

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
Departamento de Ingeniería Industrial



*Excelencia que trasciende*

**DEL VALLE**  
GRUPO EDUCATIVO

Propuesta de línea de producción industrial de compost a partir de residuos orgánicos provenientes de la Central de Mayoreo (CENMA) y reducir la cantidad de estos materiales que se traslada diariamente al vertedero de la zona 3 de la ciudad de Guatemala

Trabajo de Graduación presentado por Samuel Anleu Oliva para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala

2022



**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Departamento de Ingeniería Industrial



*Excelencia que trasciende*

**DELVALLE**  
GRUPO EDUCATIVO

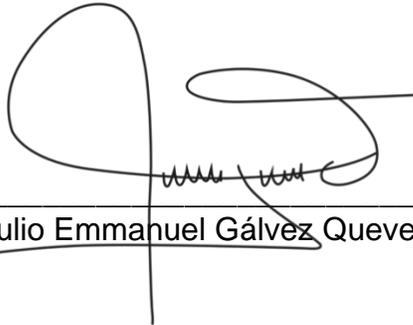
Propuesta de línea de producción industrial de compost a partir de residuos orgánicos provenientes de la Central de Mayoreo (CENMA) y reducir la cantidad de estos materiales que se traslada diariamente al vertedero de la zona 3 de la ciudad de Guatemala

Trabajo de Graduación presentado por Samuel Anleu Oliva para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala

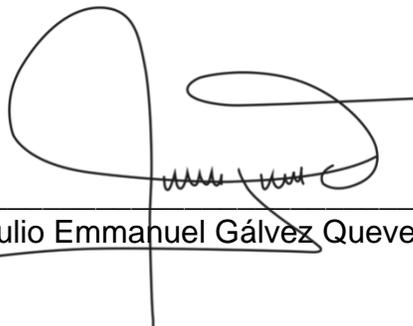
2022

Vo.Bo. Asesor



Ing. Julio Emmanuel Gálvez Quevedo

Vo.Bo. Terna Examinadora:



Ing. Julio Emmanuel Gálvez Quevedo



Inga. María del Carmen Rodríguez Flores



Ing. Mardoqueo Velásquez Gómez

Fecha de Aprobación: 06 de diciembre 2022

# Índice

Lista de tablas.....	iii
Lista de figuras.....	vi
Lista de ecuaciones.....	vii
Resumen.....	viii
<b>I. Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>II. Objetivos .....</b>	<b>2</b>
<b>A. General.....</b>	<b>2</b>
<b>B. Específicos.....</b>	<b>2</b>
<b>III. Justificación .....</b>	<b>3</b>
<b>IV. Marco teórico.....</b>	<b>4</b>
<b>A. Administración estratégica .....</b>	<b>4</b>
<b>B. Estudio técnico del proceso de compostaje .....</b>	<b>7</b>
<b>C. Análisis del proceso .....</b>	<b>17</b>
<b>D. Estudio económico-financiero.....</b>	<b>18</b>
<b>V. Marco legal .....</b>	<b>20</b>
<b>A. Constitución Política de la República de Guatemala .....</b>	<b>20</b>
<b>B. Código Municipal .....</b>	<b>20</b>
<b>C. Código de Salud.....</b>	<b>20</b>
<b>D. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente .....</b>	<b>21</b>
<b>E. Reglamento para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos Comunes (Acuerdo Gubernativo No. 164-2021) .....</b>	<b>21</b>
<b>F. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).....</b>	<b>21</b>
<b>G. Tratados y Convenios Internacionales suscritos por Guatemala.....</b>	<b>22</b>
<b>VI. Estudio técnico del proceso de compostaje .....</b>	<b>24</b>
<b>A. Residuos sólidos generados en la Central de Mayoreo (CENMA).....</b>	<b>24</b>
<b>B. Situación actual de COMPOST S.A.....</b>	<b>24</b>
<b>C. Evaluación de método actual de compostaje de COMPOST S.A. ....</b>	<b>25</b>
<b>Manual de procedimiento de recolección y clasificación de residuos actual de COMPOST S.A. ....</b>	<b>26</b>
<b>Manual de procedimiento del proceso de producción de compost actual de COMPOST S.A. 28</b>	
<b>Manual de procedimiento del proceso de empaque de compost actual de COMPOST S.A. 32</b>	
<b>D. Resultados obtenidos.....</b>	<b>33</b>

E.	Hallazgos de puntos de mejora en el proceso actual .....	37
F.	Diseño del prototipo de COMPOST S.A. acorde al método de pilas estáticas con aireación forzada .....	38
G.	Fases del proceso .....	41
H.	Planificación de gestión de residuos .....	42
I.	Requerimientos basados en la cantidad de residuos generados en CENMA .....	44
	Manual de procedimiento propuesto para el pretratamiento de residuos .....	48
	Manual de procedimiento propuesto para el tratamiento de residuos .....	51
	Manual del procedimiento propuesto para el postratamiento del compost .....	55
J.	Comparación del proceso actual con el proceso del prototipo propuesto .....	57
VII.	Estudio de mercado .....	59
A.	Definición del propósito de COMPOST S.A. ....	59
B.	Análisis externo del proyecto .....	59
C.	FODA de COMPOST S.A.....	62
D.	Fuerzas de Porter .....	65
E.	Análisis de mercados .....	66
F.	Resultado de los análisis de la demanda de compost .....	73
G.	Mercado de bonos de carbono .....	73
VIII.	Estudio financiero.....	74
A.	Inversión inicial .....	74
B.	Costos y gastos .....	75
C.	Análisis de ingresos .....	78
D.	Análisis de costos y gastos operativos.....	79
E.	Análisis de Estado de Resultados y Flujo de Efectivo Neto .....	80
F.	Evaluación de VAN y TIR .....	81
IX.	Conclusiones .....	82
X.	Recomendaciones .....	83
XI.	Literatura consultada.....	84
XII.	Anexos .....	85

# Lista de tablas

<b>Tabla 1. Control de aireación .....</b>	<b>12</b>
<b>Tabla 2. Control de humedad .....</b>	<b>13</b>
<b>Tabla 3. Control de temperatura.....</b>	<b>14</b>
<b>Tabla 4. Temperatura necesaria para la eliminación de algunos patógenos.....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 5. Parámetros de pH óptimos.....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 6. Parámetros de la relación carbono / nitrógeno.....</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 7. Parámetros del compostaje .....</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 8. Información de los desechos sólidos generados diariamente en los meses julio, agosto y septiembre de 2021 en la Central de Mayoreo (CENMA). .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 9. Cantidad de residuos generados mensualmente en CENMA que se podrían compostar.....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 10. Mediciones realizadas para la determinación de la densidad de bulto de los residuos orgánicos recolectados en la Central de Mayoreo (CENMA). .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 11. Resumen estadístico de la densidad de bulto de los residuos orgánicos recolectados en la Central de Mayoreo (CENMA). .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 12. Volumen y masa de la pila de residuos utilizada para evaluar el proceso de compostaje. ....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 13. Resumen estadístico de la masa de la pila y el porcentaje de compost obtenido.....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 14. Comparación de parámetros del compost obtenido. ....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 15. Puntos de mejor en el proceso actual de COMPOST S.A.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 16. Propuestas de implementación para el prototipo del proceso de compostaje industrializado. ....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 17. Comparación de tiempo de compostaje.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 18. Descripción del sistema de compostaje automatizado.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 19. Clasificación primaria de residuos generados diariamente en el CENMA</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 20. Compost que se produciría con el sistema de pilas estáticas con aireación forzada.....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 21. Descripción de maquinaria, equipo y materiales necesarios. ....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 22. Material de empaque necesario .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 23. Descripción de funciones de los empleados extras para el prototipo. ....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 24. Equipo de protección personal propuesto para el personal de COMPOST S.A. ....</b>	<b>48</b>

