecinos con potencial de aprovechamiento es de aproximadamente 31,38 toneladas.

## **6.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

El primer objetivo específico del proyecto está dividido en dos actividades, la recolección de la información y el análisis de la misma. La primera actividad ya se encuentra totalmente documentada. En esta parte del proyecto se encuentra el análisis del diagnóstico hecho a las empresas, específicamente la identificación de las oportunidades a mejorar en los procesos estudiados al interior de las mismas.

### **6.2.1 Identificación de fallas en la situación actual del Plan Vecinos.**

La iniciativa del Plan Vecinos con este proyecto es por un lado fortalecer los PGIRS internos que se vienen adelantando en cada una de las empresas involucradas, y por el otro evaluar la viabilidad de implementación de una planta de aprovechamiento para los residuos orgánicos que generan.

El factor crítico de los PGIRS mencionados, teniendo en cuenta el objeto de estudio de este proyecto, es la etapa de separación en la fuente, específicamente de los residuos orgánicos. La separación en la fuente, desde el punto de vista de la posterior recuperación de los residuos, evita que se contaminen unos con otros, lo que garantiza la obtención de un producto con una mejor calidad para ser reutilizado o reciclado. De igual forma, en el caso de aprovechamiento de residuos

orgánicos, una separación en la fuente adecuada permite que el producto final resultante del compostaje sea de buena calidad y aceptable para el uso en la agricultura.

Por otra parte, una correcta separación en la fuente permite que en el centro de almacenamiento o acopio de los residuos se eviten procesos en los que se invierte tiempo con la re-clasificación y separación de los residuos antes de darles el destino asignado para cada uno (reciclaje, aprovechamiento, reutilización, disposición final).

En el caso del Plan Vecinos, para que el aprovechamiento de los residuos orgánicos sea viable, desde el punto de vista del producto o abono a obtener, el material que llegue a la planta donde se va a tratar debe ser de muy alta calidad, es decir, no puede estar mezclado con material inerte que contamine la muestra, le reste eficiencia al proceso que se va a llevar a cabo y afecte el producto final obtenido. Por esta razón, es necesario realizar un análisis detallado a los procesos de separación en la fuente que se llevan a cabo en las empresas del Plan Vecinos, y de esta forma establecer el plan de mejoras que va a fortalecer los PGIRS de estas instituciones y a facilitar, de llevarse a cabo, la futura implementación de un aprovechamiento de los residuos orgánicos.

La información sobre las fallas identificadas en el diagnóstico para cada una de las empresas se presenta a continuación.

**6.2.1.1 Fundación Valle del Lili (FVL).** En esta entidad se evidenciaron problemas en la separación en la fuente de los residuos, pues dentro de sus políticas de separación no hay una clara definición de la codificación de los recipientes en los que se disponen los residuos. Tienen dos tipos de recipientes principales, uno gris y otro verde. El primer tarro, de color gris, está dispuesto para “Material Reciclable”, entre lo que catalogan envolturas plásticas, botellas plásticas, tetra pack, papel, periódicos, revistas, botellas de vidrio y latas. El segundo tarro, de color verde, está destinado para “Residuo Común”, entre lo que catalogan icopor, alimentos, servilletas y tizanas. Fuera de estos dos tarros no existen otros en los que se puedan disponer y clasificar otro tipo de residuos como vidrio o plásticos.

No obstante, se encontró falta de congruencia entre los colores de los tarros y lo que significan, pues dentro de la cocina los tarros grises no están destinados para

material reciclable como los anteriormente mencionados, sino para residuos orgánicos, es decir, restos de alimentos, frutas, verduras y residuos de jardín. Lo mismo sucede con los tarros verdes, que en esta área están destinados para “Ordinarios – No reciclable” y están dispuestos para envolturas de alimentos, papel sucio y engrasado, papel carbón, papel aluminio, barrido y servilletas.

Esta falta de consistencia en la codificación de los recipientes para disponer los residuos hace que no haya una fuerte cultura de separación, lo que resulta en una mezcla de materiales en todos los tarros que hace que muchos residuos con potencial aprovechamiento pierdan esta característica por la mezcla con otros que no la tienen y que contaminan a los primeros.

Por otra parte, en las áreas donde transitan usuarios de la entidad, como las cafeterías, no hay una clara señalización sobre el tipo de residuo que se puede depositar en cada tarro, es decir, un listado o póster con imágenes que permitan conocer los materiales que se pueden depositar, y que faciliten la clasificación de los residuos y la disposición en el recipiente correcto. Esto teniendo en cuenta que en la ciudad no hay una cultura de separación y clasificación en la fuente de los residuos que se generan; en su mayoría, las personas del común, como lo son los usuarios de este centro hospitalario, no tienen un concepto claro acerca de esta actividad y las acciones que implica.

También se encontró que hay áreas en las que se requieren al menos un recipiente gris y uno verde, para que las personas realicen esta clasificación primaria, pero no se encuentra sino uno verde, y en ocasiones, uno blanco acompañándolo (el blanco es el recipiente destinado para objetos de vidrio). Este es el caso de la cafetería que se encuentra ubicada en el área de urgencias.

Para evidenciar la situación descrita sobre la FVL, se incluyen las siguientes fotos con sus respectivos análisis y explicaciones.

En la Figura 7 se encuentran los recipientes grises y verdes del área de cocina, mientras que en la Figura 8 están los recipientes grises y verdes de un pasillo cercano a la cafetería principal. Esta comparación evidencia la no estandarización de los colores de los tarros que se usan en todas las áreas de las instalaciones. Como a cada recipiente se le ubica una bolsa recolectora del mismo color que el tarro, esto hace que en la unidad técnica de almacenamiento se mezclen los residuos recolectados, aún cuando no son del mismo tipo (como ocurre con el

caso de las bolsas grises, en las que va a haber orgánicos por parte de la cocina, y material reciclable por parte de áreas comunes).

**Figura 7.** Recipientes área de cocina FVL



Fuente: Los autores

**Figura 8.** Recipientes áreas comunes FVL



Fuente: Los autores

**Figura 9.** Recipientes cafetería principal FVL



Fuente: Los autores

En la figura anterior se evidencia la falta de señalización de los recipientes ubicados en una de las áreas donde hay mayor tránsito de usuarios, la cafetería principal. Las personas no tienen forma de saber con certeza cuál residuo pueden depositar en cada tarro y cuál no. También hay una falta de consistencia en los tarros que se ubican en estas zonas, pues lo correcto es ubicar un recipiente gris para material aprovechable y no uno que sólo sea para vidrio, como consecuencia, las personas depositarán en el tarro verde material que sí puede ser aprovechado por la falta de señalización.

Finalmente, están las fotografías que evidencian la mezcla de materiales que se presenta en los recipientes y en el centro de acopio de los residuos (UTA). La Figura 10 muestra cómo no se está llevando a cabo una estricta clasificación y separación de los residuos, en este caso en un tarro verde hay material que debería depositarse en un tarro gris, como por ejemplo vasos desechables, bolsas plásticas y papeles limpios. Esta situación también se evidencia en la Figura 11, que muestra la realidad de la Unidad Técnica de Almacenamiento, en donde algunas de las bolsas verdes tienen mezclados algunos materiales aprovechables que deberían estar en bolsas grises.

**Figura 10.** Material mezclado en recipientes de la FVL



Fuente: Los autores

**Figura 11.** Material mezclado en UTA de la FLV



Fuente: Los autores

**6.2.1.2 Centro Comercial Jardín Plaza.** Esta empresa tiene una situación especial y diferente de las otras que pertenecen al Plan Vecinos ya que los residuos que se van a disponer para aprovechamiento orgánicos son residuos verdes, es decir, podas y demás materiales provenientes de la manutención de jardines. En este caso no hay una oportunidad de mejora relacionada con la

separación en la fuente como tal, pues en la unidad técnica de almacenamiento de este centro comercial hay una zona específica dedicada a residuos verdes en donde no tienen contacto con ningún otro tipo de residuo.

No obstante, esta es un área que se encuentra sin delimitación alguna –está sobre un andén en una esquina–, situación que se presta para el ingreso y salida de animales e insectos. Como ya se ha mencionado, estos últimos se convierten en vectores capaces de transmitir enfermedades causadas por microorganismos, razón por la cual su proliferación debe evitarse bajo cualquier circunstancia.

La presencia de nutrientes tales como la suciedad, materia orgánica en descomposición o residuos; la ausencia de control físico, químico o biológico; y la posibilidad de establecer su hábitat lejos de la influencia humana, son unos de los principales factores que favorecen la proliferación de estos organismos vivos (ratas, ratones, cucarachas, mosquitos, moscas, etc.). Y, como se puede observar en la siguiente figura, en la zona para almacenamiento de Residuos Verdes del UTA de esta entidad se presentan los tres factores mencionados.

**Figura 12.** Almacenamiento de residuos verdes en Jardín Plaza



Fuente: Los autores

**6.2.1.3 Centro Comercial Unicentro.** En este centro comercial no se identifican fallas en la separación en la fuente que se está realizando actualmente. Los

residuos orgánicos que se van a destinar para el plan de aprovechamiento del Plan Vecinos son los generados por del FRUVER del Almacén Exito que se encuentra al interior del centro comercial. Estas frutas y verduras llegan a la UTA de Unicentro debidamente separadas y empacadas en las bolsas transparentes que el supermercado destina para la recolección de estos residuos.

Como se observa en la Figura 13, al interior de estas bolsas de recolección no se presenta mezcla alguna de los residuos orgánicos con residuos de otro tipo que no sean compatibles con el proceso de aprovechamiento orgánico.

Esto evidencia que las personas que se encargan de recolectar estos residuos al interior del Exito están debidamente capacitadas y realizan una estricta separación en la fuente, razón por la cual el contenido orgánico de los residuos que se van a aprovechar en esta entidad tiene una alta confiabilidad.

**Figura 13.** Residuos orgánicos generados en Unicentro



Fuente: Los autores

**6.2.1.4 Coca Cola – FEMSA.** En esta entidad, los residuos orgánicos destinados para el plan de aprovechamiento del Plan Vecinos son los generados en la cocina

del casino. El personal de esta área está altamente capacitado en lo referente a separación en la fuente de los residuos sólidos, especialmente los de tipo orgánico. Allí sólo se utiliza un tipo de recipiente de color azul para almacenar residuos orgánicos; como son varios, en unos se almacenan los residuos secos y en otros los de aguamasa. No hay señalización porque hay una cultura en la que el personal de la cocina conoce los procedimientos para la separación.

Por otra parte, en las áreas comunes para trabajadores se encuentran duplas de recipientes para realizar la separación de los residuos, unos de color azul destinados para elementos plásticos, y otro de color verde para residuos ordinarios. Estos recipientes no tienen señalización sobre los residuos que se pueden depositar en cada uno, lo que genera confusión en los trabajadores y demás usuarios pues no hay una fuerte cultura de separación en la fuente. Esta situación hace que la separación no sea confiable pues, al no haber orientación sobre la forma de separar, se encuentran mezclas de residuos aprovechables con no aprovechables.

**Figura 14.** Duplas de recipientes sin señalización en Coca Cola



Fuente: Los autores

Como en las áreas comunes sólo se ubican duplas de recipientes, azul y verde, la señalización del recipiente azul debería ser de residuos aprovechables en general, y ubicar el recipiente azul destinado solamente a plásticos cuando se ubiquen los cuatro tipos de recipientes juntos. Hay áreas en las que los ubican. La siguiente figura muestra la señalización existente en las áreas en las que ubican los cuatro recipientes.

**Figura 15.** Señalización recipientes Coca Cola



Fuente: Los autores

Otra falla identificada en esta entidad es que actualmente los residuos orgánicos que se generan en la cocina se están vendiendo como alimentación para animales en una granja. Esto no es legalmente permitido ya que el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), que es el ente regulador en esta materia a nivel nacional, emitió una resolución mediante la cual prohíben la alimentación a animales con este tipo de residuos orgánicos. A pesar de la ampliación del plazo para la implementación de esta actividad (era para el 2011 pero dieron dos años más), es

necesario concientizarse del error que se está cometiendo, y buscar salidas alternativas a esta situación.

**Figura 16.** Recipientes Cocina Coca Cola



Fuente: Los autores

**6.2.1.5 Almacén La 14 valle del Lili.** En esta entidad se presenta un problema en la codificación de uno de sus tipos de recipientes de residuos sólidos, el gris. En la zona de comedores para empleados se encuentra un recipiente gris destinado a residuos de metal, mientras que en la zona del almacén y demás áreas el recipiente gris es para residuos de papel y plegadiza. No hay una estandarización clara frente a sus recipientes recolectores de residuos.

El material que se recolecta en la zona del almacén, por donde hay tránsito de clientes, pierde una cantidad de potencial de aprovechamiento considerable dado que entre los clientes no hay una cultura de separación en la fuente garantizada. Por esta razón en las bolsas hay una mezcla de residuos aprovechables con no aprovechables. Por otra parte, en esta empresa no tienen personas destinadas a separar lo que se encuentra en estos recipientes, todo lo que identifican como mezclado lo mandan al lugar de almacenamiento de residuos que se van a enviar al relleno sanitario como disposición final. Además de esto, no tienen una

señalización extensiva acerca de los residuos que se pueden disponer en cada tarro, esto con el fin de involucrar a los clientes en las actividades de separación en la fuente de los residuos sólidos.

**Figura 17.** Recipientes de residuos sólidos en La 14



Fuente: Los autores

**Figura 18.** Recipientes grises en La 14



Fuente: Los autores

Otra oportunidad de mejora se presenta en los casos en que el personal de aseo encargado se olvida de poner la bolsa transparente en los recipientes, situación

que dificulta la manipulación y recolección interna de los residuos al interior del almacén.

En lo relacionado con el FRUVER, que es el alimento que se va a destinar al plan de aprovechamiento del Plan Vecinos, no hay una falla considerable identificada. Por el contrario, el personal encargado de supervisar estas frutas y verduras está debidamente capacitado para llevar a cabo esta actividad de separación bajo estrictos lineamientos y con una alta confiabilidad, por esta razón, el material no corre riesgo de llegar contaminado o mezclado con residuos inertes.

### **6.3 PROPUESTA Y JUSTIFICACIÓN DE SOLUCIONES**

Esta etapa del proyecto está relacionada con el cumplimiento de los cuatro objetivos específicos restantes del proyecto. En estos objetivos se evalúan las diferentes alternativas que se presentan como soluciones al problema planteado en la primera parte de este documento.

Para la documentación del segundo objetivo específico, que es el de establecer el Plan de separación en la fuente y la ruta de transporte diaria de los residuos sólidos, se desarrollaron las siguientes actividades:

- Diseño del plan de recolección y separación en la fuente
- Establecimiento del control del proceso
- Análisis de rutas de transporte
- Diseño del plan de ruta de transporte diaria

**6.3.1 Diseño del plan de recolección y separación en la fuente.** Como en la etapa del análisis de la información recolectada se identificaron las fallas en el proceso de separación en la fuente al interior de las empresas del Plan Vecinos, en esta etapa se deben establecer las mejoras necesarias y los protocolos de recolección y separación que deben implementarse en las empresas para reforzar los PGIRS internos de cada una.