<b>Tabla 25. Tabla comparativa entre el proceso actual y el proceso del prototipo propuesto.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 26. Mejoras que se obtendrían al implementar el proceso del prototipo .....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 27. Componente legal en torno al compostaje. ....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 28. Matriz FODA del análisis de COMPOST S.A.....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 29. Datos de bonos de carbono generados por compostar .....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 30. Descripción de viveros visitados en la región metropolitana del departamento de Guatemala. ....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 31. Distancia estimada entre los viveros y el CENMA .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 32. Demanda de compost en el sector de los viveros.....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 33. Precios ofrecidos por los proveedores de compost a los viveros .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 34. Rango de precios por libra de compost .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 35. Demanda anual de compost de empresas dedicadas al paisajismo y jardinería en Guatemala .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 36. Consumo anual estimado de compost para agricultura orgánica en la región de Sacatepéquez. ....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 37. Mercado de compost en Guatemala. ....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 38. Oferta y demanda para el prototipo del proceso de compostaje de COMPOST S.A.....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 39. Ingresos estimados por la emisión de bonos de carbono.....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 40. Resumen de inversiones necesarias para el prototipo de compostaje .....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 41. Costo del equipo de protección personal.....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 42. Salarios y cuotas patronales para cada puesto de trabajo .....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 43. Gastos de mano de obra directa e indirecta.....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 44. Gastos operativos .....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 45. Kilómetros recorridos por quintal de compost entregado .....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 46. Costo de mantenimiento y combustible del vehículo de reparto .....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 47. Resumen de costos de transporte de los sacos de compost.....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 48. Costos de material de empaque para un quintal de compost. ....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 49. Factores utilizados para el análisis de ingresos por ventas .....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 50. Proyección de ingresos por ventas de compost .....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 51. Costos y gastos en un periodo de 5 años .....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 52. Depreciaciones anuales.....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 53. Estado de Resultados .....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 54. Flujo de Efectivo Neto .....</b>	<b>81</b>

<b>Tabla 55. Cálculo de VAN con tasa de descuento de 8.97%.....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 56. Cálculo de TIR .....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 57. Gastos de mantenimiento del vehículo de reparto.....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 58. Gastos de combustible del vehículo de reparto.....</b>	<b>87</b>

## Lista de figuras

<b>Figura 1. Matriz de incertidumbre del entorno .....</b>	<b>5</b>
<b>Figura 2. Matriz FODA .....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 3. Modelo de prisma triangular.....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 4. Volteo de pila de compost. ....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 5. Vehículo utilizado para recolectar residuos orgánicos .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 6. Preparación de pilas para compostar en CENMA .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 7. Sistema de volteo de pilas en COMPOST S.A.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 8. Llenado de sacos.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 9. Sacos de compost llenos y cerrados.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 10. Recipientes utilizados para colocar los residuos orgánicos. ....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 11. Medición de las dimensiones de la pila de residuos. ....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 12. Gráfico de la temperatura de la pila a lo largo del proceso. ....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 13. Fases del compostaje por el método de propuesto para COMPOST S.A. ....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 14. Residuos recolectados por la Municipalidad del CENMA.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 15. Planeación de gestión de residuos. ....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 16. Formato del Checklist del equipo se protección personal .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 17. Estructura porcentual de las exportaciones de Guatemala en 2020.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 18. Matriz de las cinco fuerzas de Porter .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 19. Preferencias en la presentación del compost.....</b>	<b>69</b>

## Lista de ecuaciones

<b>Ecuación 1. Densidad de bulto.....</b>	<b>8</b>
<b>Ecuación 2. Altura de la pila.....</b>	<b>9</b>
<b>Ecuación 3. Volumen de la pila .....</b>	<b>9</b>
<b>Ecuación 4. Masa de la pila.....</b>	<b>9</b>
<b>Ecuación 5. Flujo de efectivo. ....</b>	<b>18</b>
<b>Ecuación 6. Beneficio/costo .....</b>	<b>18</b>
<b>Ecuación 7. Porcentaje de compost obtenido. ....</b>	<b>35</b>

# Resumen

Según el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN, 2022) se reciben 2,300 toneladas métricas diariamente de residuos y desechos sólidos comunes en el basurero de la zona 3 de la ciudad de Guatemala. Estos residuos llegan mezclados tal y como los reciben los camiones recolectores, por lo que no hay distinción en peso ni en volumen entre los desechos orgánicos e inorgánicos. Los datos proporcionados por la Municipalidad de Guatemala indican que en la Central de Mayoreo (CENMA) se generan en promedio 13.93 toneladas métricas de desechos de los cuales se estima que el 85% son orgánicos. Estos desechos también son recolectados y trasladados al basurero de la zona 3 en donde terminan mezclados con el resto.

El problema con los vertederos y en especial con los mal administrados es que no hay una gestión correcta de los contaminantes que se generan a partir de la descomposición descontrolada de los materiales orgánicos, ya que estos desprenden lixiviados que llegan hasta la tierra y pueden contaminar el manto freático. Además, la descomposición de estos materiales en condiciones anaerobias genera gases como el metano y el amoníaco, que contaminan el aire y generan malos olores perjudicando la calidad de vida de las personas convirtiéndose también en zonas propensas a incendios debido a la inflamabilidad del metano.

Como alternativa a la forma de desecho actual de los residuos generados en el CENMA se diseñó un prototipo del proceso de compostaje industrializado por medio del sistema de pilas estáticas por aireación forzada para gestionar de manera adecuada estos residuos y evitar que sean trasladados al vertedero de la zona 3 de Guatemala. Los residuos orgánicos generados en la zona. El prototipo se diseñó para evitar la contaminación derivada de la mala gestión de estos desechos, reducir la cantidad de desechos que van al basurero de la zona 3 y realizar el proceso de gestión de residuos en el CENMA de manera segura y estandarizada para los empleados y generar un valor agregado en el proceso.

Para lograr esto se elaboró el presente trabajo en donde se da a conocer la situación de la gestión de residuos en CENMA y el proceso actual de compostaje llevado a cabo por una empresa cuyo nombre se guarda por razones de confidencialidad, al cual se hará referencia como COMPOST S.A. También, se realizó un estudio técnico para poder analizar más a profundidad los factores involucrados en el proceso de compostaje y determinar si el compost producido a partir de los materiales utilizados cumple con la calidad esperada para poder ser comercializado. Con el estudio técnico fue posible determinar los requerimientos para diseñar un prototipo con la capacidad de poder gestionar todos los residuos orgánicos generados en CENMA. Con esta información se elaboró un estudio de mercado para determinar si existe una demanda potencial de compost y en base a esto realizar un estudio financiero para evaluar la rentabilidad del proceso propuesto.

## **I. Introducción**

Actualmente muchas industrias, principalmente la agrícola y la de producción de alimentos, producen una cantidad significativa de residuos orgánicos útiles para la fabricación de compost. En la mayoría de los casos, a estos residuos no se les proporciona un tratamiento de revalorización adecuada o incluso, su forma de desecho no es la más conveniente. El aprovechamiento de los desechos orgánicos provenientes de la Central de Mayoreo (CENMA) de la ciudad de Guatemala, puede llegar a ser muy beneficioso en términos ambientales y económicos. En el tema de manejo de residuos, actualmente estos se depositan en un vertedero, donde se mezclan con una gran cantidad de otros materiales como los plásticos, metales, vidrio, entre otros; los cuales no sirven para la producción del compost y su separación no sería viable.

Existe un proyecto en CENMA que fabrica compost por descomposición aeróbica, utilizando los residuos orgánicos recolectados en los negocios locales. Para este proyecto, la Municipalidad de la zona le proporcionó de un terreno para la producción y realización del compostaje, además, de brindarle apoyo para los volteos de las pilas con la maquinaria de la Municipalidad. La capacidad de compostaje del proyecto es limitada por lo que no aprovechan todo el espacio que se les brindó ni el proceso logístico de recolección y traslado de residuos que tienen la Municipalidad debido a su baja producción en relación con la generación de residuos que se tiene en CENMA.

## **II. Objetivos**

### **A. General**

Diseñar una propuesta de línea de producción industrial de compost aprovechando los residuos orgánicos de la Central de Mayoreo (CENMA) que reduzca la cantidad de los materiales que se traslada diariamente al vertedero de la zona 3 de la ciudad de Guatemala.

### **B. Específicos**

1. Elaborar un prototipo a escala del proceso industrial para compostar las 11.84 toneladas de residuos orgánicos que son generadas diariamente en el CENMA.
2. Elaborar un estudio de oferta y demanda a través del cual se determine la existencia de un mercado potencial para la comercialización de productos derivados del compostaje.
3. Elaborar un análisis de factibilidad y escenarios con base a las proyecciones financieras para evaluar la rentabilidad del prototipo.

### **III. Justificación**

Actualmente, uno de los problemas experimentados respecto al compostaje de desechos orgánicos en la Central de Mayoreo (CENMA), ubicada en la ciudad de Guatemala, es que se tienen una capacidad limitada de compostaje. En diez años únicamente han compostado 100,000 libras de residuos lo que equivalen aproximadamente a 3.8 días de generación de residuos en el CENMA en donde se tiene un estimado de volumen de residuos, principalmente orgánicos (85% aproximadamente), de 57.34 m<sup>3</sup> lo que equivale a 13.93 toneladas métricas diarias. Esto representa una gran cantidad de residuos, que, al no ser aprovechados, son llevados al vertedero de la zona 3, de la ciudad de Guatemala. En este lugar se reciben la mayoría de los residuos generados en la Ciudad de Guatemala. Estos materiales vienen mezclados entre orgánicos e inorgánicos que no son aprovechables para el compostaje como metales, plásticos, vidrio, entre otros.

Aprovechar estos residuos y convertirlos en un producto con valor económico, como lo es la producción de compost, sería una buena manera para incentivar a las personas a manejar con responsabilidad los residuos orgánicos generados y, además, reducir el impacto ambiental que estos presentan al no contar con una forma adecuada de descarte.

Tratar los residuos orgánicos para convertirlos en compost presentará varios beneficios, como el ambiental, ya que no se contaminaría el suelo ni las aguas subterráneas por el mal manejo de lixiviados. En el aspecto socio económico se tendrá un ingreso mayor al vender un compost de buena calidad, que se produzca más rápido y que procese mayor cantidad de residuos.

## **IV. Marco teórico**

### **A. Administración estratégica**

#### **1. Entorno externo**

El concepto de entorno externo se refiere al conjunto de factores y fuerzas que operan fuera de la organización pero que influyen en el desempeño de esta. Dicho conjunto incluye varios componentes distintos. El componente económico engloba factores como las tasas de interés, la inflación, los cambios en el ingreso, entre otros. El componente demográfico tiene que ver con las tendencias que se presentan en las características demográficas, como la edad, la raza el género, el nivel educativo, la ubicación geográfica, el ingreso y la composición familiar. El componente político/legal tiene relación con las leyes federales, estatales y locales de cada país, así como legislaciones globales. El componente cultural está conformado por factores como los valores, las actitudes, las tendencias y creencias. Y el componente tecnológico se centra en innovaciones científicas o industriales (Robbins y Coulter, 2014).

#### **2. Análisis PESTEL**

El análisis PESTEL es una herramienta simple y eficaz que se utiliza en la identificación de fuerzas clave que puedan afectar a una organización. Estas fuerzas pueden crear tanto oportunidades como amenazas para una organización. Por tanto, el objetivo de hacer el análisis PESTEL es para conocer los factores externos actuales que afectan a una organización (político, económico, social, tecnológico, ecológico y legal); identificar los factores que puedan resultar como amenazas u oportunidades dando como resultado una comprensión del panorama general que rodea la empresa (Jurevicius, 2021).

#### **3. Evaluación de la incertidumbre del entorno**

La incertidumbre del entorno hace referencia al grado de cambio y complejidad relacionado con el entorno organizacional. La matriz de incertidumbre del entorno (Figura 1) se utiliza para mostrar ambos aspectos. La primera dimensión de la incertidumbre es el grado de cambio. Si los componentes del entorno de la organización se modifican frecuentemente puede decirse que dicho entorno es dinámico, por el contrario, si el entorno se modifica poco puede decirse que es estable. La otra dimensión de la incertidumbre es el grado de complejidad del entorno, la cual está relacionada con el número de componentes que conforman el entorno y con el nivel de conocimiento que tiene la organización acerca de los mismos (Robbins y Coulter, 2014).

**Figura 1. Matriz de incertidumbre del entorno**

		Grado de cambio	
		Estable	Dinámico
Grado de complejidad	Sencillo	<p>Celda 1:</p> <p>Entorno estable y predecible</p> <p>Pocos componentes</p> <p>Componentes similares entre sí</p> <p>Mínima necesidad de conocimiento</p>	<p>Celda 2:</p> <p>Entorno dinámico e impredecible</p> <p>Pocos componentes</p> <p>Componentes similares entre sí</p> <p>Mínima necesidad de conocimiento</p>
	Complejo	<p>Celda 3:</p> <p>Entorno estable y predecible</p> <p>Muchos componentes</p> <p>Los componentes no son similares entre sí</p> <p>Alta necesidad de conocimiento</p>	<p>Celda 1:</p> <p>Entorno dinámico e impredecible</p> <p>Muchos componentes</p> <p>Los componentes no son similares entre sí</p> <p>Alta necesidad de conocimiento</p>

#### 4. Modelo de las cinco fuerzas

Muchos de los conceptos relevantes acerca de la administración estratégica han tenido su origen en el trabajo de Michael Porter. Una de las principales contribuciones de este académico fue su explicación sobre que pueden hacer los gerentes para generar una ventaja competitiva sostenible. Una parte importante para obtener esa ventaja es la realización de un análisis de la industria basado en el modelo de las cinco fuerzas. El conjunto, estas fuerzas determinan el atractivo y la rentabilidad de la industria:

- Amenaza de los nuevos competidores. ¿Cuán probable es que entren nuevos competidores a la industria?
- Amenaza de sustitutos. ¿Qué probable es que los productos de otras industrias puedan sustituir los productos de la organización?
- Poder de negociación de los compradores. ¿Qué tanto poder de negociación tienen los compradores (clientes)?
- Poder de negociación de los proveedores. ¿Qué tanto poder de negociación tienen los proveedores?
- Rivalidad actual. ¿Qué tan intensa es la rivalidad entre los competidores que participan actualmente en la industria?

(Robbins y Coulter, 2014).

#### 5. Análisis interno de la organización

El análisis interno sirve para obtener información importante respecto de los recursos y capacidades específicos con que cuenta la organización. Los recursos son los activos financieros, físicos, humanos e intangibles que emplea desarrollar, manufacturar y entregar productos a sus clientes. Por otro lado, las capacidades son las habilidades y aptitudes con que se cuenta para realizar para realizar las tareas requeridas.

Al concluir el análisis interno, se debe de ser capaz de identificar las fortalezas y debilidades de la organización. Cualquier actividad en cuya realización se destaca la organización o los recursos únicos que tiene a su disposición, constituyen sus fortalezas. Las debilidades son las actividades que no se realizan adecuadamente o los recursos que requieren, pero carecen en la organización.

(Robbins y Coulter, 2014).

## 6. Análisis FODA

Es común que las organizaciones se enfoquen en identificar sus fortalezas y debilidades, así como oportunidades y amenazas del ambiente externo, pero lo que a menudo se ignora es que combinar estos factores puede requerir la búsqueda de distintas **elecciones estratégicas**. Para sistematizar dichas elecciones se ha propuesto la matriz FODA, donde F representa fortalezas, O las oportunidades, D las debilidades y A las amenazas. El modelo FODA se suele comenzar con la evaluación de las amenazas, porque en muchas situaciones una compañía emprende la planeación estratégica por una crisis, problema o amenaza percibidos.

Las estrategias se basan en el análisis de los ambientes externo (amenazas y oportunidades) e interno (debilidades y fortalezas):

- La estrategia DA busca minimizar debilidades y amenazas, y se conoce como estrategia mini-mini (por minimizar-minimizar).
- La estrategia DO intenta minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades, se la conoce como estrategia mini-maxi (por minimizar-maximizar).
- La estrategia FA utiliza las fortalezas de la organización para ocuparse de las amenazas en el ambiente. La meta es maximizar a las primeras y minimizar las segundas (maxi-mini).
- La estrategia FO, que capitaliza las fortalezas de una compañía para aprovechar las oportunidades (maxi-maxi), es la más deseable; de hecho, la meta de las empresas es moverse desde otras posiciones en la matriz hacia esta.