**6.3.1.1 Propuesta de mejoras en la separación y recolección en la fuente.** Las empresas vinculadas al Plan Vecinos desde hace un tiempo vienen adelantando el desarrollo e implementación de sus PGIRS internos como políticas dentro de sus sistemas de responsabilidad social empresarial ambiental. Sin

embargo, el diagnóstico realizado permitió la identificación de ciertas situaciones en las que no se están realizando los procesos debidamente; estas son fallas con oportunidades de mejora que generan un alto impacto en la consecución de sus objetivos frente al manejo integral de residuos sólidos, y en este caso, específicamente al manejo de los residuos orgánicos.

Para poder llevar a cabo una correcta separación en la fuente que garantice la calidad de los residuos aprovechables y facilite su clasificación, es necesario que los recipientes empleados sean claramente diferenciables. En el diagnóstico realizado se identificaron deficiencias en este aspecto, por esto es necesario mejorar o reforzar los cuatro factores explicados a continuación, que se encuentran relacionados directamente con los procesos de separación de los residuos sólidos en la fuente.

**1. Estandarización de la codificación de colores de recipientes:** la parte más difícil e importante en un proceso de separación en la fuente es la de generar cultura en las personas. Esta actividad se facilita si se tiene un estándar en los recipientes a localizar en las distintas áreas; utilizar un mismo tipo de recipiente para todas las áreas, con distintivos llamativos como los colores, permite que las personas vayan asociando más fácilmente la clasificación de residuos respectiva para cada recipiente, disminuyendo así la contaminación cruzada por presencia de mezclas de material aprovechable con el que no lo es. Esto es de vital importancia a la hora de generar cultura en los clientes, ya que estas son personas transitorias que no reciben capacitación alguna frente al tema, a diferencia de quienes son fijos en las entidades, es decir, los trabajadores.

**2. Señalización de los recipientes:** este aspecto a mejorar tiene el mismo impacto que el anterior, está orientado a reforzar la cultura de separación en la fuente. Cada recipiente ubicado en cualquier zona de las instalaciones de las empresas tiene que estar debidamente señalado, es decir, debe contener el listado o la ilustración del tipo de material o elementos que se deben disponer en cada tarro. Esta mejora va de la mano con la estandarización de la codificación de los recipientes, para garantizar que se genere una cultura en todas las personas que transitan por las instalaciones y que hacen uso al menos una vez de los recipientes. Esta señalización debe dar claridad acerca del tipo de separación o clasificación de residuos que se requiere. De esta forma también se está evitando la mezcla de material aprovechable con no aprovechable, lo que permite mayores beneficios en cuanto a reutilización, reciclaje y aprovechamiento.

**3. Ubicación de dúos de recipientes para material aprovechable y residuos ordinarios:** lo ideal para la separación en la fuente es tener tantos recipientes como tipos de residuos que existan; sin embargo, esto no siempre es posible. Por esta razón, se recomienda agrupar los recipientes teniendo en cuenta criterios de afinidad, potencial de aprovechabilidad y facilidad de recolección. Con base en esto, es aconsejable que en las áreas donde se presente un mediano flujo de personas se ubiquen puntos intermedios de recolección, es decir, un punto con dos recipientes para la recolección de los residuos, uno para residuos aprovechables y otro para residuos ordinarios (de alimentos o similares). De esta forma se estará haciendo la separación mínima necesaria para sacar ventaja del potencial de aprovechamiento de residuos que tengan afinidad entre sí. Cada recipiente debe contener la información instructiva de cómo realizar la separación mediante la identificación del tipo de residuo a depositar en cada uno; este mensaje debe ser llamativo, con mensajes gráficos, coloridos y texto breve.

**4. Control de vectores:** para garantizar las condiciones de salubridad exigidas para este tipo de actividad, se debe tener control sobre los organismos vivos que se convierten en peligrosos vectores transmisores de enfermedades. Se debe evitar el ingreso de animales domésticos, roedores e insectos a los centros de acopio en donde se encuentran almacenados los residuos. Para esto, se deben usar anjeos o mallas estrechas para prevenir el ingreso o la proliferación de insectos y de otras clases de vectores.

**6.3.1.2 Plan de protocolos de recolección y separación en la fuente.** En Colombia, la GTC 24, 'Gestión Ambiental de Residuos Sólidos. Guía para la separación en la fuente y la recolección selectiva', es la Guía Técnica Colombiana que brinda las pautas para realizar la separación de los materiales que constituyen residuos en las diferentes fuentes de generación, y que da orientaciones para efectuar una recolección selectiva con el fin de facilitar el aprovechamiento, tratamiento o disposición final<sup>20</sup>. Por esta razón, el plan y los protocolos de recolección y separación en la fuente que se proponen en este proyecto, con base en el diagnóstico de la situación actual del Plan Vecinos, deben estar fundamentados en los lineamientos de la GTC 24, para que se puedan mejorar los procesos de separación y clasificación en la fuente de los residuos orgánicos al tiempo que se da cumplimiento a la normatividad existente.

---

<sup>20</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para la separación en la fuente y la recolección selectiva. Segunda Actualización. Bogotá, D.C.: ICONTEC, 2004. 16 p.

Como criterio universal, la separación se debería hacer en tantos recipientes como tipos de residuos que existan, no obstante, esta situación no concuerda con la realidad actual. Por esta razón, se deben definir los criterios que se van a utilizar para llevar a cabo la separación en la fuente; estos criterios deben tener en cuenta la afinidad, el potencial de aprovechabilidad, la facilidad de recolección y la legislación vigente para la agrupación de los residuos.

La siguiente figura muestra el criterio inicial básico de separación que se propone en la GTC 24, a partir del cual se espera que las instituciones desarrollen otros más específicos, de los cuales resulta el uso de un mayor o menor número de recipientes.

**Figura 19.** Criterios para separación en la fuente, GTC 24

Criterio inicial de separación	Descripción	Ejemplos de materiales en los que se pueden separar adicionalmente los residuos
Residuos aprovechables no peligrosos	<p>Son cualquier material, objeto, sustancia o elemento que no tiene valor de uso directo o indirecto para quien lo genere, pero que es susceptible de incorporación a un proceso productivo.</p> <p>Es recomendable que este tipo de residuos no estén en contacto con otros materiales que impidan su aprovechamiento.</p>	<p>Adicionalmente los residuos aprovechables pueden separarse como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cartón, papel, plegadiza, periódico o similares.</li> <li>- Toda clase de vidrio, limpio.</li> <li>- Plásticos (tales como: polipropileno, polietileno, bolsas, garrafas, entre otros)</li> <li>- Residuos metálicos, chatarra</li> <li>- Textiles</li> <li>- Madera</li> <li>- Cuero</li> <li>- Empaques con capas de diferentes materiales etc.</li> </ul>
Residuos de alimentos o similares	Tales como cáscaras, restos de vegetales y frutas, sobras de comida, residuos de jardinería o materiales similares.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poda de árboles o plantas</li> <li>- Residuos de comida</li> <li>- Etc..</li> </ul>

Fuente: ICONTEC. Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para la separación en la fuente y la recolección selectiva. p. 9

Por otra parte, el Manual de implementación de sistemas de gestión integral de residuos sólidos en centros comerciales, supermercados y almacenes de cadena para el Municipio de Santiago de Cali, establece que, dentro de la infraestructura y mobiliario requerido para el montaje técnico y logístico del sistema GIRS, es necesario ubicar dúos de recipientes de residuos sólidos en las zonas identificadas con alto tránsito de personas, en lugares de esparcimiento y en sitios

de trabajo de los empleados<sup>21</sup>. Los colores de los recipientes que se utilicen, en caso de no haber tarros con colores específicos para cada tipo de residuo, deben guardar unidad con lo establecido en el PGIRS de Cali, es decir, con color Azul se deben identificar los recipientes destinados a recolectar los Residuos Reciclables (papel, cartón, plástico, vidrio y metales), mientras que con color Verde se deben identificar los recipientes para la recolección de los Residuos No Reciclables y Orgánicos (o residuos sin potencial de aprovechamiento). Cabe mencionar que estos recipientes, sea cual sea la definición de sus colores, deben estar debidamente identificados con el tipo de residuos que se deposita en cada uno de ellos.

La codificación por colores de los recipientes para la separación en la fuente no tiene una norma universal que se aplique en todas partes, ni mucho menos que sea exigida con rigurosidad o por ley, por esto existen diferentes códigos de colores para la identificación de los residuos, como por ejemplo los establecidos para el sector hospitalario (rojo para residuos peligrosos). Sin embargo, existe un código de colores para residuos sólidos sugerido por la Guía Técnica Colombiana del ICONTEC - GTC 24, que se puede aplicar o utilizar como derrotero para la separación en las entidades del Plan Vecinos. La Figura 19 muestra la codificación propuesta para cada tipo de material.

Cada entidad debe definir claramente cuál va a ser la codificación de sus recipientes, y estandarizar esta clasificación por colores para todas las áreas de sus instalaciones, evitando así la confusión entre las personas que hagan uso de los recipientes y garantizando la construcción de una cultura de separación en la fuente más confiable.

---

<sup>21</sup> MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL. Op. cit., p. 28.

**Figura 20.** Código de colores de la GTC 24 para residuos institucionales

COLOR	MATERIALES
<b>VERDE</b>	Papel plastificado, papel carbón, icopor, entre otros. Materiales recuperables pero que demanden de un proceso adicional
<b>GRIS</b>	Cartón, papel, plegadiza, periódico o similares limpios
<b>BLANCO</b>	Toda clase de vidrio, limpio
<b>AZUL</b>	Para plásticos (tales como: polietileno, polipropileno, poliestireno, PVC, Acrílicos, policarbonatos, poliflex, garrafas, entre otros)
<b>NEGRO</b>	Piezas anatomopatológicas (tales como: amputaciones, muestras de laboratorio, entre otras.), para hospitales, clínicas o similares.
<b>ROJO</b>	Para residuos peligrosos: jeringas, agujas hipodérmicas, gasas de curación, termómetros, entre otros, provenientes de hospitales, clínicas o similares; pilas, pañales desechables, recipientes de insecticidas o raticidas, toallas higiénicas, papel higiénico, entre otros, provenientes de fuentes domiciliarias, industriales y comerciales. Así como objetos, elementos o materiales que hayan estado en contacto con los residuos mencionados anteriormente.
<b>CREMA</b>	Para los residuos vegetales, restos de comidas antes y después de la preparación.
<b>CAFÉ</b>	Residuos metálicos, chatarra.

Fuente: ICONTEC. Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para la separación en la fuente y la recolección selectiva.

El otro aspecto a tener en cuenta en este plan de mejoras a implementar, es la marcación o señalización de los dúos o grupo de recipientes que se ubiquen en las locaciones de las empresas. Cada recipiente debe contener la información instructiva de cómo realizar la separación en la fuente, mediante la identificación del tipo de residuo que se puede depositar en cada uno. Estos mensajes informativos deben llamar la atención de empleados y visitantes, haciendo uso sobretodo de mensajes gráficos y coloridos, evitando al máximo cargarlos de texto.

El PGIRS Municipal define los mensajes de la Figura 21 como política pública y pueden ser utilizados con el logotipo del PGIRS y el logotipo de la entidad (centro comercial, almacén de cadena, supermercado, algún patrocinador, etc.). Esta es una iniciativa que puede servir como base para el diseño de los mensajes de señalización que deben acompañar a los recipientes en las empresas del Plan Vecinos.

**Figura 21.** Modelo de mensajes gráficos para recipientes del PGIRS Municipal



Fuente: DAPM Cali. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos: Manual de implementación de sistemas de gestión integral de residuos sólidos en centros comerciales, supermercados y almacenes de cadena. p. 31.

Estos protocolos propuestos para la recolección y separación en la fuente al interior de las empresas del Plan Vecinos no son pautas inflexibles que se deben seguir al pie de la letra, ni deben ser iguales para la totalidad de las empresas. Cada una decide, de acuerdo con la evaluación que se hizo para la implementación de sus respectivos PGIRS, cuál es la estrategia que les conviene más o que es de más fácil implementación para cada caso. Estas pautas son las recomendadas por las autoridades competentes y la normatividad vigente frente al tema y deben ser tenidas en cuenta para reforzar los PGIRS internos actuales.

**6.3.2 Análisis de rutas de transporte.** Como se mencionó en los antecedentes presentados en este documento, en la ciudad existe un estudio previo sobre la implementación de un centro de aprovechamiento de residuos orgánicos; estudio en el que participó el Plan Vecinos. La evaluación hecha en dicho estudio establecía el punto de aprovechamiento en Candelaria, específicamente en CAVASA, es decir, en las afueras de la ciudad, en el otro extremo de la ubicación de las empresas actualmente vinculadas al Plan Vecinos. El transporte de los residuos hasta este punto implica una generación de costos considerable, pues se debe atravesar toda la ciudad y no es una opción rentable para las empresas pues, al contrario, están buscando minimizar los costos de disposición de los residuos que, en el fondo, constituyen sobretodo costos de transporte de los mismos hasta el relleno sanitario.

Como este proyecto pretende aterrizar el estudio de la viabilidad de implementación de un centro de aprovechamiento sólo para las empresas del Plan Vecinos, se debe establecer el análisis de la ruta de recolección de los residuos y de su transporte hacia el lugar donde se puede ubicar la planta de aprovechamiento, en el caso de llegar a construirla. Con esto se pretende utilizar un método de ruteo que dé como resultado la ruta de recolección más eficiente, en la que se eviten desplazamientos innecesarios, se minimicen las distancias recorridas y se optimice la recolección de los residuos.

Para realizar la elección de la ruta de recolección más eficiente se analizaron todas las posibles rutas mediante la implementación del método de ruteo de los ahorros.

**6.3.2.1 Ruta más eficiente de recolección.** Para poder utilizar el método de los ahorros fue necesario construir dos matrices, la de distancias entre los puntos de origen y destino, y la de ahorros entre cada par de puntos de destino. Con dichas matrices se realizaron los cálculos correspondientes que dieron como resultado la ruta más eficiente de recolección, es decir, la distancia total mínima recorrida.

La ruta en este caso será hecha por un solo vehículo que visita todos los puntos del Plan Vecinos. La demanda o cantidad de residuos a recoger en cada punto no fue una restricción para la elección de la ruta de recolección, pues la cantidad total diaria generada (1,046 Ton) no supera la capacidad máxima del vehículo (6 m<sup>3</sup>, que son 6 Ton aprox.). Para entender los resultados de las matrices y de los cálculos obtenidos, se deben tener en cuenta que los puntos numéricos representan cada una de las paradas del vehículo, es decir, las UTA de cada empresa del Plan Vecinos.

**Cuadro 7.** Convención de puntos y empresas para ruteo

Punto	Empresa
0	Punto de partida
1	14 Valle del Lili
2	FVL
3	Coca Cola
4	Jardín Plaza
5	Unicentro

Fuente: Los autores

El Cuadro 5 contiene las distancias que hay entre cada uno de los puntos identificados para el ruteo. Con base en esta matriz de distancias se calculó la matriz de ahorros entre cada par de puntos, que se presenta en el Cuadro 8.

**Cuadro 8.** Matriz de ahorros de las empresas del Plan Vecinos

Punto	1	2	3	4	5
1	0	6,4	6,5	6,5	5,8
2	5,1	0	7,4	7,4	6,7
3	5,1	6,7	0	7,4	6,7
4	5,1	6,7	6,8	0	6,1
5	3,2	4,8	4,9	4,9	0

Fuente: Los autores

Para realizar los cálculos de inclusión de puntos en la ruta con el fin de establecer la secuencia de recolección óptima, se empieza con la pareja de puntos que constituyan el mayor ahorro. En este caso hay tres parejas con el máximo ahorro que es de 7,4 km, la pareja 2-3, la 2-4 y la 3-4. Escogemos la pareja de puntos en la que la distancia recorrida es menor, porque estamos minimizando la distancia total recorrida. Por lo anterior, el proceso de secuenciación se inicia con la pareja de puntos 3-4 (esto significa que se empieza con Coca Cola que es el punto 3, y se dirige hacia Jardín Plaza que es el punto 4).

Una vez se obtuvo la pareja de máximo ahorro, los cálculos siguientes fueron los de inclusión de los puntos restantes (1, 2 y 5) en cada una de las posiciones disponibles. Asumiendo que el nuevo punto es C, se evaluaron las combinaciones de inclusión así: C-3-4, 3-C-4, 3-4-C; esto para cada uno de los puntos restantes. Entre todos estos cálculos el que representó el mayor ahorro, es decir, el que dio el mayor resultado, fue el siguiente punto a incluirse en la posición en que dio dicho resultado. Este proceso se repitió dos veces más para cada nueva ruta que se hallaba, evaluando en cada una de las posiciones disponibles los puntos que no se habían incluido aún.

Los siguientes cuadros muestran los resultados de las matrices de ahorros de inclusión de los puntos restantes en las diferentes posiciones, para cada una de las nuevas rutas.

**Cuadro 9.** Matriz para primera inclusión método de los ahorros

Posición	Punto		
	1	2	5
1	6,5	7,4	4,9
2	4,2	6,7	4,2
3	5,1	6,7	6,1

Fuente: Los autores

El mayor ahorro se presentó en la inclusión del punto 2 en la posición 1. La nueva ruta es 2-3-4, es decir, FVL- Coca Cola – Jardín Plaza.

**Cuadro 10.** Matriz para segunda inclusión método de los ahorros

Posición	Punto	
	1	5
1	6,4	4,8
2	4,2	4,2
3	4,2	4,2
4	5,1	6,1

Fuente: Los autores

El mayor ahorro se presentó en la inclusión del punto 1 en la posición 1. La nueva ruta es 1-2-3-4, es decir, La 14 – FVL – Coca Cola – Jardín Plaza.

**Cuadro 11.** Matriz para tercera inclusión método de los ahorros

Posición	Punto
	5
1	3,2
2	4,2
3	4,2
4	4,2
5	6,1

Fuente: Los autores

El mayor ahorro se presentó en la inclusión del punto 5 en la posición 5. Entonces, la ruta final, la más eficiente, es 1-2-3-4-5, es decir, La 14 – FVL – Coca Cola – Jardín Plaza – Unicentro. El Cuadro 12 muestra el cálculo de la distancia total de la ruta propuesta (13,3 Km), mostrando la secuencia del recorrido que debe realizar el vehículo, y sus respectivas distancias, incluyendo las distancias desde el punto de partida (planta de aprovechamiento) hasta la primera parada programada, y desde la última para programada hasta el punto de partida nuevamente. En el cuadro también está el registro del tiempo en minutos que dura el vehículo recorriendo cada tramo especificado de la ruta, a una velocidad promedio de 60 km/hora en horas de la mañana, entre las 8 y 9 am.

**Cuadro 12.** Recorrido de la ruta más eficiente

Recorrido	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-0
Distancia (Km)	3,1	1,2	0,8	0,2	3,7	4,3
Tiempo (min)	3,73	2,77	1,37	0,67	5,0	7,78
<b>Total Km</b>	<b>13,3</b>					
<b>Total min</b>	<b>21,32</b>					

Fuente: Los autores

**6.3.3 Diseño del plan de ruta de transporte diaria.** La elección de la ruta más eficiente no provee toda la información necesaria para realizar los recorridos. Hay otros factores que se deben definir para que el plan de la ruta de transporte quede completamente establecido. Entre estos factores están la frecuencia de la ruta, el horario de la recolección, y el diagrama de la ruta diseñada.

Las empresas requieren que la recolección de los residuos orgánicos que generan sea diaria y en la primera hora del día, por cuestiones de almacenamiento relacionadas con salubridad y de capacidad de las UTA, pues las cantidades diarias generadas son considerables. Esto es un requerimiento no negociable que debe tenerse en cuenta para el establecimiento del plan de recolección y transporte diario.

**6.3.3.1 Plan de recolección y transporte diario.** Dados los requerimientos de recolección diaria que ya se han mencionado, la ruta diseñada debe realizarse todos los días de la semana (es toda la semana y no sólo días hábiles porque

estas empresas laboran incluso los fines de semana), y debe iniciarse a las 8 am porque también es requisito que la recolección se haga a primera hora en la mañana.

Las paradas en cada una de las UTA para cargar el vehículo están diseñadas para realizarse en cinco (5) minutos en cada empresa. Es tiempo suficiente para que el personal encargado desplace las unidades de almacenamiento de los residuos al vehículo, dado que todo debe estar previamente empacado y alistado para la llegada del carro recolector.

En el Cuadro 13 se presentan el cronograma del recorrido, que está diseñado para realizarse, incluyendo el tiempo de paradas en las empresas, en 48 minutos aproximadamente.

**Cuadro 13.** Cronograma de la ruta de recolección

<b>Empresa</b>	<b>Hora de Llegada</b>	<b>Hora de Salida</b>
Planta / salida	-	8:00
La 14	8:04	8:09
FVL	8:12	8:17
Coca Cola	8:19	8:24
Jardín Plaza	8:25	8:30
Unicentro	8:35	8:40
Planta / llegada	8:48	-
<b>Tiempo total del recorrido (minutos)</b>		<b>48</b>

Fuente: Los autores

Este cronograma establece los horarios fijos en que el carro recolector va a llegar a cada empresa; de cada una de éstas depende que este cronograma se cumpla, razón por la cual todas deben conocer de antemano la hora en la que deben tener listo todo para que el vehículo continúe el recorrido con normalidad.

Finalmente, para definir completamente el plan de recolección y transporte diario de los residuos, se debe especificar la ruta geográfica que debe tomar el vehículo. Por esta razón se presenta el diagrama de la ruta diseñada en un mapa del sector que incluye el punto de partida y las empresas del Plan Vecinos. El semáforo que

se encuentra sobre la Avenida Simón Bolívar a la altura de la carrera 122, como ya se había mencionado, se asumió como el punto de salida y de llegada de la planta. La razón es que, al no haber una definición locativa específica del sitio en el que se va a construir la planta, se debía escoger una zona cercana a sitios factibles, y este semáforo es un punto de referencia con cercanía a terrenos que pueden considerarse para la ubicación de la planta de aprovechamiento. Es una zona en la que se unen varias vías del sector, por donde necesariamente tendría que pasar el vehículo, independientemente del lugar en donde se establezca la planta.

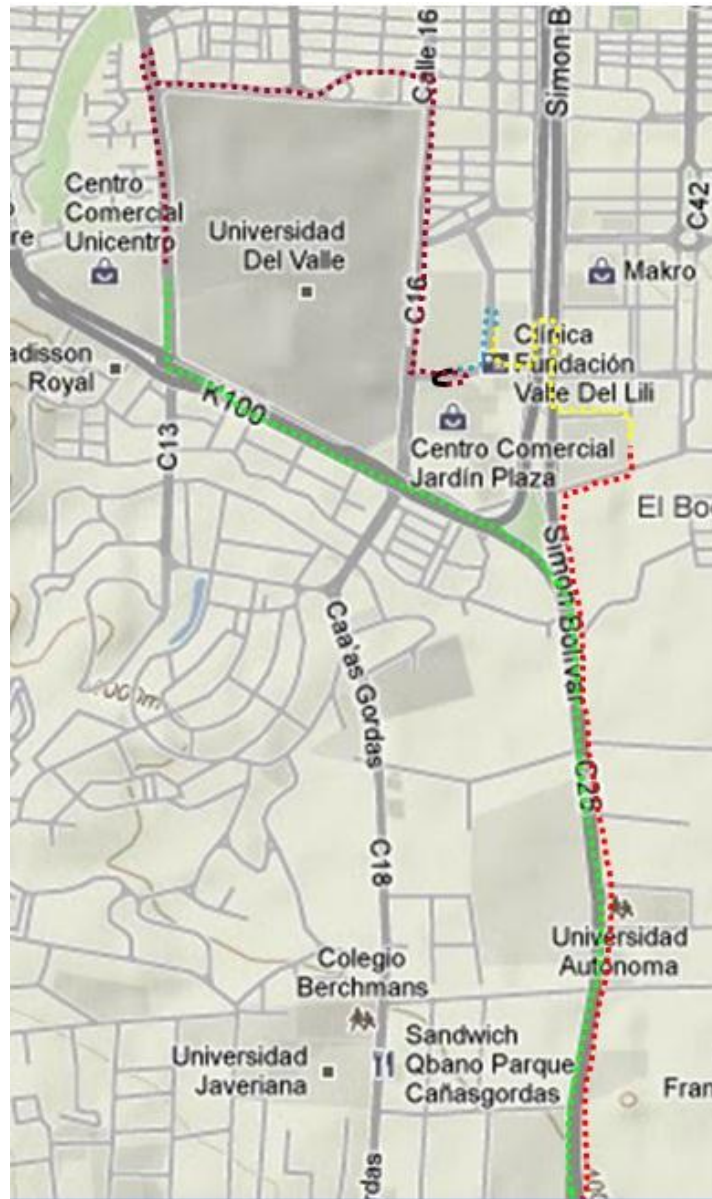
En la Figura 22 se presenta un mapa con cada uno de los tramos de la ruta trazados, las convenciones se presentan en el Cuadro 14.

**Cuadro 14.** Convenciones mapa de ruta de recolección

Origen	Destino	Convención
Planta / Salida	La 14	.....
La 14	FVL	.....
FVL	Coca Cola	.....
Coca Cola	Jardín Plaza	—————
Jardín Plaza	Unicentro	.....
Unicentro	Planta / Llegada	.....

Fuente: Los autores

**Figura 22.** Mapa de la ruta de recolección



Fuente: Los autores

**6.3.4 Documentación de las alternativas locativas del proyecto.** En esta etapa del proyecto se realiza la documentación del tercer objetivo específico, que es el análisis de las alternativas locativas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos. Como primera actividad se identifican las alternativas locativas para llevar a cabo el aprovechamiento, para luego elegir la alternativa más viable.

El objetivo de este proyecto es realizar la evaluación económica de un plan de clasificación, transporte y aprovechamiento de los residuos orgánicos generados por el Plan Vecinos. Desde este punto de vista, el proyecto se puede dividir en tres partes para un análisis macro: la separación en la fuente, el transporte de los residuos y el aprovechamiento de los mismos.

La primera parte del proyecto se evalúa al interior de las empresas involucradas, son procesos que se han iniciado con anterioridad al desarrollo de este proyecto y de los cuales se puede obtener información para posteriores análisis. La segunda parte resulta del análisis y procesamiento de la información recolectada en la primera parte. Finalmente, la tercera parte es la parte propositiva de mayor importancia del proyecto, pues no existe un adelanto alguno que permita continuar los análisis, sino que, por el contrario, se debe diseñar y proponer una planta para llevar a cabo el aprovechamiento de los residuos que fueron caracterizados en la primera parte del proyecto.

Para esta última parte se debía pensar en las alternativas existentes actualmente en la ciudad para llevar a cabo el aprovechamiento de residuos orgánicos. Esto por dos razones de gran importancia: uno, porque se podía hacer una conexión o puente con una planta existente que ya tuviera el proceso adelantado y de esta forma evitar la inversión inicial que se tendría que hacer; y dos, porque, de no lograrse una conexión con la planta, se podría estudiar lo que ya se ha hecho al respecto y de esta forma proponer el diseño de una nueva planta con las adaptaciones necesarias para el Plan Vecinos.

En la búsqueda de alternativas existentes, encontramos sólo una empresa en la ciudad en donde se está llevando a cabo un proceso de aprovechamiento de residuos orgánicos a gran escala desde hace dos años, y con resultados exitosos. La empresa es el Ingenio Riopaila – Castilla, están aprovechando la cachaza, que es como se le denomina a los lodos resultantes del proceso de filtración del azúcar, un lodo rico en agua (constituye el 70% de su composición), cuya generación es de 300 toneladas por día.

Se concretó una reunión con el Ingenio para comentarles el objetivo y el alcance de este proyecto, y para evaluar posibles alternativas de conexión entre el aprovechamiento que ellos realizan y los residuos generados en el Plan Vecinos. La planta de aprovechamiento de este Ingenio se convirtió en la primera alternativa locativa para llevar a cabo el aprovechamiento de los residuos involucrados en este proyecto. Sin embargo, esta alternativa presentaba una

situación especial que la hacía restrictiva, su ubicación. La planta del Ingenio Riopaila-Castilla se encuentra ubicada en el Municipio de Candelaria, más allá de la sede de CAVASA (opción que se había descalificado en el estudio que se hizo por parte de la Universidad del Valle y el DAPM, presentado en los antecedentes de este documento y en el que participó el Plan Vecinos). Esta última apreciación inmediatamente hizo que esta opción fuera descartada como una alternativa locativa para el aprovechamiento que se iba a diseñar en este proyecto.

No obstante, la entrevista que le realizamos al jefe encargado de la planta de aprovechamiento sirvió como una investigación de campo en el tema de aprovechamiento que permitió el desarrollo de este proyecto.

El siguiente paso fue evaluar las demás alternativas existentes para llevar a cabo el aprovechamiento que se propone en este proyecto. Para esto se tuvo como primera instancia que la ubicación física de la planta, por cuestiones de viabilidad económica, debía estar en una zona aledaña o muy cercana al área donde se concentran las empresas del Plan Vecinos, es decir, el sur de la ciudad, específicamente la zona del Valle del Lili (con una excepción, Unicentro, aunque no restrictiva porque se encuentra relativamente cerca a las demás empresas). A partir de esto, la búsqueda de empresas, organizaciones, viveros o personas que tuvieran una planta de aprovechamiento de residuos orgánicos en funcionamiento en la zona delimitada, fue infructuosa.