(Wehrich, *et al*, 2017)

**Figura 2. Matriz FODA**

<b>Factores internos</b>	<b>Fortalezas internas (F)</b> Como las administrativas, operativas, financieras, de <i>marketing</i> , investigación y desarrollo e ingeniería	<b>Debilidades internas (D)</b> Como las de las áreas mostradas en el recuadro de Fortalezas
<b>Factores externos</b>		
<b>Oportunidades externas (O)</b> (Incluidos los riesgos) como las condiciones económicas actuales y futuras, los cambios políticos y sociales, y nuevos productos, servicios y tecnologías	<b>Estrategia FO: maxi-maxi</b> Es potencialmente la estrategia más exitosa, pues utiliza las fortalezas de la organización para aprovechar las oportunidades	<b>Estrategia DO: mini-maxi</b> Como la estrategia de desarrollo para superar debilidades y así aprovechar las oportunidades
<b>Amenazas externas (A)</b> Como los fallos en el suministro de energía, la competencia y áreas similares a las del recuadro Oportunidades	<b>Estrategia FA: maxi-mini</b> Uso de las fortalezas para hacer frente a amenazas o evitarlas	<b>Estrategia DA: mini-mini</b> Como la reducción, liquidación o coinversión para minimizar las debilidades y amenazas

Fuente: Weihrich, *et al*, 2017

## B. Estudio técnico del proceso de compostaje

### 1. Clasificación de residuos

La clasificación de los residuos desde el punto de vista fisicoquímico no es práctica para su valoración debido a que en ocasiones se ve comprometida la integralidad del material. Por ejemplo, el plástico de tereftalato de polietileno, más conocido por sus siglas como PET, se considera un residuo orgánico por la presencia de carbono al igual que los restos de alimentos; sin embargo, es necesaria su separación al momento de clasificarlos para su valoración, ya que al contaminar el plástico reduce su calidad para someterse a un proceso de reciclaje.

Se debe establecer como base la “clasificación primaria,” (orgánico e inorgánico); sin embargo, en otros casos podrá ampliarse a la “clasificación secundaria,” donde se utilice más de dos contenedores (papel y cartón, plástico, metal, vidrio o multicapas), lo que propicia una mejor calidad en la recuperación de los residuos.

#### a. Orgánico

Los residuos sólidos orgánicos provienen de los productos de origen animal y vegetal, principalmente de los restos de alimentos, de agricultura y de jardinería. El manejo adecuado de los residuos orgánicos putrescibles permite la elaboración de abono orgánico, también conocido como compost, que es de gran utilidad para la agricultura, jardinería y recuperación de suelos.

#### b. Inorgánico

- **Plástico:** Los plásticos son derivados del petróleo que se caracterizan por ser un recurso no renovable y por ello es importante su acopio y reciclaje. Existen diversos tipos de plásticos

que se identifican a través del signo de reciclado con una numeración del 1 al 7, los cuales son visibles en envases de alimentos reusables y desechables, bolsas, implementos de aseo, juguetes, entre otros. Respecto al impacto ambiental, es menor el impacto por el reciclaje de este material que la extracción y transformación del petróleo para su elaboración; sin embargo, ambientalmente es mejor la reducción del uso del plástico.

- **Vidrio:** Los envases de vidrio pueden ser reutilizados decenas de veces y, si en caso son dispuestos para reciclaje, el material en su totalidad puede ser recuperado, no obstante, demanda un gran requerimiento energético para su propio reciclado.
- **Metal:** Los metales representan uno de los principales materiales utilizados para la elaboración de varios objetos; sin embargo, su proceso de obtención y transformación no es del todo amigable con el ambiente, pues requiere considerables cantidades de energía y agua. Al disponer el metal en rellenos sanitarios se genera un proceso de oxidación de este en el que se producen líquidos altamente contaminantes para los ecosistemas y la salud humana.

### c. Multicapas

El nombre de multicapas hace referencia a su composición, ya que utiliza básicamente tres tipos de material: aluminio, cartón y plástico. Estos productos son generalmente utilizados para envasar líquidos y productos alimenticios. Debido a la forma en que están elaborados dificulta su degradación en rellenos sanitarios, por lo que la incorporación de este producto en procesos de reciclaje es de suma importancia.

### d. Residuos especiales

Los residuos especiales son aquellos que, sin ser peligrosos, por su naturaleza, pueden impactar el ambiente o la salud, debido al volumen de generación o la difícil degradación, lo que requiere implementar un sistema de recuperación con el fin de reducir la cantidad de desechos generados, evitando una inadecuada disposición y, en algunos casos, la reducción del tiempo de vida de los rellenos sanitarios. Entre los ejemplos, a nivel común, se puede mencionar el ripio (escombros), colchones, muebles y llantas, los cuales en su mayoría pueden ser sometidos a un proceso de reciclaje al ser adecuadamente dispuestos.

### e. Residuos peligrosos

Los residuos y desechos peligrosos son productos generados por las actividades humanas que ponen sustancial o potencialmente en peligro la salud humana o el medio ambiente cuando son manejados inadecuadamente. Se puede ejemplificar las pilas, lámparas fluorescentes, aparatos eléctricos, acumuladores, productos químicos, medicamentos, cadáveres, jeringas, pañales, toallas sanitarias, entre otros.

## 2. Densidad de bulto

La densidad de bulto incluye la porosidad del material, defectos de red y fases presentes.

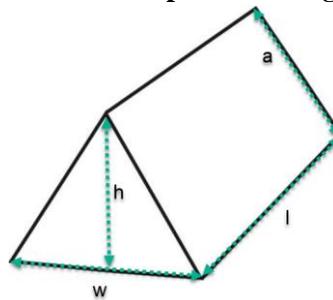
*Ecuación 1. Densidad de bulto.*

$$DB = \frac{\text{masa}}{\text{volumen del bulto}}$$

### 3. Determinación de volumen y masa de la pila inicial de compost modelada como prisma triangular

Modelar la pila como un prisma triangular para realizar las mediciones cada una de las aristas (longitud, ancho y caras laterales). Determinar la altura de la pila por medio de la ecuación de Pitágoras en base a la mitad del ancho de la pila y su longitud de una de sus caras laterales. Se multiplicó la altura, la mitad del ancho y la longitud para obtener el volumen. El volumen obtenido se multiplicó por la densidad de bulto para obtener la masa.

**Figura 3. Modelo de prisma triangular.**



**Ecuación 2. Altura de la pila.**

$$h = \sqrt{a^2 - (w/2)^2}$$

**Ecuación 3. Volumen de la pila**

$$V = \frac{h * w * l}{2}$$

**Ecuación 4. Masa de la pila**

$$m = \rho * V$$

Donde:

w, l, a: aristas de la pila.

h: altura de la pila.

V: volumen de la pila.

m: masa de la pila.

$\rho$ : densidad de los residuos orgánicos

### 4. Proceso de compostaje

Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso,

adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost.

El compostaje proporciona la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola. Se define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes.

Sin embargo, no todos los materiales que han sido transformados aeróbicamente son considerados compost. El proceso de compostaje incluye diferentes etapas que deben cumplirse para obtener compost de calidad. La utilización de un material que no haya finalizado correctamente el proceso de compostaje puede acarrear riesgos como:

- **Fitotoxicidad.** En un material que no haya terminado el proceso de compostaje correctamente, el nitrógeno está más en forma de amonio en lugar de nitrato. El amonio en condiciones de calor y humedad se transforma en amoniaco, creando un medio tóxico para el crecimiento de la planta y dando lugar a malos olores. Igualmente, un material sin terminar de compostar contiene compuestos químicos inestables como ácidos orgánicos que resultan tóxicos para las semillas y plantas.
- **Bloqueo biológico del nitrógeno, también conocido como “hambre de nitrógeno”.** Ocurre en materiales que no han llegado a una relación Carbono-Nitrógeno equilibrada, y que tienen material mucho más rico en carbono que en nitrógeno. Cuando se aplica al suelo, los microorganismos consumen el C presente en el material, y rápidamente incrementan el consumo de N, agotando las reservas de N en el suelo.
- **Reducción de oxígeno radicular.** Cuando se aplica al suelo un material que aún está en fase de descomposición, los microorganismos utilizarán el oxígeno presente en el suelo para continuar con el proceso, agotándolo y no dejándolo disponible para las plantas.
- **Exceso de amonio y nitratos en las plantas y contaminación de fuentes de agua.** Un material con exceso de nitrógeno en forma de amonio, tiende a perderlo por infiltración en el suelo o volatilización y contribuye a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Igualmente, puede ser extraído por las plantas del cultivo, generando una acumulación excesiva de nitratos, con consecuencias negativas sobre la calidad del fruto (ablandamiento, bajo tiempo postcosecha) y la salud humana (sobre todo en las hortalizas de hoja).

(Román, *et al.*, 2013).

## 5. Sistema de hileras con volteo

El método de volteo de hilera es el que tradicional y convencionalmente se ha asociado con el compostaje. El término "volteo" se aplica al método utilizado para la aireación. En esencia, volteado consiste en desarmar una pila y reconstruirla. Los detalles y variaciones en los métodos son muchos. El volteo no sólo promueve la aireación, sino que también asegura la uniformidad de la descomposición, mediante la exposición en un momento u otro de todo el material de compostaje particularmente en la zona interior activa de una pila. En cierta medida, el volteo, también sirve para reducir aún más el tamaño de partícula de algunos materiales. Una ventaja dudosa es la pérdida de agua que se acelera por el proceso de volteo. La pérdida de agua es una clara ventaja si el contenido de humedad del material de compostaje es demasiado alto. Por otra parte, la pérdida de agua es una

desventaja si el nivel de humedad es demasiado bajo. Un momento excelente y clave para hacer una adición de agua, es durante el proceso de volteo del material (López, 2015).

**Figura 4. Volteo de pila de compost.**



## 6. Fases del compostaje

Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable. Las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura, en:

- a. **Fase mesófila.** El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).
- b. **Fase termófila o de higienización.** Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*
- c. **Fase de enfriamiento o mesófila II.** Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Al bajar de 40°C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino.
- d. **Fase de maduración.** Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

(Román, *et al.*, 2013).

## 7. Monitoreo durante el compostaje

Ya que el compostaje es un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, se deben tener en cuenta los parámetros que afectan su crecimiento y reproducción. Estos factores incluyen el oxígeno o aireación, la humedad de sustrato, temperatura, pH y la relación C/N.

## a. Oxígeno

El compostaje es un proceso aerobio y se debe mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera. Así mismo, la aireación evita que el material se compacte o se encharque. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase termofílica.

**Tabla 1. Control de aireación**

Porcentaje de aireación		Problema	Soluciones
< 5%	Baja aireación	Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente anaerobio	Volteo de la mezcla y/o adición de material estructurante que permita la aireación
<b>5% - 15% Rango ideal</b>			
> 15%	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua	Picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)

Fuente: Román, *et al.*, 2013

## b. Dióxido de carbono

Durante el compostaje, el CO<sub>2</sub> se libera por acción de la respiración de los microorganismos y, por tanto, la concentración varía con la actividad microbiana y con la materia prima utilizada como sustrato. En general, pueden generarse 2 a 3 kilos de CO<sub>2</sub> por cada tonelada, diariamente. El CO<sub>2</sub> producido durante el proceso de compostaje, en general es considerado de bajo impacto ambiental, por cuanto es capturado por las plantas para realizar fotosíntesis (Román, *et al.*, 2013).

## c. Humedad

La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje (ver sección sobre Tamaño de Partícula). Si la humedad baja por debajo de 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta (>60%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material.

**Tabla 2. Control de humedad**

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

Fuente: Román, *et al.*, 2013

#### **d. Temperatura**

El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65°C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente. Es deseable que la temperatura no decaiga demasiado rápido, ya que, a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización.

**Tabla 3. Control de temperatura**

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Causas asociadas</b>		<b>Soluciones</b>
<b>Bajas temperaturas (T. ambiente &lt; 35°C)</b>	Humedad insuficiente	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y, por tanto, la temperatura baja.	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras, u otros)
	Material insuficiente	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada.	Añadir más material a la pila de compostaje.
	Déficit de nitrógeno o baja C/N.	El material tiene una alta relación C/N, por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura más de una semana.	Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
<b>Altas temperaturas (T ambiente &gt;70°C)</b>	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofílicos y facilitar la terminación del proceso.	Volteo y verificación de la humedad (55-60%). Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera, o pasto seco) para que ralentice el proceso.

Fuente: Román, *et al.*, 2013

La inocuidad biológica del compost depende de la temperatura que alcance el material, pero también de la humedad, la aireación y el tamaño de partícula. En una pila con adecuada humedad, la actividad microbiana hace que la temperatura se incremente, siendo mayor en el interior que en el exterior. Al airear la pila o al realizar el volteo, se homogeniza la temperatura y la humedad y se pueden eliminar patógenos.

**Tabla 4. Temperatura necesaria para la eliminación de algunos patógenos**

Microorganismo	Temperatura	Tiempo de exposición
<b>Salmonella spp</b>	55°C	1 hora
	65°C	15-20 minutos
<b>Escherichia coli</b>	55°C	1 hora
	65°C	15-20 minutos
<b>Brucella abortus</b>	55°C	1 hora
	62°C	3 minutos
<b>Parvovirus bovino</b>	55°C	1 hora
<b>Huevos de Ascaris lumbricoides</b>	55°C	3 días

Fuente: Jones and Martin, 2003

### e. pH

El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro. El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0- 7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2.

**Tabla 5. Parámetros de pH óptimos**

pH	Causas asociadas		Soluciones
<b>&lt;4,5</b>	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C/N.
<b>4,5 – 8,5 Rango ideal</b>			
<b>&gt;8,5</b>	Oxígeno insuficiente	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C/N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoniaco alcalinizando el medio.	Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Fuente: Román, *et al.*, 2013

## f. Relación Carbono-Nitrógeno (C/N)

La relación C/N varía en función del material de partida y se obtiene la relación numérica al dividir el contenido de C (%C total) sobre el contenido de N total (%N total) de los materiales a compostar. Esta relación también varía a lo largo del proceso, siendo una reducción continua, desde 35:1 a 15:1.

**Tabla 6. Parámetros de la relación carbono / nitrógeno**

C:N	Causas asociadas		Soluciones
<b>&gt;35:1</b>	Exceso de Carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C/N.
<b>15:1 – 35:1 Rango ideal</b>			
<b>&lt;15:1</b>	Exceso de Nitrógeno	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoníaco liberado.	Adición de material con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Fuente: Román, *et al.*, 2013

## g. Tamaño de la pila o volumen en compostaje

En el caso del compostaje en pilas, el tamaño de la pila, en especial la altura, afecta directamente al contenido de humedad, de oxígeno y la temperatura. Pilas de baja altura y de base ancha, a pesar de tener buena humedad inicial y buena relación C/N, hacen que el calor generado por los microorganismos se pierda fácilmente, de tal forma que los pocos grados de temperatura que se logran, no se conservan. El tamaño de una pila viene definido por la cantidad de material a compostar y el área disponible para realizar el proceso. Normalmente, se hacen pilas de entre 1,5 y 2 metros de alto para facilitar las tareas de volteo, y de un ancho de entre 1,5 y 3 metros. La longitud de la pila dependerá del área y del manejo (Román, *et al.*, 2013).

**Tabla 7. Parámetros del compostaje**

Parámetros	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica (2-5 semanas)	Rango ideal de compost (3-6 meses)	ideal de maduro
<b>Temperatura</b>	45 – 60°C	45°C-Temperatura ambiente	Temperatura ambiente	

Fuente: Román, *et al.*, 2013

## **C. Análisis del proceso**

### **1. Diagrama de flujo del proceso**

En general, el diagrama de flujo del proceso cuenta con mucho mayor detalle que el diagrama del proceso operativo. Como consecuencia, no se aplica generalmente a todos los ensambles, sino que a cada componente de un ensamble. El diagrama de flujo del proceso es particularmente útil para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales. Una vez que estos periodos no productivos se identifican, los analistas pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, reducir sus costos.

Además de registrar operaciones e inspecciones, los diagramas de flujo de procesos muestran todos los retrasos de movimientos y almacenamiento a los que se expone un artículo a medida que recorre la planta. Los diagramas de flujo de procesos, por lo tanto, necesitan varios símbolos además de los de operación e inspección que se utilizan en los diagramas de procesos operativos. Una flecha pequeña significa transporte, el cual puede definirse como mover un objeto de un lugar a otro excepto cuando el movimiento se lleva a cabo durante el curso normal de una operación o inspección. Una letra D mayúscula representa un retraso, el cual se presenta cuando una parte no puede ser procesada inmediatamente en la próxima estación de trabajo. Un triángulo equilátero parado en su vértice significa almacenamiento, el cual se presenta cuando una parte se guarda y protege en un determinado lugar para que nadie la remueva sin autorización.

(Niegel y Freivalds, 2014).