Por estas razones, se definió como segunda alternativa locativa, el diseño y construcción de una planta de aprovechamiento a la medida (según los datos de generación del Plan Vecinos) en un terreno que se encontrara en el sur de la ciudad, cercano a dichas empresas. Un análisis a priori de zonas cercanas permitió escoger la recta que comunica Cali con Jamundí como el área más adecuada para este uso, pues se pueden observar muchos espacios verdes que aún no han sido construidos, o predios con poca edificación y mucho terreno sin utilizar. Para establecer si en esta zona es permitido el funcionamiento de este tipo de actividad productiva se hizo una investigación sobre el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Santiago de Cali, incluida en el Anexo A de este documento, donde se determinó que sí es compatible con el uso del suelo de dicha zona.

Con base en esto, la zona del Corredor Cali – Jamundí se definió como la más adecuada para efectos de eficiencia en la recolección y el transporte de los residuos orgánicos a aprovechar. Para esta segunda alternativa se debían

averiguar todas las variables y factores que implica la construcción de una planta de aprovechamiento, entre estos el costo del alquiler del terreno donde iba a operar, la inversión de la construcción y puesta en funcionamiento de la planta, el costo del transporte desde las empresas hasta la planta, etc.

**6.3.5 Análisis de viabilidad de las alternativas locativas.** En esta etapa, se debe elegir la alternativa locativa que más se ajuste a las necesidades del proyecto. En este caso se debe seleccionar la alternativa que implique menores costos de inversión y mantenimiento.

Dado que la mayor restricción de este proyecto son los costos de transporte de los residuos, la alternativa con mayor viabilidad para este proyecto es la de diseñar una planta de aprovechamiento que funcione en un terreno cercano al área donde se encuentran ubicadas las empresas del Plan Vecinos. Es decir, la segunda alternativa locativa documentada.

La alternativa del Ingenio se descartó porque esta planta queda a más de dos horas de viaje partiendo desde las empresas del Plan Vecinos. Esta no es una opción viable y menos cuando la recolección de los residuos debe hacerse diariamente, los siete días de la semana. Una de las razones que motivó el desarrollo de este proyecto es la creación un plan que permita disminuir los costos actuales que asumen las empresas involucradas por la correcta disposición de sus residuos (transporte hasta el relleno sanitario regional), situación que no se presenta si se llegara a realizar un contrato con la planta del Ingenio para depositar allá los residuos del Plan Vecinos para su posterior aprovechamiento.

Por esta razón, el proyecto continúa con el desarrollo de la segunda alternativa locativa para el plan de aprovechamiento, es decir, la evaluación de la construcción de una planta de aprovechamiento hecha a la medida para las empresas del Plan Vecinos en un sector cercano a las empresas.

Todo el análisis anterior se tuvo en cuenta para el diseño de la ruta de recolección de los residuos, de antemano se sabía que transportarlos hasta una planta que se encontrara al otro extremo de la ciudad no era una opción para este proyecto.

**6.3.6 Métodos de aprovechamiento de la planta.** En esta parte del proyecto inicia el desarrollo y la documentación del cuarto objetivo específico planteado, el

establecimiento de los requerimientos técnicos y económicos de los diferentes métodos de aprovechamiento y el diseño de la planta con base en éstos. Como primera actividad para la consecución de este objetivo, se documentan los métodos de aprovechamiento escogidos después de una ardua investigación de todos los métodos y de los casos exitosos locales estudiados.

Después de recolectar toda la información respecto a los métodos de aprovechamiento se decidió que sólo se considerarían como opciones los métodos de compostaje aerobios que se adaptarían a las necesidades del Plan Vecinos. Los métodos de compostaje anaerobios fueron descartados debido a que su función principal es la producción de energía en forma de gas metano que además genera como subproducto lodos contaminados. Lo que se pretende con el proyecto es aprovechar los residuos con la generación de compost.

Los métodos que serán comparados entre sí con el fin de elegir el más adecuado y eficiente para el proyecto, son: compostaje en hileras con volteo manual y lombricultivo. Las razones por las cuales fueron escogidos, es decir, sus fortalezas en relación con el proyecto, se documentan a continuación.

**6.3.6.1 Compostaje en hileras con volteo manual.** Este es uno de los métodos más antiguos de compostaje así como uno de los más sencillos. Por ser un proyecto de bajo presupuesto este método se ajusta muy bien pues sus costos de inversión y operacionales son generalmente bajos en comparación con otros métodos de compostaje aerobio que exigen sistemas más mecanizados y automatizados, lo que implica mayor inversión y costos de funcionamiento.

En términos ambientales, es un método sensible a la temperatura y a la humedad por lo que su diseño debe ser cubierto (bajo techo). Gracias a su fácil implementación y a sus óptimos resultados es quizás el método de compostaje más usado de todos.

Este compost puede ser usado para mantener el nivel de humedad de los suelos gracias a la alta capacidad de retención de agua característica de este tipo de enmiendas, por este motivo es ideal para evitar la erosión de los suelos, también se utiliza para la recuperación de terrenos improductivos gracias a su carga nutricional, mejora la resistencia de las plantas a patógenos y por último sirve para

la recuperación de suelos contaminados pues tiene la capacidad de degradar los contaminantes gracias a su actividad microbiana<sup>22</sup>.

**6.3.6.2 Lombricultivo.** Las lombrices son grandes comedoras de tierra, cada día comen una cantidad igual a su peso. Al hacer esto remueve, airea y mezcla mucho más tierra que la más moderna maquinaria (sin hacer uso del petróleo ni de mano de obra).

Sin embargo, lo más importante es la transformación que hace de la tierra. La tierra que pasa por su cuerpo es transformada, llegando a tener, en alimentos asimilables por las plantas, 5 veces más nitratos, 7 veces más fósforo, 11 veces más potasio, 2 veces más calcio y 2 veces más magnesio que un suelo común.

La especie utilizada para este tipo de actividades es la *Eisenia Foétida*, una lombriz extraordinariamente prolífera, trabajadora y resistente al estrés; ha logrado trabajar en densidades de 50.000 a 60.000 lombrices por metro cuadrado, cifra que ninguna lombriz salvaje está en condiciones de resistir.

Vive en cautiverio sin moverse de su lecho, madura sexualmente entre el segundo y tercer mes de vida, depositando cada 7 a 10 días una cápsula con un contenido promedio de 10 huevos, pudiendo llegar a 20, los que después de 14 a 21 días de incubación eclosionan, originando lombrices en condiciones de moverse y nutrirse de inmediato.

Esta lombriz acepta con gran voracidad todo tipo de desechos agropecuarios (estiércol, podas, residuos de hortalizas y frutas, malezas, etc.), también se pueden utilizar desechos orgánicos de la industria (como los del Plan Vecinos), la ciudad, mataderos y otros.

Todas estas razones convierten a las lombrices en un anélido adecuado para la transformación de residuos orgánicos en humus de alta riqueza nutritiva para las plantas y cultivos.

Éste método también requiere ser llevado a cabo bajo techo, pues la humedad de los residuos debe estar alrededor del 70%, si aumenta las lombrices podrían

---

<sup>22</sup> THEISEN, Hilary; TCHOBANOGLIOUS, George y VIGIL, Samuel. Gestión integral de residuos sólidos. México: McGraw-Hill, 1998, vol. 2. p. 785.

ahogarse. Además requiere de unos cajones elaborados en guadua de manera que permitan el escurrimiento de lixiviados que serán recolectados y utilizados como abono orgánico.

Por último, dada la tasa reproductiva de la lombriz se pueden aprovechar los excedentes poblacionales para obtener harina, la que ha demostrado ser un alimento de alto valor nutricional utilizable en la alimentación de salmones, pollos, vacunos, y de cualquier animal. Incluso si es desodorizada y decolorada se puede incorporar al consumo humano, como de hecho sucede en algunos países asiáticos e incluso en Estados Unidos: se incorporan en cantidades que van hasta un 8% como complemento proteico en las hamburguesas de una conocida cadena de comida rápida, y todo esto ocurre con la autorización de la exigente y restrictiva Secretaría Ministerial para las Drogas y Alimentación<sup>23</sup>.

**6.3.7 Planta de aprovechamiento de los residuos orgánicos.** La siguiente actividad para la consecución del cuarto objetivo específico, está relacionada con el diseño de la planta de aprovechamiento de los residuos orgánicos del Plan Vecinos. Este diseño resulta del análisis de los requerimientos de los métodos de compostaje a llevarse a cabo en la planta y de los datos de generación de las empresas, que entre otras cosas determinan la cantidad de residuos disponibles para la operación de la planta. Esta actividad, a su vez, se compone de dos factores: el diseño del layout y los requerimientos técnicos y económicos resultantes.

**6.3.7.1 Layout de las instalaciones de la planta.** La distribución de la planta de aprovechamiento se diseñó teniendo en cuenta el tiempo que tardan ambos métodos de compostaje en terminar su ciclo de descomposición y entregar el producto terminado. Tanto la lombricultura como el compostaje en hileras tardan alrededor de 60 días para culminar sus ciclos.

Por otra parte, se cuenta con la información del consolidado de residuos del plan vecinos, que es aproximadamente de 1 Ton diaria. Este dato también se tuvo en cuenta a la hora de diseñar la distribución de la planta de aprovechamiento de este proyecto.

---

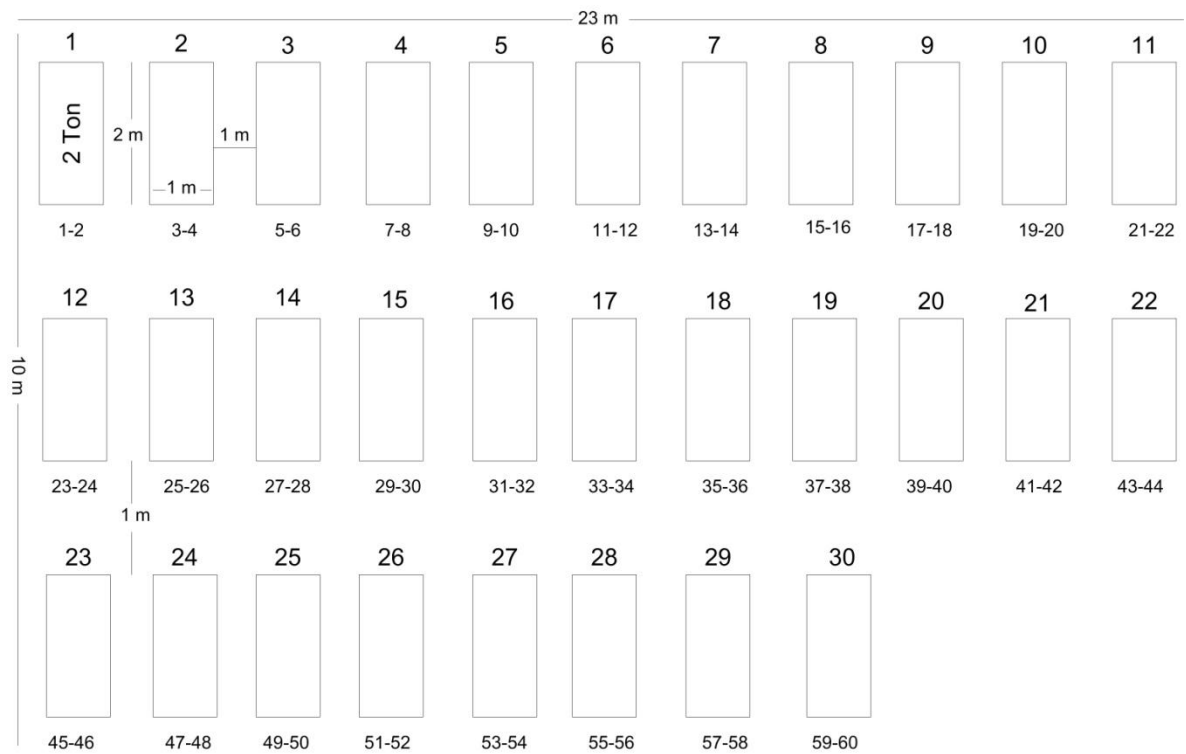
<sup>23</sup> AGROFLOR LOMBRICULTURA. Manual Lombricultura. Chile: AGROFLOR LOMBRICULTURA, 2005. 30 p.

Como se puede observar en la Figura 23, la distribución de la planta ubica 30 montículos o cajones para compostaje (según sea el método), los cuales tienen una dimensión de 2 metros de largo por 1 metro de ancho, y de alto 50 cm en el caso del Lombricultivo, y la altura que den los residuos al ser esparcidos según su viscosidad (% de humedad) en el caso del compostaje. Estos cajones están separados por corredores entre cajones y entre hileras de 1 metro de ancho.

De esta manera cada cajón o hilera será completada con los residuos de 2 días (capacidad para 2 Ton) de manera que cuando se termine de llenar el montículo o cajón número 30 habrán pasado 60 días desde que se depositó el material en el primer cajón. A partir de este momento se procederá a vaciar el primer cajón que ya habrá completado su ciclo y se llenará con los residuos que lleguen en ese día.

La recolección de los residuos debe ser diaria por petición de las empresas y se hará recorriendo la ruta anteriormente establecida.

**Figura 23.** Layout de la planta de aprovechamiento



Tiempo apróx. De compostaje y lombricultivo = 60 días

Cantidad de residuos = 1 Ton/día

Fuente: Los autores

**6.3.7.2 Requerimientos técnicos y económicos de los métodos.** Para determinar la viabilidad de ambos métodos de compostaje es necesario conocer la inversión que requiere cada uno de ellos. A continuación se presentan los requerimientos técnicos y sus implicaciones económicas para la materialización del proyecto.

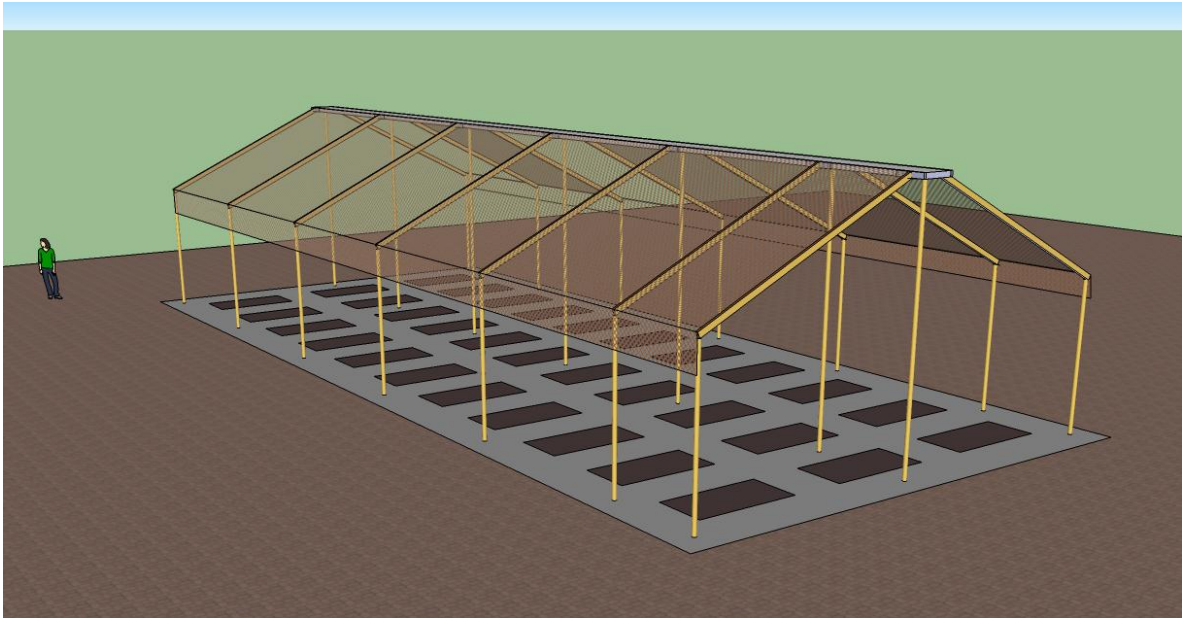
Según la distribución de planta se requiere un terreno de 10 m por 23 m, es decir, 230 m<sup>2</sup> para ubicar las 30 hileras con los corredores correspondientes (mencionados en la Figura 22), independientemente del método evaluado pues se requiere el mismo espacio para ambos.