### **2. Diagrama de Gantt**

El diagrama de Gantt muestra anticipadamente de una manera simple las fechas de terminación de las diferentes actividades del proyecto en forma de barras graficadas con respecto al tiempo en el eje horizontal. Los tiempos reales de terminación se muestran mediante el sombreado de barras adecuadamente. Si se dibuja una línea vertical en una fecha determinada, usted podrá determinar qué componentes del proyecto están retrasadas o adelantadas (Niegel y Freivalds, 2014).

### **3. Diagrama de recorrido**

El diagrama de recorrido es una representación gráfica de la distribución de los pisos y edificios que muestra la ubicación de todas las actividades en el diagrama de flujo del proceso. Cuando los analistas elaboran un diagrama recorrido, identifican cada actividad mediante símbolos y números correspondientes a los que aparecen en el diagrama de flujo del proceso. La dirección del flujo se indica colocando pequeñas flechas periódicamente a lo largo de las líneas de flujo. Se pueden utilizar colores diferentes para indicar líneas de flujo en más de una parte (Niegel y Freivalds, 2014).

## D. Estudio económico-financiero

### 1. Flujo de efectivo

Las entradas (ingresos) y salidas (costos) estimadas de dinero reciben el nombre de flujos de efectivo. Una vez que se llevan a cabo las estimaciones de entradas y salidas de efectivo, es posible determinar el flujo de efectivo neto.

#### *Ecuación 5. Flujo de efectivo.*

Flujo de efectivo neto = ingresos – desembolsos = entradas de efectivo – salidas de efectivo

(Blank, *et al.*, 2006).

Los flujos de efectivo de la empresa se dividen en: flujos operativos, flujos de inversión y flujos de financiamiento. Los flujos operativos son las entradas y salidas de efectivo relacionadas directamente con la producción y venta de los bienes y servicios de la empresa. Los flujos de inversión son los flujos de efectivo relacionados con la compra y venta de activos fijos, y con inversiones patrimoniales en otras empresas. Como es evidente, las transacciones de compra producen salidas de efectivo, en tanto que las transacciones de venta generan entradas de efectivo. Los flujos de financiamiento resultan de las transacciones de financiamiento con deuda y capital (Lawrence y Zutter, 2012).

### 2. Análisis beneficio/costo

La razón beneficio/costo se considera el método de análisis fundamental para los proyectos. Todos los cálculos de costos y beneficios deberán convertirse a una unidad monetaria de equivalencia común (VP, VA o VF) a la tasa de descuento (tasa de interés). La razón convencional B/C se calcula de la siguiente manera:

#### *Ecuación 6. Beneficio/costo*

$$\frac{B}{C} = \frac{(VP \text{ de beneficios})}{VP \text{ de costos}} = \frac{(VA \text{ de beneficios})}{VA \text{ de costos}} = \frac{(VF \text{ de beneficios})}{VF \text{ de costos}}$$

Si  $B/C \geq 1.0$ , se determina que el proyecto es económicamente aceptable para los estimados y la tasa de descuento aplicada.

Si  $B/C < 1.0$ , el proyecto no es económicamente aceptable.

(Blank, *et al.*, 2006).

### 3. Tasa mínima atractiva de retorno

En ingeniería, las alternativas se evalúan con base en un pronóstico de una TR razonable. Por consiguiente, se debe establecer una tasa razonable para la fase de elección de criterios en un estudio de ingeniería económica. La tasa razonable recibe el nombre de tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) y es superior a la tasa que ofrece un banco o alguna inversión segura que implique un riesgo mínimo (Blank, *et al.*, 2006).

#### **4. Valor presente**

El análisis de valor presente (VP) se calcula a partir de la tasa mínima atractiva de rendimiento para cada alternativa. El método de valor presente es muy popular debido a que los gastos o los ingresos se transforman en unidades monetarias equivalentes de ahora. Es decir, todos los flujos de efectivo futuros asociados con una alternativa se convierten en unidades monetarias presentes. En esta forma, es muy fácil percibir la ventaja económica de una alternativa sobre otra.

Cuando solamente se evalúa una alternativa se debe calcular el VP a partir de la TMAR. Si  $VP \geq 0$ , se alcanza o se excede la tasa mínima atractiva de rendimiento y la alternativa es financieramente viable.

(Lawrence y Zutter, 2012).

#### **5. Valor futuro**

El valor futuro (VF) de una alternativa puede determinarse directamente del flujo de efectivo mediante el establecimiento del valor futuro, o al multiplicar el VP por el factor F/P, a partir de la TMAR establecida. El análisis de valor futuro se utiliza frecuentemente si el activo (llámese equipo, corporación, edificio, etcétera) se vende o cambia algún tiempo después de haber sido puestos en marcha o adquiridos, pero antes de que se alcance su vida esperada. Un VF en un año intermedio estimará el valor de la alternativa al momento de venta o desecho. El análisis de valor futuro se utiliza frecuentemente si el activo (llámese equipo, corporación, edificio, etcétera) se vende o cambia algún tiempo después de haber sido puestos en marcha o adquiridos, pero antes de que se alcance su vida esperada. Un VF en un año intermedio estimará el valor de la alternativa al momento de venta o desecho (Blank, *et al.*, 2006).

## **V. Marco legal**

### **A. Constitución Política de la República de Guatemala**

La Constitución Política de la República de Guatemala, establece en el artículo 1 la: "Protección a la persona":

El Estado se organiza para proteger a la persona y a su familia, siendo obligación del Estado garantizar a los habitantes del país, la vida, la libertad, la seguridad y el desarrollo integral del ser humano.

El Artículo 97 del mismo, establece: que el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico, se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

### **B. Código Municipal**

Que la Constitución Política de la República reconoce y establece el nivel de Gobierno Municipal, con autoridades electas directa y popularmente, lo que implica el régimen autónomo de su administración, como expresión fundamental del poder local, y que la administración pública será descentralizada, lo que hace necesario dar una mejor definición y organización al régimen municipal respaldando la autonomía que la Carta Magna consagra, para que en el marco de ésta se promueva su desarrollo integral y el cumplimiento de sus fines.

En el Artículo 68 competencias propias del municipio:

Inciso a) "Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; alumbrado público; mercados; rastros; administración de cementerios y la autorización y control de los cementerios privados; limpieza y ornato; formular y coordinar políticas, planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos hasta su disposición final".

### **C. Código de Salud**

Los artículos 102, 103 y 104 del Código de Salud, establecen: Que es responsabilidad de las municipalidades la prestación de los servicios de limpieza o recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos de acuerdo con las leyes específicas y en cumplimiento de las normas sanitarias aplicables.

Las municipalidades podrán utilizar lugares para la disposición de desechos sólidos o construcción de los respectivos rellenos sanitarios.

Se prohíbe arrojar o acumular desechos sólidos de cualquier tipo en lugares no autorizados, alrededor de zonas habitadas y en lugares que puedan producir daños a la salud de la población, al ornato o al paisaje, utilizar medios inadecuados para su transporte y almacenamiento o proceder a su utilización, tratamiento o disposición final, sin la autorización municipal correspondiente, la que deberá tener en cuenta las medidas sanitarias establecidas para evitar la contaminación del ambiente, específicamente de los derivados de la contaminación de los afluentes provenientes de los botaderos de basura legales o clandestinos.

Si el Ministerio de Salud comprobara que existen lugares en donde se estén depositando desechos sólidos sin llenar los requisitos de la presente ley, deberán ser trasladados a otros lugares que cumplan con los requisitos sanitarios. Todo lo anterior debe hacerse con base a un programa que de común acuerdo establezcan las municipalidades respectivas y el ministerio de Salud.

#### **D. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente**

En su Artículo 12, son objetivos específicos de la ley: Inciso b, “la prevención, regulación y control de cualesquiera de las causas o actividades que originen el deterioro del medio ambiente y contaminación de los sistemas ecológicos y excepcionalmente, la prohibición en casos que afecten la calidad de vida y el bien común calificados así, previos dictámenes científicos y técnicos emitidos por organismos competentes”; y el inciso c, “Orientar los sistemas educativos, ambientales y culturales, hacia la formación de recursos humanos calificados en ciencias ambientales y la ocupación a todos los niveles para formar una conciencia ecológica en toda la población”.

Se delega en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales la rectoría del tema ambiental; dicho Ministerio fue creado bajo el Decreto No. 90-2000 Artículo 3; por medio del cual se definen las funciones relacionadas con formular participativamente, la política de conservación, protección, mejoramiento del medio ambiente y de los recursos naturales, y ejecutarla en conjunto con las otras autoridades con competencia legal en la materia correspondiente, respetando el marco normativo nacional e internacional vigente en el país.