Adicionalmente, ambos métodos requieren la construcción de un techo en polietileno transparente tipo invernadero (resistente a la luz ultravioleta y a la humedad) que evite que llueva sobre los residuos en proceso de compostaje pues esto afectaría la variable humedad. Esta última puede influir negativamente sobre el desarrollo del proceso de aprovechamiento; en el caso del lombricultivo, podrían ahogarse las lombrices, y en el caso del compostaje en hileras, el agua ocuparía los poros que tiene el material desplazando el oxígeno y causando una descomposición anaerobia o proceso de putrefacción el cual genera olores muy fuertes, lixiviados contaminados y un compost pobre en nutrientes.

A continuación se presenta el listado de los requerimientos técnicos, de materiales y económicos que son comunes para ambos métodos de aprovechamiento.

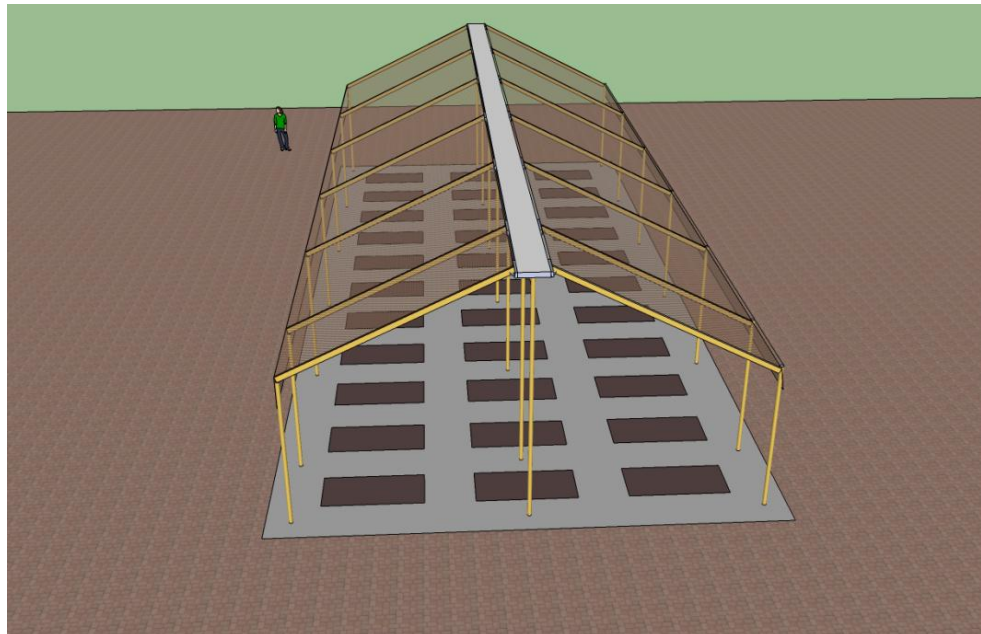
**1. Techo:** para el diseño del techo de esta planta, se requieren 256,7 m<sup>2</sup> de plástico para la cubierta, sin considerar que durante la construcción se pueden presentar imprevistos, por lo que se considera un factor o porcentaje adicional de desperdicio del 5%, es decir, 12,84 m<sup>2</sup>; por lo tanto, en total se requieren 269 m<sup>2</sup> de plástico. En las siguientes figuras se muestra el diseño de la planta de aprovechamiento propuesta, en donde se pueden observar cada uno de los materiales necesarios para su construcción.

**Figura 24.** Vista 3D lateral de la planta de aprovechamiento diseñada



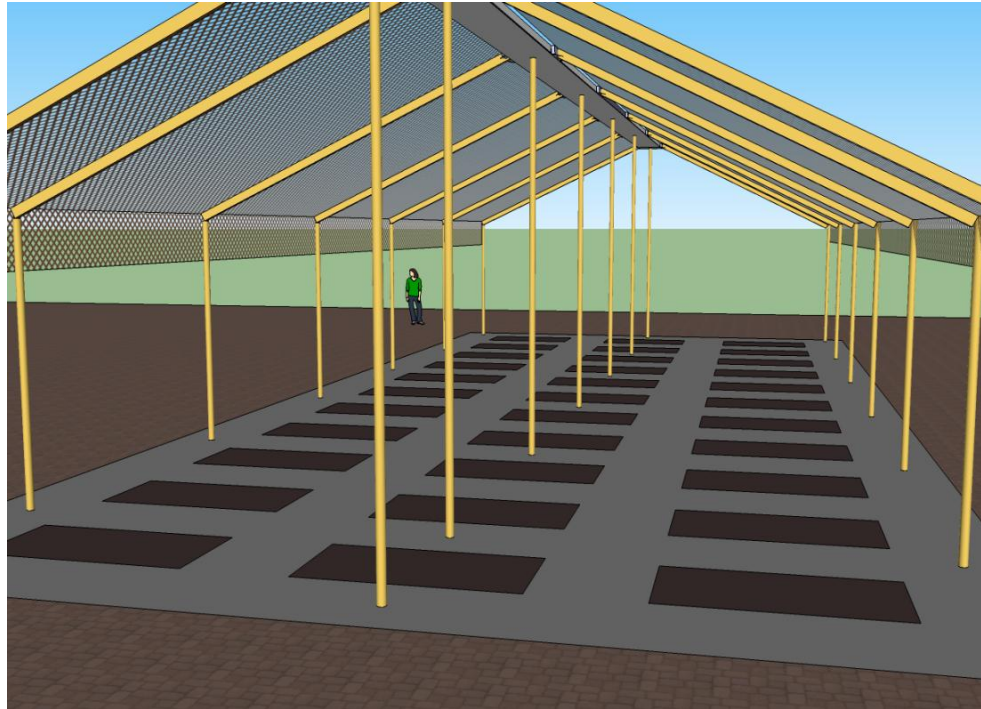
Fuente: Los autores

**Figura 25.** Vista 3D frontal superior de la planta de aprovechamiento diseñada



Fuente: Los autores

**Figura 26.** Vista 3D interior de la planta de aprovechamiento diseñada



Fuente: Los autores

- **Plástico del techo:** este plástico comercialmente se encuentra en una presentación de 10 metros de ancho, lo que significa que, para el proyecto, se requieren 27 metros lineales, cada metro tiene un costo de \$16.000, por lo que la inversión total para el plástico es de **\$432.000**.
- **Cinta de polietileno:** utilizada para la unión del plástico del techo, para lo cual se necesitará un rollo de 50 m que tiene un valor comercial de **\$8.000**.
- **Guadua:** se va a utilizar para armar la estructura del techo. Para este diseño se requieren 7 guaduas de 5 m para las columnas centrales, 14 guaduas de 3 m para las columnas laterales, y 14 guaduas de 5.38 m para las vigas del techo. Las guaduas comercialmente se encuentran en presentaciones de 3, 4 y 6 metros, así que se requiere la compra de 21 guaduas de 6 metros, las cuales tienen un precio de \$6.000/Und, y 14 guaduas de 3 metros las cuales tienen un precio de \$3.500/Und. La inversión total en guaduas es de **\$175.000**.

- **Mano de obra:** cotizamos con un maestro de obra el costo de construir la estructura del techo diseñado en este proyecto, el valor es de aproximadamente **\$1.000.000** por la realización del trabajo.

Con base en todos los requerimientos anteriores, el costo total del techo es de **\$1.615.000**.

**2. Carro recolector:** el vehículo a utilizar para la recolección diaria de los residuos, en ambos métodos, es una volqueta con capacidad de 6 m<sup>3</sup>, la cual cotizamos en \$70.000 pesos diarios por realizar el recorrido diseñado en el proyecto. Este valor puede variar, si se llega a un acuerdo de pago por mensualidad, lo que significaría un costo de **\$1.500.000 mensuales**, es decir, \$50.000 diarios.

**3. Terreno:** el requerimiento principal para la construcción de la planta de aprovechamiento es el terreno donde se va a llevar a cabo el compostaje. El área requerida para este proyecto es de 230 m<sup>2</sup>. Debido a que existe una restricción en el costo de transporte, el terreno en el cual se lleve a cabo el aprovechamiento debe estar cerca a las empresas del Plan Vecinos. Se ha pensado en hacer asociaciones con viveros que estén sobre la avenida Simón Bolívar los cuales poseen terrenos sin utilizar, con el fin de aprovechar las instalaciones de agua y energía que estos poseen. Indagando con expertos del tema (arquitectos y empresas inmobiliarias) hemos llegado a la conclusión que el alquiler de un terreno con estas características puede estar **entre \$1.000.000 y \$1.500.000 mensuales**.

**4. Unidad de almacenamiento para el transporte:** este diseño también requiere dos juegos de tambores (con capacidad de 50 kg cada uno), en los cuales se van a recoger los residuos en cada una de las empresas con el fin de facilitar el cargue y descargue, y evitar el derramamiento de lixiviados y de residuos a lo largo del recorrido. Estos tambores deben ser adquiridos por cada una de las empresas según su generación con base en la información detallada en el Cuadro 15.

**Cuadro 15.** Requerimientos de tambores

<b>Empresa</b>	<b>Residuos (kg/día)</b>	<b># Tambores</b>	<b>Inversión (\$)</b>
Fundación Valle del Lili	286	12	\$600.000
C.C. Jardín Plaza	180	8	\$400.000
C.C. Unicentro	200	8	\$400.000
Coca Cola - FEMSA	80	4	\$200.000
La 14 Valle del Lili	300	12	\$600.000
<b>TOTAL GENERADO</b>	<b>1046</b>	<b>44</b>	<b>\$2.200.000</b>

Fuente: Los autores

Ahora se presenta la discriminación de los costos que dependen del método de compostaje utilizado en la planta.

▪ **Compostaje en hileras con volteo manual:** para este método sólo se incluye un costo adicional:

1. **Mano de obra de la planta:** este método requiere una persona que supervise el proceso, reciba los residuos, voltee las pilas, controle la humedad, entre otras actividades. A esta persona se le contratará por un salario mínimo mensual vigente, lo cual representará un costo mensual de **\$535.600**.

▪ **Lombricultura:** este método implica tres costos adicionales:

1. **Lechos:** lo primero que se debe hacer es la construcción de los lechos donde se esparcirán las lombrices, para esto se necesitan 6 guaduas de 3 metros por cada cama, para un total de 180 guaduas lo cual genera una inversión de **\$630.000** en total.

2. **Lombrices:** estas deben adquirirse para la realización de este método. Se recomienda sembrar 2000 lombrices por m<sup>2</sup>, es decir, 2 kg/m<sup>2</sup> para un óptimo rendimiento. La lombriz roja Californiana (Eisenia Foetida) en Colombia se encuentra comercialmente a \$4.000 por kg. Las camas del diseño de la planta propuesto tienen un área de 2m<sup>2</sup> lo que significa una inversión de \$8.000 por cama, para un total de **\$240.000** por las 30 camas.

3. **Mano de obra:** en este método también es necesario contratar a una persona que reciba los residuos, aliste los tarros, prepare el alimento para las lombrices, controle las distintas variables del proceso como humedad y temperatura, se encargue de la reproducción y partición poblacional de lombrices y retire el humus cuando haya culminado su proceso. Esta persona tendrá un costo equivalente a un salario mínimo mensual vigente de **\$535.600**.

Los siguientes cuadros resumen la información de la inversión inicial requerida para cada uno de los métodos evaluados.

**Cuadro 16.** Inversión para planta con compostaje en hileras con volteo manual

Requerimiento	Cantidad	Precio (\$/und)	Costo Total (\$)
Plástico (Polietileno) (m)	27	16,000	432,000
Cinta de polietileno (rollo)	1	8,000	8,000
Guadua 6 metros	21	6,000	126,000
Guadua 3 metros	14	3,500	49,000
Maestro de Obra	1	1,000,000	1,000,000
<b>Costo total del Techo</b>			<b>\$ 1,615,000</b>
Tambores para residuos	44	50,000	2,200,000
<b>Total Inversión</b>			<b>\$ 5,430,000</b>

Fuente: Los autores

**Cuadro 17.** Inversión para planta con lombricultivo

Requerimiento	Cantidad	Precio (\$/Und)	Costo Total (\$)
Plástico (Polietileno) (m)	27	16.000	432.000
Cinta de polietileno (rollo)	1	8.000	8.000
Guadua 6 metros	21	6.000	126.000
Guadua 3 metros	14	3.500	49.000
Maestro de Obra	1	1.000.000	1.000.000
<b>Costo total del Techo</b>			<b>\$ 1.615.000</b>
Tambores para residuos	44	50.000	2.200.000
Guadua 3 metros	180	3.500	630.000
Lombrices (Kg)	60	4.000	240.000
<b>Total Inversión</b>			<b>\$ 6.300.000</b>

Fuente: Los autores

El costo mensual de mantenimiento de la planta es el mismo independientemente del método de aprovechamiento a utilizar. Estos costos se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 18.** Costo mensual de mantenimiento de la planta para ambos métodos

Requerimiento	Cantidad	Precio (\$/Und)	Costo Total (\$)
Volqueta	1	1,500,000	1,500,000
Alquiler Terreno	1	1,200,000	1,200,000
Trabajador	1	535,600	535,600
<b>Total costo mensual</b>			<b>\$3,235,600</b>

Fuente: Los autores

**6.3.8 Análisis financiero del proyecto.** Con esta última etapa del desarrollo del proyecto se le da cumplimiento al quinto y último objetivo específico planteado, la evaluación de la viabilidad económica de la construcción de una planta con los diferentes métodos de aprovechamiento. Aquí se van a mostrar los cálculos financieros relevantes que definirán si la propuesta del proyecto tiene oportunidades viables de implementación, o si, por el contrario, no es aconsejable llevarlo a la práctica porque todavía hay aspectos por mejorar.

**6.3.8.1 Indicadores financieros para cada método de aprovechamiento.** Con base en los requerimientos técnicos y económicos de cada uno de los métodos evaluados, se hará el correspondiente análisis financiero mediante el cálculo del periodo de recuperación de la inversión inicial, y la definición si esto dejará ingresos o utilidades adicionales.

Los flujos de efectivo positivos del proyecto corresponderán únicamente al ahorro que se generará para cada una de las empresas al no tener que pagar por que sus residuos sean dispuestos en el relleno sanitario de la ciudad y al ahorro que tendrán al reemplazar la inversión que realizan en abonos tradicionales por el uso del compost producido en la planta de aprovechamiento.

El compost resultante de dicha planta no podrá ser comercializado pues no se cuenta con certificación ante el ICA, la cual tomaría entre dos y tres años para lograrse, tiempo durante el cual el compost tampoco podría ser comercializado.

Por esta razón y debido a la necesidad expresa de las empresas pertenecientes al Plan Vecinos, se determinó que la producción de la planta de aprovechamiento será utilizada para el mantenimiento de las zonas verdes de cada una de las empresas, de esta manera se ahorrarán el costo de los fertilizantes que actualmente utilizan.

Para el cálculo de los ahorros respecto a la disposición de los residuos se tomará como base el costo pagado por la Fundación Valle del Lili para dicha labor (\$52.000/Ton) excepto para Jardín Plaza quien proporcionó la información exacta al respecto, y Unicentro quien tiene un acuerdo de precio fijo por la disposición de todos sus residuos, es decir, el compostar estos residuos no generará un ahorro en este caso.

En el Cuadro 19 se presentan las cantidades producidas y el precio a pagar por su disposición para cada una de las empresas.

**Cuadro 19.** Costo actual de disposición de los residuos generados

Empresa	Cantidad	Precio (\$/Ton o \$/m <sup>3</sup> )	Costo Total (\$)
Fundación Valle del Lili	8,5 Ton	52000	442.000
C.C. Jardín Plaza	26 m <sup>3</sup>	25000	650.000
Coca Cola - FEMSA	2,4 Ton	52000	124.800
La 14 Valle del Lili	9 Ton	52000	468.000
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 1,684,800</b>

Fuente: Los autores

Para el ahorro que se generará por el reemplazo de los abonos tradicionales por el compost tomaremos los datos de la Fundación Valle del Lili como el punto de referencia para realizar el análisis, este es de \$30.000 mensuales, que al multiplicarlo por las 5 empresas serían \$150.000 mensuales.

Al sumarle dicho ahorro al ahorro por disposición tenemos un ahorro total mensual de \$1.834.800 para el Plan Vecinos.

En el caso del lombricultivo cada 90 días como mínimo la población de lombrices se duplica si el criadero ha sido bien manejado, para mantener dicha tasa

reproductiva deberá mantenerse baja la densidad poblacional por lo que deberán retirarse las lombrices y ser comercializadas.

Esto generaría una ganancia de \$240.000 cada dos meses, lo cual equivale a \$120.000 mensuales.

El indicador financiero a evaluar, el periodo de recuperación de la inversión (PRI) será calculado para ambos métodos.

- **Compostaje en hileras con volteo manual:** los siguientes son los cálculos del periodo de recuperación de la inversión (PRI) para este método de aprovechamiento.

Inversión inicial = \$5.430.000

Flujo de caja mensual = \$1.834.800 (ahorro) – \$3.235.600 (Mtto.<sup>24</sup> Mensual)

Flujo de caja mensual = -\$1.400.800

$$\text{PRI} = \frac{5.430.000}{-1.400.800} = -3.876$$

El signo negativo en el periodo de recuperación de la inversión significa que la inversión nunca será recuperada, esto se debe a que no existen flujos positivos de dinero porque el costo de mantenimiento mensual es mayor que los ahorros generados por la planta.

- **Lombricultivo:** los siguientes son los cálculos del periodo de recuperación de la inversión para este método de aprovechamiento.

Inversión inicial = \$6.300.000

Flujo de caja mensual = \$1.834.800 (ahorro) + \$120.000 (Venta de lombrices) - \$3.235.600 (Mtto. Mensual)

Flujo de caja mensual = -\$1.280.800

---

<sup>24</sup> Nota de los autores: Mtto es la abreviación utilizada para la palabra Mantenimiento.

$$\text{PRI} = \frac{6.300.000}{-1.280.800} = - 4.918$$

En este caso también podemos observar que la inversión inicial nunca es recuperada debido a que los costos de operación mensuales son mayores que los ingresos mensuales generados por la planta de aprovechamiento.

Este análisis presentado corresponde al cálculo financiero del funcionamiento de la planta sin tener en cuenta ingresos por la comercialización del abono producido, esto por la restricción ya mencionada sobre el tiempo y costo de certificación ante el ICA que dura entre 2 y 3 años aproximadamente. El otro escenario a considerar, es que la planta realice el proceso de certificación, y pueda después de 2 años empezar a comercializar su producto terminado.

Esta certificación ante el ICA es importante para que el compost pueda ser comercializado pues dicho registro es el que certifica que el producto final es un material que no genera contaminación de alimentos y otros productos agrícolas, son la garantía de calidad del compost (Resolución 0375 de 2004 – Registro ICA) que asegura que su uso es inocuo.

Para evaluar el escenario económico del funcionamiento de la planta una vez se obtenga la certificación del ICA para comercializar el producto obtenido (compost) se necesitan los datos de producción de abono mensual y el precio de comercialización del compost o humus. El Diagnóstico Sectorial a Plantas de Aprovechamiento de Residuos Sólidos realizado a nivel nacional por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios presenta un marco de referencia y antecedentes frente a la eficiencia de producción del abono a partir de plantas de aprovechamiento que actualmente funcionan en el país, y, de igual forma, sobre el precio de comercialización que se maneja a nivel nacional.

La información sobre el rendimiento de producción o eficiencia del proceso de producción del compost a partir de residuos orgánicos establece que el promedio de eficiencia es del 33%<sup>25</sup>; es decir, en promedio el 33% de la materia prima que se utiliza en el proceso de aprovechamiento se convierte en compost o humus producido (es el mismo valor para ambos casos).

---

<sup>25</sup> SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS. Op. cit., p. 32

Por otra parte, en lo concerniente al precio de comercialización del compost y humus se determinaron, a nivel nacional, tres valores representativos en el mercado: el precio mínimo, el promedio y el máximo. Como este proyecto se trabajó en términos de toneladas, los precios por tonelada de compost o humus vendido son los siguientes<sup>26</sup>:

**Cuadro 20.** Precios de comercialización del compost y humus

Unidad	Precio		
	Máximo	Promedio	Mínimo
\$/Ton	250.000	143.594	75.000

Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Diagnóstico Sectorial, Plantas de Aprovechamiento de Residuos Sólidos.

Como se definió en el diagnóstico de las empresas del Plan Vecinos, la cantidad de residuos orgánicos mensuales generados son aproximadamente 31,38 toneladas. Teniendo en cuenta la eficiencia o rendimiento de producción de los abonos a partir de residuos orgánicos (33%) se establece que la cantidad de compost o humus que se produciría mensualmente en la planta de aprovechamiento es de 10,36 toneladas aproximadamente.

Con base en los datos anteriores se pueden calcular los ingresos mensuales que tendría la planta a partir de la comercialización del abono que produciría, una vez se hayan certificado con el ICA. Estos se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 21.** Ingresos por comercialización del abono en la planta

Cantidad (Ton)	Ingresos mensuales (\$)		
	Mínimo	Promedio	Máximo
10,36	2.590.000	1.487.634	777.000

Fuente: Los autores

---

<sup>26</sup> Ibíd., p. 31.

A continuación evaluaremos esta alternativa utilizando el indicador PRI (Periodo de recuperación de la inversión) para ambos métodos de aprovechamiento utilizando para tal fin el ingreso promedio del cuadro 21.

- **Compostaje en hileras con volteo manual:** los siguientes son los cálculos del periodo de recuperación de la inversión (PRI) para este método de aprovechamiento bajo el supuesto de estar certificados por el ICA.

Inversión inicial = \$5.430.000

Flujo de caja mensual = \$1.834.800 (ahorro) + \$1.487.634 (venta abono) – \$3.235.600 (Mtto.<sup>27</sup> Mensual)

Flujo de caja mensual = -\$86.834

$$\text{PRI} = \frac{5.430.000}{-86.834} = -62.533$$

Como podemos observar, al igual que en las evaluaciones anteriores el signo negativo significa que no habrá recuperación de la inversión inicial pues los gastos mensuales superan a los ingresos mensuales.

- **Lombricultivo:** los siguientes son los cálculos del periodo de recuperación de la inversión para este método de aprovechamiento.

Inversión inicial = \$6.300.000

Flujo de caja mensual = \$1.834.800 (ahorro) + \$1.487.634 (venta abono) + \$120.000 (Venta de lombrices) - \$3.235.600 (Mtto. Mensual)

Flujo de caja mensual = \$206.834

$$\text{PRI} = \frac{6.300.000}{206.834} = 30.45$$

En este caso la inversión será recuperada en 30.45 meses, es decir en 2.53 años, ya que se logra tener un flujo de efectivo promedio mensual de \$ 206.834. Sin embargo aún no se han incluido los costos de comercialización (Canal de venta y

---

<sup>27</sup> Nota de los autores: Mtto es la abreviación utilizada para la palabra Mantenimiento.

transporte hasta el sitio de venta) y el costo de la certificación ante el ICA, costos que una vez más harían inviable la propuesta.

Comparando estos ingresos totales con el costo mensual de mantenimiento de la planta para ambos métodos se puede corroborar que para ninguno de los escenarios de precios planteados es viable poner en funcionamiento la planta, pues los ingresos no alcanzan para cubrir los costos mensuales que son de \$3'235.600.

**6.3.8.2 Elección del método de aprovechamiento más viable.** Con base en los cálculos anteriores, se puede afirmar que ninguno de los dos métodos resulta rentable para el problema que se busca solucionar, esto por los altos costos de transporte y de alquiler del terreno en los que se debe incurrir para lograr el aprovechamiento en un lugar externo a las instalaciones de cada una de las empresas que hacen parte del proyecto.

Por esta razón no se va a elegir ninguno de los dos métodos bajo estas circunstancias. Como se identificó que los dos factores que no permiten la viabilidad del proyecto son los altos costos de transporte y de alquiler del terreno, se propone a las empresas llevar a cabo estos métodos dentro de sus instalaciones como lo hace Unicentro (quien actualmente aprovecha, dentro del centro comercial, sus residuos orgánicos provenientes de las podas, sin incurrir en ningún costo y ahorrándose de esta manera la disposición de dichos residuos y la compra de abonos). Sin embargo, hay una restricción en las empresas frente a la posible construcción dentro de sus instalaciones de un espacio donde se realice el aprovechamiento de sus residuos orgánicos: el manejo y control ambiental de posibles impactos negativos (como por ejemplo vectores o lixiviados); por esto se propone que, de considerarse esta opción, las empresas realicen un plan de manejo ambiental adecuado para la construcción y el funcionamiento de sus respectivos centros de aprovechamiento de residuos orgánicos, con el fin de evitar situaciones no deseadas. Esto teniendo en cuenta que la producción de residuos orgánicos en cada una no es en grandes cantidades, por lo que el espacio requerido para la construcción de las plantas es considerablemente pequeño, como es el caso del aprovechamiento en el Centro Comercial Unicentro.

Para comprobar la viabilidad de esta opción realizaremos el mismo análisis económico pero suprimiendo los costos de transporte y de alquiler, e incluso teniendo en cuenta los costos de construcción de la estructura en guadua.

El indicador financiero a evaluar, nuevamente, es el periodo de recuperación de la inversión (PRI), calculado para ambos métodos bajo el supuesto de que cada una de las empresas realizará el aprovechamiento dentro de sus instalaciones.

- **Compostaje en hileras con volteo manual:** los siguientes son los cálculos del periodo de recuperación de la inversión para este método de aprovechamiento.

Inversión inicial = \$5.430.000

Flujo de caja mensual = \$1.834.800 (ahorro) – \$535.600 (Mtto. Mensual)

Flujo de caja mensual= \$1.299.200

$$\text{PRI} = \frac{5.430.000}{1.299.200} = 4.179$$

Esto significa que la inversión inicial será recuperada en 4 meses y 4 días, momento a partir del cual se tendrá una ganancia de \$1.299.200 mensual.

- **Lombricultivo:** los siguientes son los cálculos del periodo de recuperación de la inversión para este método de aprovechamiento.

Inversión inicial = \$6.300.000

Flujo de caja mensual = \$1.834.800 (ahorro) + \$120.000 (venta de lombrices) - \$535.600 (Mtto. Mensual)

Flujo de caja mensual = \$1.419.200

$$\text{PRI} = \frac{6.300.000}{1.419.200} = 4.439$$

Esto significa que la inversión inicial será recuperada en 4 meses y 13 días, momento a partir del cual se tendrá una ganancia de \$1.419.200 mensual.

- **Resultados:** el lombricultivo se demora 9 días más que el compostaje en hileras con volteo manual para recuperar la inversión pero a partir de ese momento empieza a dejar ganancias que superan a las del compostaje en hileras

por \$120.000 mensuales. Dada la pequeña diferencia económica entre las dos opciones, las empresas están en libertad de elegir el método que consideren más conveniente según la experiencia o conocimiento que tengan en cualquiera de los dos procesos.

Se debe tener en cuenta que la inversión que debe hacer cada una de las empresas es proporcional a la cantidad de residuos que generen, sin embargo, esto no afecta los resultados obtenidos del análisis económico.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta es la última etapa del proyecto, en donde, con base en el desarrollo documentado, se presentan las respuestas a la problemática planteada al inicio del documento, y se hacen las observaciones pertinentes frente al objeto de estudio del mismo.

El objetivo principal del proyecto es realizar una evaluación económica de un plan de clasificación, transporte y aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en las empresas del Plan Vecinos. La finalidad de dicho objetivo es dar respuesta a la problemática que es objeto de estudio del proyecto. Para esto se debía primero analizar la situación actual de las empresas (separación y clasificación en la fuente), y con base en esto diseñar las demás fases y actividades que implicaba el objetivo mencionado (transporte y aprovechamiento).

Por lo anterior, las conclusiones y recomendaciones se van a especificar para cada una de las fases anteriormente mencionadas.

### 7.1 CONCLUSIONES

La creación de un centro de aprovechamiento diseñado exclusivamente para las empresas pertenecientes al Plan Vecinos (teniendo en cuenta las restricciones e implicaciones económicas del transporte de los residuos generados por estas empresas, y los requerimientos económicos de una planta de aprovechamiento externa a las instalaciones de cada una de ellas), no es una alternativa económicamente viable. Esto se pudo comprobar a través del desarrollo de este proyecto, que fue la herramienta diseñada para dar respuesta a la problemática analizada al inicio de este documento.

Los siguientes son los resultados encontrados para cada una de las fases relacionadas con el cumplimiento del objetivo del proyecto.

**7.1.1 Separación en la fuente de las empresas.** El diagnóstico de las empresas del Plan Vecinos permitió corroborar que éstas están desarrollando e implementando, desde hace varios años y dentro de sus políticas de gestión ambiental, planes internos de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Esto quiere decir que ya tienen adelantada e implementada una primera fase para la

realización del aprovechamiento de residuos orgánicos. Sin embargo, en este diagnóstico también se identificaron situaciones deficientes que requieren un fortalecimiento en los procesos de separación en la fuente de los residuos sólidos, especialmente en la separación de residuos orgánicos.