#### **E. Reglamento para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos Comunes (Acuerdo Gubernativo No. 164-2021)**

El Acuerdo Gubernativo No. 164-2021 proporciona las normas respectivas sobre la recolección, transporte, almacenamiento y tratamiento de los desechos sólidos. También indica las condiciones de salud y seguridad ocupacional requeridas para tener una planta de tratamiento de residuos sólidos, así como de los requerimientos de equipo e infraestructura.

#### **F. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)**

Requisitos y parámetros mínimos para insumos orgánicos:

- El material e insumos utilizados deben provenir de una unidad de producción orgánica certificada como tal.
- Contar con el aval o certificado emitido por una agencia de certificación registrada y autorizada por el Departamento de Agricultura Orgánica de la Dirección de Fitozoogenética y Recursos Nativos del VISAR-MAGA.
- Contar con el registro vigente del Departamento de Registro de Insumos Agrícolas, de la Dirección de Sanidad Vegetal del VISAR-MAGA.

Por lo tanto, el compost realizado a partir de residuos de la Central de Mayoreo (CENMA) no puede ser considerado como abono orgánico debido a que los residuos provienen de la agricultura convencional.

## **G. Tratados y Convenios Internacionales suscritos por Guatemala**

### **1. Acuerdo de París**

La 21ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 21) celebrada en París en 2015, concluyó con la adopción de la Decisión y del Acuerdo de París. Dicho Acuerdo entró en vigor a partir de 2020 y pretenderá mantener el aumento de la temperatura global muy por debajo de los 2°C, aumentando la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promoviendo la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de carbono. Para lograr las metas acordadas, el Acuerdo de París establece un marco de transparencia reforzado que tiene como fin el fomentar la confianza mutua y promover la aplicación efectiva del Acuerdo, aumentando la claridad y facilitando el seguimiento de los progresos realizados.

### **2. Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura**

El Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos fue adoptado en el 2001 durante la Trigésima Primera Sesión de la Conferencia de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Tiene por objetivo la conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización para lograr una agricultura sostenible y la seguridad alimentaria. El Tratado reconoce la significativa contribución de los agricultores a la diversidad de los cultivos que alimentan el mundo y busca proteger los conocimientos tradicionales y aumentar la participación en los procesos de adopción de decisiones de estos.

### **3. Protocolo de Kioto**

Ratificado por los 33 países de América Latina y el Caribe, el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático entró en vigor en el 2005. El Protocolo establece metas vinculantes de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero para los países industrializados, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones que hay actualmente en la atmósfera y bajo el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas.

### **4. Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático**

Ratificada por los 33 países de América Latina y el Caribe, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático entró en vigor en marzo de 1994. El objetivo del Convenio es lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. La Convención establece un marco general para los esfuerzos intergubernamentales para hacer frente los desafíos provocados por el cambio climático.

### **5. Acuerdo regional sobre el acceso a la información, la participación pública y el acceso a la justicia en asuntos ambientales en América Latina y el Caribe.**

Adoptado en Escazú, Costa Rica, el 4 de marzo de 2018, el acuerdo regional sobre el acceso a la información, la participación pública y el acceso a la justicia en asuntos ambientales en América Latina y el Caribe tiene como objetivo garantizar la implementación plena y efectiva en América

Latina y el Caribe de los derechos de acceso a la información ambiental, participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y acceso a la justicia en asuntos ambientales, así como la creación y el fortalecimiento de las capacidades y la cooperación, contribuyendo a la protección del derecho de cada persona, de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un medio ambiente sano y al desarrollo sostenible. Es el único acuerdo vinculante emanado de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible (Río+20), el primer acuerdo regional ambiental de América Latina y el Caribe y el primero en el mundo en contener disposiciones específicas sobre defensores de derechos humanos en asuntos ambientales. El Acuerdo Regional está abierto a los 33 países de América Latina y el Caribe. El período de firma tuvo lugar entre el 27 de septiembre de 2018 y el 26 de septiembre de 2020 en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York. Tras alcanzar los requisitos establecidos en su artículo 22, el Acuerdo de Escazú entrará en vigor el 22 de abril de 2021.

## VI. Estudio técnico del proceso de compostaje

La presente sección contiene el análisis de la gestión de los residuos sólidos generados en la Central de Mayoreo (CENMA), así como el análisis del proceso de compostaje actual realizado por COMPOST S.A. Para proponer un prototipo de proceso de compostaje industrial con el método de pilas estáticas con aireación forzada para poder tratar todos los residuos orgánicos generados en el mercado. Se realizó una comparación entre el prototipo diseñado y el proceso actual para determinar si realmente habría mejoras a parte del incremento de la producción.

### A. Residuos sólidos generados en la Central de Mayoreo (CENMA)

#### 1. Municipalidad de Guatemala: Residuos generados en la Central de Mayoreo (CENMA)

La siguiente información fue proporcionada por la Municipalidad de Guatemala referente al tema de generación y gestión de los residuos en la Central de Mayoreo (CENMA), ubicada en Villa Nueva, Guatemala.

**Tabla 8. Información de los desechos sólidos generados diariamente en los meses julio, agosto y septiembre de 2021 en la Central de Mayoreo (CENMA).**

Fecha (2021)	DIARIO	30 DÍAS	TOTAL
<b>Julio</b>	57.34 metros cúbicos	1,720.20 metros cúbicos	5,160.60 metros cúbicos
<b>Agosto</b>	57.34 metros cúbicos	1,720.20 metros cúbicos	
<b>Septiembre</b>	57.34 metros cúbicos	1,720.20 metros cúbicos	

- Diariamente se recibe un promedio de 13.93 toneladas
- Dentro de la Central de Mayoreo la mayor cantidad de desechos son orgánicos (aproximadamente 85% del total) unas 11.84 toneladas.
- Se toma como unidad de medida un camión compactador con capacidad para 19.11 metros cúbicos, en el cual son retirados.

**Tabla 9. Cantidad de residuos generados mensualmente en CENMA que se podrían compostar**

Residuos sólidos	Residuos orgánicos (85%)
417.9 toneladas	<b>355.21 toneladas</b>
1,720.20 metros cúbicos	<b>1,462.17 metros cúbicos</b>

### B. Situación actual de COMPOST S.A.

#### 1. Descripción del proyecto actual

El proyecto en marcha que se desarrolla en el CENMA, en Villa Nueva, Guatemala, inició a ejecutarse a principios de 2010 cuando un ingeniero agrónomo de los Estados Unidos decide viajar a Guatemala y empezar a ejecutar un proyecto que consiste en utilizar desechos orgánicos en los

mercados y producir compost, además de brindar oportunidades de trabajo para personas que recogen basura, con esto lograron alcanzar en 2019 las 100,000 libras de residuos compostados.

Al negociar con la Municipalidad de Guatemala para que apoyen la iniciativa, ellos aceptan con el acuerdo de usar cierta parte del compost para jardines de la capital. Gracias al apoyo de la oficina de Medio Ambiente de la municipalidad, se consigue el préstamo de un predio en el mismo mercado del CENMA para poder realizar el proceso de compostaje.

Los objetivos primarios con los cuales se inicia este proyecto son los siguientes:

- Generar puestos de empleo ambientalistas, y brindar educación y capacitación a personas que recogen basura en el basurero de la zona 3 de la ciudad de Guatemala.
- Reducir el gasto de compra de sustrato para mejorar los jardines y parques de la ciudad de Guatemala.
- Proporcionar al mercado del CENMA una opción de manejar los desechos, reduciendo costos del traslado de estos. Dándole una imagen ambientalista.

### **C. Evaluación de método actual de compostaje de COMPOST S.A.**

Se elaboró compost mediante el método que actualmente realizan en COMPOST S.A. (volteo de pilas mecanizado) para evaluar las características de los residuos orgánicos generados en el CENMA y determinar si el compost producido cumple con los parámetros adecuados para ser comercializado. Para definir la situación actual se decidió trabajar un manual de procedimiento para documentar el trabajo realizado.

Además, se recabaron datos sobre la densidad de bulto de los residuos y el porcentaje final de compost obtenido los cuales sirvieron para determinar los recursos necesarios para diseñar el prototipo del proceso industrializado.