Se identificaron tres problemas principales, comunes para cada una de las empresas:

1. Falta de estandarización en la codificación de colores de los recipientes recolectores de residuos sólidos.
2. Deficiente señalización sobre el tipo de residuo sólido a depositar en cada uno de los recipientes recolectores.
3. Inconsistencia en la ubicación de los dúos de recipientes recolectores de material aprovechable y residuos ordinarios (los recipientes básicos recomendados por la normatividad vigente).

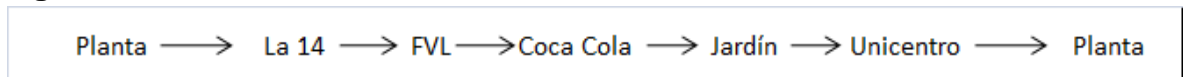
Estas deficiencias tienen incidencia directa sobre la generación de la cultura de separación en la fuente que se debe promover entre los trabajadores y usuarios de las empresas. Cultura que se genera a partir de la asociación de un estándar (que en este caso son los colores de los recipientes y su correspondiente señalización) con las actividades a realizar (la correcta separación en los recipientes destinados para cada tipo de residuo); si no hay procesos adecuados, se puede presentar contaminación cruzada en los residuos, lo que afectan la calidad y el potencial de aprovechamiento de los orgánicos a tratar. Y el otro factor es que si no se ubican los recipientes mínimos para realizar un proceso de separación en la fuente el resultado va a ser el mismo, se van a depositar mezclados todos los residuos sólidos, independientemente de su potencial de aprovechamiento o no.

**7.1.2 Recolección y transporte de los residuos orgánicos.** Como la propuesta de este proyecto es realizar el aprovechamiento de los residuos orgánicos en una instalación externa a las de las empresas del Plan Vecinos, debía considerarse la forma en que los residuos serían transportados hacia la planta de aprovechamiento. Por medio de un método de ruteo se obtuvo el recorrido de recolección más eficiente, desde el punto de vista de la menor

distancia total recorrida, que además implicaría menor tiempo empleado haciendo la ruta.

La ruta más eficiente encontrada, diseñada para durar aproximadamente 38 minutos incluyendo las paradas de 5 minutos en cada empresa, se presenta en la siguiente figura:

**Figura 27.** Secuencia de la ruta de recolección de los residuos.



Fuente: Los autores

Este transporte de los residuos implica la contratación de un vehículo que haga los recorridos diarios con sus respectivas paradas en las empresas. Los costos de contratación mensual de este servicio son muy altos, lo que lo hace un factor crítico en la evaluación de viabilidad de la propuesta.

Estos altos costos no permiten llevar a cabo el aprovechamiento de manera rentable, ni mucho menos minimizar los costos que actualmente asumen las empresas por el transporte de sus residuos hasta el relleno sanitario. Desde este punto de vista, las políticas ambientales parecen favorecer la disposición de residuos en los rellenos sanitarios (acortando su vida útil) al permitir que las empresas externalicen los costos ambientales de sus actividades de manera que todos los ciudadanos terminen pagando por la cantidad de residuos que las empresas generen y el daño ambiental que estos causen, si tal vez existieran multas, impuestos o cualquier otro instrumento que permitiera la internalización de estos costos en las empresas la evaluación económica de este tipo de proyectos seguramente sería distinta; probablemente se preferiría asumir el costo aquí planteado al de una sanción por parte de las autoridades correspondientes pues seguramente este último sería un valor mucho más elevado.

No obstante, hay otros dos escenarios a evaluar para determinar si lo propuesto es una alternativa viable o no para las empresas: el beneficio ambiental desde el punto de vista de responsabilidad empresarial ambiental, y la posible comercialización del compost si la planta operara con la certificación del ICA.

Para lo primero, se deben considerar los beneficios frente al cumplimiento de las políticas que las empresas del Plan Vecinos han planteado en su Responsabilidad Empresarial Ambiental. Dado que la realización del centro de aprovechamiento de residuos orgánicos para el Plan Vecinos no proyecta rentabilidad alguna bajo los supuestos analizados, se considera el escenario en el que los beneficios ambientales y de responsabilidad social podrían cubrir el problema de rentabilidad económica para estas organizaciones. Sin embargo, este no es el caso de estas empresas, pues su interés particular en estos momentos es disminuir los costos en los que incurren por la disposición de sus residuos en el relleno sanitario, y manifiestan que no están dispuestas a asumir costos más grandes por llevar a cabo el proyecto de aprovechamiento de residuos orgánicos, sobretodo porque la inversión no proyecta un panorama de recuperación económica.

El otro escenario también se descarta como una opción viable para llevar a cabo el proyecto pues la proyección de los ingresos que podría tener la planta de aprovechamiento con la comercialización del abono producido bajo la certificación del ICA no es superior a los gastos mensuales de operación de la planta (revisar el Anexo B presentado al final del documento sin mencionar que no se tuvieron en cuenta los costos de comercialización (Canal de ventas y transporte hasta el sitio de venta).

**7.1.3 Aprovechamiento de los residuos orgánicos.** Este es el factor más importante de toda la evaluación de viabilidad hecha, la determinación de la viabilidad de construcción de una planta de aprovechamiento de residuos orgánicos para el Plan Vecinos. De las dos alternativas locativas que se tenían para materializar esta fase, se concluyó que hacer una conexión con el Ingenio Riopaila-Castilla para aprovechar los residuos del Plan Vecinos en su planta de aprovechamiento en Candelaria no era una opción adecuada pues la ubicación del ingenio es en el otro extremo de la ciudad, y los costos de transporte diario de los residuos hacia ese municipio son muy altos, situación que no es deseada para este proyecto.

Por lo anterior, el proyecto se enfocó en el diseño de una planta de aprovechamiento con capacidad para la totalidad de los residuos generados por el Plan Vecinos. Para esto se hizo el análisis de los requerimientos técnicos, de materiales y económicos que implica la construcción de una nueva planta. Para efectos de viabilidad mediante la disminución de costos de transporte, el sitio escogido para la construcción de la planta fue un sector cercano a la localización de las empresas (sector Valle del Lili); se definió como zona de referencia la recta

que comunica a Cali con Jamundí, ya que esta es un área de expansión urbana en la que los costos del alquiler de terrenos son menores en comparación con otros puntos cercanos en el sur de la ciudad, y dado que es una zona donde el uso del suelo definido por el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad es compatible con el que se le piensa dar en este caso (revisar el Anexo A presentado al final de este documento).

El análisis hecho permitió concluir que los costos del alquiler de un terreno de las dimensiones requeridas para el proyecto (230 m<sup>2</sup>) son muy altos, lo que afecta la viabilidad económica del proyecto (se aumentan los costos, cuando la situación deseada es la contraria). Adicionalmente, se encontró que los costos totales de inversión y de mantenimiento de operación de la planta están por fuera del presupuesto de costos que las empresas estarían dispuestas a asumir para la implementación de esta propuesta.

La conclusión de todos los análisis y cálculos hechos es que no es viable llevar a cabo el aprovechamiento de los residuos orgánicos por fuera de las instalaciones de las empresas del Plan Vecinos, ya que esto implica los dos grandes costos que hacen que no haya rentabilidad ni ahorro alguno: el transporte y el mantenimiento de la planta. Sin embargo, si en un futuro entran en vigencia normas más estrictas acerca de la generación y disposición final de residuos, estos costos pueden llegar a ser compensados por la importancia que tendría la prevención de multas o castigos que puedan sufrir por parte de las autoridades.

**7.1.4 Propuesta final.** Con base en todo lo anterior, y teniendo en cuenta que el aprovechamiento de los residuos orgánicos es una necesidad ambiental y social en nuestra ciudad, se hizo el análisis de una propuesta que permitiera llevar a cabo el aprovechamiento de los residuos del Plan Vecinos sin incurrir en altos costos y obteniendo, por el contrario, grandes beneficios.

Después de haber descartado la propuesta del aprovechamiento de los residuos en instalaciones diferentes a las de las empresas, se evaluó la puesta en marcha de un centro de aprovechamiento que se encontrara ubicado en los predios de las empresas del Plan Vecinos, lo que permite la supresión de los costos de transporte y de alquiler de un terreno por fuera. Esta propuesta no sólo dio como resultado menores costos de inversión y mantenimiento, sino que también se pudo calcular un tiempo de recuperación de la inversión y de obtención de utilidades

(ahorros y beneficios), que es la situación deseada para las empresas involucradas.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

Durante la realización del proyecto identificamos una serie de oportunidades de mejora relacionadas con el objeto de estudio del mismo. Unas están relacionadas con el proyecto en su conjunto, y otras con las empresas participantes del proyecto (Plan Vecinos).

La propuesta global de este proyecto es una muestra de las iniciativas que se están presentando actualmente en diversos sectores de la ciudad preocupados por el tema de impacto ambiental que se está teniendo con el manejo de los residuos sólidos generados. La evaluación hecha y los resultados obtenidos pueden utilizarse como aportes en el conocimiento que se tiene acerca de las implicaciones de materializar un centro de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en la ciudad. Nuestra recomendación es que se continúe con este tipo de proyectos, tomando los que ya están hechos como punto de referencia para incluir mejoras o explorar nuevas alternativas y metodologías.

Este proyecto puede continuarse con el fin de llevar a cabo la implementación de lo ya analizado, se pueden diseñar puntos de aprovechamiento dentro de las empresas del Plan Vecinos, profundizando en el diseño de los procesos, de la distribución de planta que se debe hacer, en el estudio de manejo ambiental que se debe tener, en los requerimientos económicos y presupuestos respectivos, entre otros factores. Esto es posible ya que se cuenta con el estudio de las mejoras que se deben hacer en los procesos de separación en la fuente de las empresas, el análisis de viabilidad económica, el listado de requerimientos técnicos de la materialización de la planta, entre otros aportes que se encuentran documentados en este proyecto.

Las recomendaciones a las empresas del Plan Vecinos es que implementen las mejoras propuestas en este proyecto, reforzando lo propuesto con lo recomendado por la normatividad local vigente (PGIRS para instituciones, supermercados, almacenes de cadena, etc.). Esto hará mucho más eficientes sus procesos de separación y clasificación de los residuos orgánicos, lo que potenciará aún más su aprovechamiento. Así como también que continúen con este tipo de iniciativas que permiten generar un gran impacto en la comunidad y en la ciudad en general. Este se puede convertir en un modelo a seguir por demás

empresas e instituciones del sector comercial e industrial, que más adelante podrá expandirse a la sociedad de la ciudad.

## GLOSARIO

**ACOPIO:** es la acción tendiente a reunir residuos sólidos en un lugar determinado y apropiado para su recolección, tratamiento o disposición final.

**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.

**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, reciclaje, la incineración 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.

**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.

**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.

**GENERACIÓN:** es la acción de producir residuos sólidos a través de procesos productivos o de consumo.

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

**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.

**MICROORGANISMO:** es cualquier organismo vivo de tamaño microscópico, incluyendo bacterias, virus, levaduras, hongos, actinomicetos, algunas algas y protozoos.

**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.

**RECOLECCIÓN SELECTIVA:** es recolectar los residuos sólidos de manera separada en orgánicos, inorgánicos y de manejo especial.

**RECICLAJE:** es la transformación de residuos sólidos a través de procesos que permiten elaborar nuevos envases, empaques y productos.

**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 los residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos

ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final.

**RESIDUO DE MANEJO ESPECIAL:** es el objeto, material, sustancia o elemento que requiera sujetarse a planes de manejo específico con el propósito de seleccionarlo, acopiarlo, transportarlo, aprovechar su valor o sujetarlo a tratamiento o disposición final de manera ambientalmente adecuada y controlada.

**RESIDUO INORGÁNICO:** es todo residuo que no tenga características de residuo orgánico ni de manejo especial, y que pueda ser susceptible de un proceso de valorización para su reutilización y reciclaje.

**RESIDUO ORGÁNICO:** es todo residuo sólido biodegradable, es decir, que se integra al suelo en poco tiempo.

**RESIDUO SÓLIDO O DESECHO:** es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas.

**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 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.

**SEGREGACIÓN:** es la operación consistente en separar manual o mecánicamente los residuos hospitalarios y similares en el momento de su generación.

**SEPARACIÓN EN LA FUENTE:** es la clasificación de los residuos sólidos en el sitio donde se generan para su posterior recuperación.

**TRATAMIENTO:** es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos incrementando sus posibilidades de reutilización o para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana.

**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.

**USUARIO NO RESIDENCIAL:** es la persona natural o jurídica que produce residuos sólidos derivados de la actividad comercial, industrial o de servicios, y otros no clasificados como residenciales y se beneficia con la prestación del servicio de aseo.

**VALORIZACIÓN:** es agregar valor a un residuo a través de su debida separación, acopio y tratamiento, para hacer de él un objeto mayormente comercializable.

## BIBLIOGRAFÍA

ICONTEC. Trabajos Escritos. Presentación y referencias bibliográficas. Sexta Actualización. Bogotá, D.C: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2008

PINEDA M., Samuel Ignacio. Manejo y Disposición de Residuos Sólidos Urbanos. Bogotá, D.C.: Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (ACODAL), 1998.

PRIETO BOLÍVAR, Carlos Jaime. Basuras. Manejo y transformación, práctico-económico. 2 ed. Bogotá, D.C.: Ecoe Ediciones, 2003.

COLOMER MENDOZA, Francisco José y GALLARDO IZQUIERDO, Antonio. Tratamiento y gestión de residuos sólidos. México: Limusa, Universidad Politécnica de Valencia, 2007

THEISEN, Hilary; TCHOBANOGLOUS, George y VIGIL, Samuel. Gestión integral de residuos sólidos. México: McGraw-Hill, 1998, vols. 1-2.

BALLOU, Ronald. Capítulo 7: Decisiones sobre el transporte. En: Logística. Administración de la cadena de suministro. Quinta Edición. México: Pearson Educación, 2004. p. 225-247.

CÓRDOBA PADILLA, Marcial. Séptima unidad: Evaluación del proyecto. En: Formulación y Evaluación de Proyectos. Bogotá, D.C.: ECOE Ediciones, 2006. p. 353-376.

BACA CURREA, Guillermo. Evaluación Financiera de Proyectos. Bogotá: Fondo Educativo Panamericano, 2004.

## ANEXO A

### PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPAL: USO DEL SUELO CORREDOR CALI-JAMUNDÍ

El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del Municipio de Santiago de Cali, que se adoptó mediante el Acuerdo 069 de 2000, busca orientar y promover en la gestión del gobierno municipal la actuación de las fuerzas sociales que conforman su sector privado, la concreción de una visión de futuro sobre la ciudad y el conjunto de su territorio urbano-rural<sup>28</sup>.

Uno de los objetivos y estrategias del POT municipal es definir la aglomeración y diferenciación de actividades para utilizar eficazmente el espacio urbanístico y el suelo en general de la ciudad, para orientar el mercado y facilitar la localización de la inversión privada, en áreas donde se busca generar aglomeraciones de servicios y de instalaciones productivas<sup>29</sup>.

Las áreas de actividad definidas en el POT clasifican las diferentes porciones del espacio urbano de acuerdo con la clase de actividades implantadas o que podrán implantarse en una zona de la ciudad. Determinan las actividades predominantes o la mezcla admisible de dichas actividades, para regular el patrón de usos del suelo que la ciudad busca obtener como resultado de las actuaciones de parcelación, urbanización y edificación<sup>30</sup>.

El suelo del Municipio de Cali se clasifica en urbano, de expansión urbana, rural, suburbano, y de protección. De conformidad con las disposiciones de la Resolución 396 de noviembre 23 de 1999, la única zona de expansión viable es la denominada Corredor Cali – Jamundí<sup>31</sup>. Esta zona contiene los suelos que proporcionan las alternativas más factibles para la expansión urbana, y por ello la actuación pública define este espacio como una centralidad de segundo nivel que

---

<sup>28</sup> MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL. Acuerdo 069 de 2000. Plan de Ordenamiento Territorial. Santiago de Cali, 2000. p.23. [En línea] [Visitado 6 de junio, 2011]. Disponible en Internet: <<http://www.cali.gov.co/publicaciones.php?id=32067>>

<sup>29</sup> *Ibíd.*, p. 26.

<sup>30</sup> *Ibíd.*, p. 40.

<sup>31</sup> *Ibíd.*, p. 102.

reunirán funciones urbanas y urbano-regionales<sup>32</sup>. Las centralidades son elementos de la estructura urbana, los núcleos que concentran actividades institucionales no especializadas y de servicios de comercio al detal, profesionales, técnicos, financieros y otras de carácter terciario<sup>33</sup>.

El suelo de expansión urbana está constituido por la porción del territorio municipal destinada a la expansión urbana, que se habilitará para el uso urbano durante la vigencia del POT<sup>34</sup>. Actualmente en esta área predominan los usos en ganadería extensiva y agricultura con predominio de caña.

La actividad del aprovechamiento de residuos orgánicos es de tipo productivo por cuanto se lleva a cabo la transformación de unas materias primas (residuos orgánicos) para la obtención de un producto final (compost). Con base en la clasificación de usos según su carácter, en las zonas de Centralidades, como lo es el Corredor Cali – Jamundí, la actividad productiva es de carácter complementario<sup>35</sup>, es decir, se permite desarrollar actividades económicas que complementan el buen funcionamiento de los usos principales (en este caso son comerciales y de servicios), sin generar rechazo o impactos sobre los mismos, es decir, no obstaculiza ni perturba la actividad o funcionamiento de ellos.

Por otra parte, con base en la oferta ambiental y restricciones del territorio establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Santiago de Cali, y teniendo en cuenta que la zona de estudio (Corredor Cali- Jamundí) es considerada como parte del perímetro urbano actual, dicho territorio se puede usar para las actividades compatibles con la vocación del suelo, limitándose a los de menor amenaza de inundaciones, movimientos en masa y sísmica<sup>36</sup>.

---

<sup>32</sup> Ibíd., p. 37.

<sup>33</sup> Ibíd., p. 38

<sup>34</sup> MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI. Departamento Administrativo de Planeación Municipal. Plan de Ordenamiento Territorial de Santiago de Cali. [En línea] [Visitado el 6 de junio de 2011] Santiago de Cali, 2000. p. 389. Disponible en Internet: < <http://www.cali.gov.co/publico2/pot/documentos/documentosoporte.pdf>>

<sup>35</sup> MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI. Departamento Administrativo de Planeación Municipal. Plan de Ordenamiento Territorial. Libro de Anexos. [En línea] [Visitado el 6 de junio de 2011] Santiago de Cali, 2000. p. 187. Disponible en Internet: <http://planeacion.cali.gov.co/Publicaciones/Patrimonio%20Proyectos%20en%20Estudio/Proyecto%20Soterramiento%20Avenida%20Colombia/DE%20ULTIMA%20RESPUESTA/OTROS%20ANEXOS/libroanexos%20POT.pdf>

<sup>36</sup> MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI. Plan de Ordenamiento Territorial de Santiago de Cali, Op. cit., p. 129.

Por lo anterior, se concluye que el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Santiago de Cali determina que el Corredor Cali – Jamundí es una zona de expansión urbana compatible con actividades productivas agroindustriales, como la propuesta en el proyecto, es decir, la creación de una planta de aprovechamiento de residuos orgánicos.

## **ANEXO B**

### **ENTREVISTA SOBRE MÉTODOS DE COMPOSTAJES**

Entrevista realizada en las instalaciones del Ingenio Riopaila – Castilla, el día 1 de Abril del 2011. Este anexo es la transcripción del audio de la entrevista realizada por los entrevistadores al Jefe de la Planta de Aprovechamiento del Ingenio. El contacto para hacer la entrevista se hizo a través del Jefe de Medio Ambiente del Ingenio.

**ENTREVISTADO: INGENIERO DIEGO SÁNCHEZ**

**CONTACTO: SEÑOR ANÍBAL VALDÉS BERÓN**

Entrevistado: E

Investigador: I

**E:** Cuando usted genera residuos y no hace compostaje tiene un problema al tener que disponer de ellos, porque, si se tiene un residuo que el 70% es agua como en el caso del ingenio, estás pagando por transportar agua, entonces por eso se composta, se reduce la humedad y el volumen del producto y ya no estás transportando agua sino un material orgánico rico, con un pequeño porcentaje de agua.

Esto es problemático para quienes manejan volúmenes como los que nosotros manejamos (300 Ton/día – 9000 Ton/mes), para menos de 40 Ton mensuales (que es el valor aproximado para el caso del Plan Vecinos) es un proyecto muy fácil de manejar.

**I:** ¿Y los lixiviados no irán a ser un problema para nosotros, debido al tipo de residuos de alta humedad (Tipo fruver)?

**E:** Bueno, normalmente cuando se trabaja con alimentos si se generan, no creo que te salgan 200 litros al mes, pero los lixiviados son muy buena fuente de material orgánico que también se puede aprovechar.

**I:** Y de qué manera se puede aprovechar?

**E:** Como fertilizante líquido

**I:** y los vectores?

**E:** Bueno, principalmente generación de moscas, pero esos vectores se controlan de dos maneras: garantizando una muy buena aireación y reduciendo la generación de olores (puede ser mediante la aireación o con el uso de algún tipo de microorganismo).

**I:** y esos microorganismos dónde los podemos conseguir?

**E:** Por ejemplo la organización minuto de Dios vende y existen muchas marcas hoy en día como CM, agro plus, biodem, también se puede comprar en casas agrícolas tipo Deganado.

Nosotros en Riopaila Castilla manejamos dos plantas, una en Planta Riopaila y otra en Planta Castilla, ambas las dirijo yo. Yo llevo aquí alrededor 2 años, soy microbiólogo, llevo más o menos 8 años trabajando en procesos de compostaje.

Aquí básicamente lo que hacemos es un proceso de compostaje en montículo de la cachaza generada por el ingenio, cachaza es una expresión que se utiliza para denominar los lodos resultantes del proceso de filtración del azúcar, es un lodo rico en agua, es 70% agua, se generan 300 Ton por día, es decir de esas 300 Ton, 210 son agua, por eso el transporte es costoso, para compostarla formamos montículos de aproximadamente 400 Ton de cachaza y lo dejamos secar un poco, para que reduzca su humedad, porque hay unos parámetros que son fundamentales dentro del proceso de compostaje los cuales son temperatura, humedad y actividad microbiana. Esos tres están relacionados, entonces, ustedes en el momento en el que vayan a realizar un proceso de compostaje tienen que tener en cuenta que el proceso no lo hace la máquina, no lo hace el ingeniero, no lo hace el asistente, no lo hacen las palas, el proceso de compostaje lo hacen los microorganismos, compostaje es 100% microbiología, usted puede dejar su pila ahí 2 o 3 meses que los microorganismos van a estar trabajando.

**I:** Y estos microorganismos vienen en los residuos tipo fruver o hay que anexarle?

**E:** Por ejemplo en el caso de nosotros, la cachaza como es un residuo que queda del procesamiento del azúcar, ella viene del mismo campo, eso trae tierra, trae lodos y en todo eso trae microorganismos. Aquí no usamos microorganismos por adición (inóculos externos) porque los microorganismos que tiene la cachaza son

suficientes para generar el proceso de compostaje y tienen las características que deseamos, que no sean patógenos, que trabajen en condiciones aerobias y que crezcan rápidamente, eso es lo que nosotros deseamos, pero ahí es donde entran a jugar con la humedad y la temperatura, porque lo dejamos secar.

Al 70% de humedad los poros que tiene la cachaza están ocupados por agua entonces no hay oxígeno, el proceso de compostaje es 100% aeróbico por eso se tiene que hacer volteo, entonces si no hay oxígeno no hay actividad microbiana y no va a haber proceso de compostaje que es lo que queremos, va a haber un proceso de putrefacción y el proceso de putrefacción no te sirve porque te va a generar muchos olores, te va a generar lixiviados contaminados y te va a generar un producto que es pobre en materia orgánica.

**I:** Uno como se da cuenta que lo que uno tiene ahí se le está pudriendo y no compostando?

**E:** Alta presencia de vectores (moscas, larvas), presencia de olores muy fuertes tipo ácido sulfúrico, tipo amoníaco y tipo mercaptanos. Por eso tienes que controlar muy bien la temperatura de tus procesos, cuando se trabaja con residuos de alimentos usted tiene una mezcla de todo, entonces lo primero que debe hacer es mezclar todos sus residuos donde va a venir arroz, papa, carnes, ensaladas, en general materiales que no son muy porosos, entonces ahí es donde se tiene que aprovechar el césped (residuos de podas) para generar fibra y estructura, que se formen mallas por donde pueda circular el oxígeno. Entonces todo debe estar muy bien mezclado y una vez lo mezcle debe analizarlo, el principal parámetro que le define un proceso de compostaje es la relación carbono – nitrógeno, es decir, cuantas partes de carbono orgánico hay por partes de nitrógeno y lo ideal es que cuando usted va a iniciar el proceso de compostaje eso sea 30 a 1, es decir que por cada 30 partes de carbono haya una parte de nitrógeno.

**I:** Y el nitrógeno y el carbono que tipo de material me los da?

**E:** Normalmente el carbono es aportado por la fibra (lo que sea césped, maderas, aserrines) y el nitrógeno por las frutas, también la fibra tiene un contenido de nitrógeno pero mucho menor.

**I:** a nosotros en los residuos nos llegan frutas enteras, eso debe ser triturado?

**E:** Si, para eso puedes utilizar un molino o una picadora.

**I:** Teniendo en cuenta que es un proyecto en el que las empresas no pretenden invertir mucho dinero digamos que no tenemos muchos recursos, la trituradora puede ser costosa?

**E:** si, es costosa. Si no tienen para una picadora o un molino entonces a ustedes básicamente lo que le van a entregar es fruta en estado de pudrición, o descompuesta o sobre madura. Entonces listo, no la pique, incorpórela al proceso que los hongos se van a encargar de generar un ablandamiento de esa fibra y ella se va a ir descomponiendo, de pronto le va a tomar unos días más sus proceso pero se va a ahorrar el costo de la picadora o de la persona que pique.

**I:** pero eso no nos va a causar putrefacción en las hileras o malos olores que puedan atraer vectores?

**E:** No, desde que tenga un buen volteo. En el proceso de compostaje es básico que usted tenga un buen volteo, mínimo una vez por semana debe voltear su pila.

**I:** y para el volteo manual es recomendable una pila de que dimensiones?

**E:** La pila no la define uno, la pila la define su material, las pilas no nos quedan así porque nosotros las armemos, es porque cuando riegan la cachaza ella cae así, esto es lo que se llama una pila trapezoidal. Usted lo que va a tener es un reguero, es probable que usted no tenga pila sino una sábana, entonces ahí es a donde tiene que entrar a usar el césped y tratar de armarla lo mejor posible. Por ejemplo esta pila tiene un poco menos de una semana, al compararla con las demás notamos que su base es mucho más ancha, porque tiene mucha agua, a medida que se va secando va adquiriendo su forma. Ya cuando está seca inclusive usted puede hacer una montaña.

Yo me atrevería a sugerirles que se fueran por un lombricultivo, porque esos materiales son muy ricos en peptinas y en cantidad de compuestos que son de muy buen alimento para las lombrices.

**I:** Y en este caso cual sería la diferencia en cuanto a estructura?

**E:** Se deben tener unas camas de guaduas y no necesitarían gente ni máquinas para voltear el compost porque lo harían las lombrices.

**I:** Y cuál es la diferencia respecto al tiempo?

**E:** Es un poco más demorado, pero tendrías dos esquemas de negocio. El primero corresponde al humus que se va a producir a partir de los residuos y el segundo consiste en la venta de cepas de lombriz gracias a su reproducción.

**I:** Ingeniero una última pregunta, dentro de todos estos residuos hay presencia de carnes, existe algún inconveniente por la incorporación de estas al proceso?

**E:** No hay ningún problema, es decir, si te va a generar olores un poco más fuertes porque cuando uno pone a descomponer proteína se generan gases mercaptanos lo que puede generar mayor presencia de moscas y de larvas, pero después de que se tenga un buen manejo no hay ningún problema incluso yo monté una planta de compostaje en un matadero en la ciudad de Bogotá.

## ANEXO C

### PLANTA DE APROVECHAMIENTO INGENIO RIOPAILA-CASTILLA

Esta planta de aprovechamiento es una de las alternativas locativas evaluadas en el proyecto. En la visita realizada al Ingenio pudimos documentar el estado actual de la planta, las instalaciones y el método que utilizan para llevar a cabo el aprovechamiento de la cachaza (lodos resultantes del proceso de filtración del azúcar). La cantidad de residuos orgánicos que se generan en el Ingenio diariamente es de 300 toneladas, por esta razón la planta de aprovechamiento instalada tiene una capacidad considerablemente alta, lo que se ve reflejado en el tamaño de la misma.

En las siguientes fotografías se puede observar la estructura física de la planta de aprovechamiento del Ingenio Riopaila, las hileras de compostaje, y la maquinaria utilizada para el transporte de los residuos y para organizar los montículos de los residuos a aprovechar. Esta documentación sirvió como marco de referencia para el diseño de la planta de aprovechamiento propuesta en este proyecto.

**Figura 1.** Hileras de compostaje planta de aprovechamiento Ingenio Riopaila



Fuente: Los autores

**Figura 2.** Vista interior de la planta de aprovechamiento Ingenio Riopaila



Fuente: Los autores

**Figura 3.** Maquinaria para transporte y volteo de los residuos, Ingenio Riopaila



Fuente: Los autores

**Figura 4.** Planta de aprovechamiento Ingenio Riopaila, zona exterior



Fuente: los autores

**Figura 5.** Estructura del techo de la planta de aprovechamiento, Ingenio Riopaila



Fuente: Los autores