# Manual de procedimiento de recolección y clasificación de residuos actual de COMPOST S.A.

	<b>Manual de procedimiento de recolección y clasificación actual de COMPOST S.A.</b>	<b>Elaborado por:</b> Samuel Anleu
	<b>Procedimiento de preparación para realizar el proceso de compostaje de COMPOST S.A.</b>	<b>Revisado por:</b> Ing. Julio Gálvez

## 1. Propósito

Describir los procedimientos de preparación actuales previo al proceso de producción de compost.

## 2. Alcance

Conocer los procedimientos de preparación por parte del personal en los procesos de recolección, clasificación de residuos, así como su manipulación para armar las pilas de compostaje.

## 3. Definiciones

- a. Equipo de protección personal: es un tipo de ropa o equipo diseñado para reducir la exposición de los empleados a peligros químicos, biológicos y físicos cuando se encuentran en un lugar de trabajo.
- b. Clasificación primaria de residuos: es el tipo de clasificación más básica la cual consiste en separar los residuos orgánicos de los inorgánicos
- c. Residuos inorgánicos: residuos no biodegradables como metal, vidrio, cartón, plástico, cuero, hule, fibras, cerámica, madera, ropa y textiles.
- d. Residuos orgánicos: son todos los elementos que son desechos o residuos de origen animal y/o vegetal.

## 4. Responsabilidades

- a. Recolección de residuos
- b. Clasificación primaria de residuos
- c. Preparación para armar las pilas de residuos para compostaje

## 5. Descripción de actividades

Actividad	Tareas	Descripción
1. Recolección de residuos	1 Recorrer los puntos de venta del CENMA en pick-up	Los encargados de esta tarea conocen que puntos de venta generan más residuos vegetales. Además, no siempre hay residuos en todos los puntos de venta.
	2 Detener el vehículo en los puestos donde haya residuos vegetales disponibles para recolectar.	No siempre hay espacio para estacionar el vehículo por lo que el conductor debe de quedarse en el por si es necesario moverlo.

Actividad	Tareas	Descripción
	3 Subir los residuos orgánicos al pick-up	Lo realiza el copiloto del vehículo el cual no utiliza equipo de protección personal. Al ser un proceso manual, el encargado de realizar esto procura subir solamente los residuos orgánicos.
2. Clasificación de residuos	1 Bajar los residuos del pick-up	Los encargados bajan los residuos en la zona de compostaje y separan manualmente los materiales indeseados como plásticos, vidrio o metales. Solamente utilizan guantes de jardinería como equipo de protección personal.
	2 Separación de materiales indeseados	
3. Preparación para armar las pilas de residuos para compostaje	1 Uso de herramientas	Para armar las pilas utilizan palas o tridentes. El personal rara vez utiliza equipo de protección personal y si lo hace son únicamente guantes.

## 6. Imágenes de referencia

**Figura 5. Vehículo utilizado para recolectar residuos orgánicos**



**Figura 6. Preparación de pilas para compostar en CENMA**



# Manual de procedimiento del proceso de producción de compost actual de COMPOST S.A.

	<b>Manual de procedimiento de producción actual de COMPOST S.A.</b>	<b>Elaborado por:</b> Samuel Anleu
	<b>Procedimiento para la elaboración de compost por medio del sistema de pilas con volteo mecanizado</b>	<b>Revisado por:</b> Ing. Julio Gálvez

## 1. Propósito

Replicar el proceso de compostaje que se lleva a cabo en el CENMA mediante el sistema de volteo mecanizado y poder determinar la calidad del compost obtenido.

## 2. Alcance

Valido para cualquier persona o proyecto que desee replicar el proceso llevado a cabo en el presente trabajo; el cual termina con el filtrado y determinación de masa final de compost obtenido. La duración del proceso para obtener compost con este método es de 4 meses.

## 3. Definiciones

- Sistema de pilas con volteo mecanizado: se utiliza un minicargador para voltear las pilas y favorecer la aireación.
- Residuos orgánicos: son todos los elementos que son desechos o residuos de origen animal y/o vegetal.
- Densidad de bulto: incluye la porosidad de los diferentes materiales y sirve cuando se tienen muestras con características no homogéneas.

## 4. Referencias

Parámetros	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica (2-5 semanas)	Rango ideal de compost (3-6 meses)	Rango ideal de compost maduro
<b>Temperatura</b>	45 – 60°C	45°C-Temperatura ambiente		Temperatura ambiente

Fuente: Román, *et al.*, 2013

## 5. Responsabilidades

- Determinación de densidad de bulto de los materiales orgánicos
- Armar las pilas y registrar sus dimensiones (largo, ancho y alto)
- Determinación de masa inicial de residuos
- Realizar los volteos de las pilas con el minicargador
- Control y registro de temperatura de la pila a lo largo del proceso
- Envío de muestras para análisis de laboratorio
- Cernido del compost
- Determinar la masa final de compost y porcentaje de masa final.

## 6. Descripción de actividades

Actividad	Tareas	Descripción
1. Determinación de la densidad de bulto	1 Tarar los recipientes	Utilizar recipientes iguales con un volumen determinado y determinar su peso con una báscula digital.
	2 Introducir los residuos a los recipientes	Introducir los residuos orgánicos a los recipientes hasta que estén completamente llenos evitando compactar los materiales.

Actividad	Tareas	Descripción	
	3	Determinar masa de residuos dentro de los recipientes	Pesar cada uno de los recipientes con los residuos adentro y restarle el peso original de los recipientes para obtener la masa de los materiales.
	4	Cálculo de densidad de bulto	Dividir la masa de los residuos de cada recipiente entre el volumen ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ). Realizar diez mediciones para obtener un promedio.
2. Armar las pilas y registrar sus dimensiones	1	Armar primera pila	Armar la pila en forma de prisma triangular con un alto de entre 1.5 a 2 metros y un ancho de 1.5 a 3 metros y una longitud variable dependiendo del espacio disponible.
	2	Registro de dimensiones de la pila	Medir las dimensiones de la pila con una cinta métrica (Ancho x Largo x Alto). Determinar el volumen multiplicando cada dimensión.
	3	Armar y registrar dimensiones de la segunda pila	Armar otra pila cerca de la original al día 15 de haber armado la primera. Registrar sus dimensiones para calcular su volumen al igual que con la primera.
	4	Mezclado de pilas	Una vez armada la segunda pila, mezclarla con la primera con el minicargador.
3. Determinación de masa inicial de residuos	1	Cálculo	Sumar el volumen inicial de las dos pilas y multiplicarlo por el promedio de la densidad de bulto determinada en la actividad 2: $\text{m}^3 * (\text{kg}/\text{m}^3)$ .
4. Volteos de las pilas con el minicargador	1	Realizar volteos con minicargador	Solicitar al operario del minicargador de la municipalidad realizar volteos a las pilas, que consisten en levantar el material y dejarlo caer sobre la misma superficie.
5. Toma y registro de temperatura	1	Toma de temperatura	La temperatura de toma con un termómetro analógico el cual debe de ser introducido en la pila dejando únicamente en la superficie el dial. Se debe de esperar unos segundos en lo que la temperatura se estabiliza.
	2	Registro de temperatura	Tomar mediciones todos los días procurando que esté dentro de los rangos aconsejables (ver referencias).
6. Envío de muestras para análisis de laboratorio	1	Recolección de muestra	El laboratorio requiere que la muestra sea una libra únicamente por lo que se debe de tomar diferentes muestras en diferentes zonas hasta llegar a una libra; para que la muestra sea más representativa. Enviar muestra al finalizar el proceso (115 días)
	2	Empaque de muestra	Introducir la muestra en una bolsa cerrada y colocarle identificación (fecha, lote, tipo de análisis deseado) en el caso del laboratorio Analab, el análisis para compost es el O-1.
7. Cernido del compost	1	Verificación de temperatura	Tomar temperatura de la pila para verificar que esté en fase de enfriamiento (temperatura ambiente).
	2	Cernido	Trasladar la criba cerca de la pila de compost y colocar una manta debajo de la criba para recolectar el compost. Utilizar una pala para recoger el compost y pasarlo por la criba. En la parte inferior caerá el compost filtrado.
8. Determinación de porcentaje de masa final	1	Masa final de compost	Recoger el compost en recipientes tarados para poder medir y determinar la masa total de compost obtenido sumando cada una de las mediciones.
	2	Cálculo	Dividir la masa final de compost entre la masa inicial de residuos y multiplicarlo por 100%.

## **7. Imágenes de referencia**

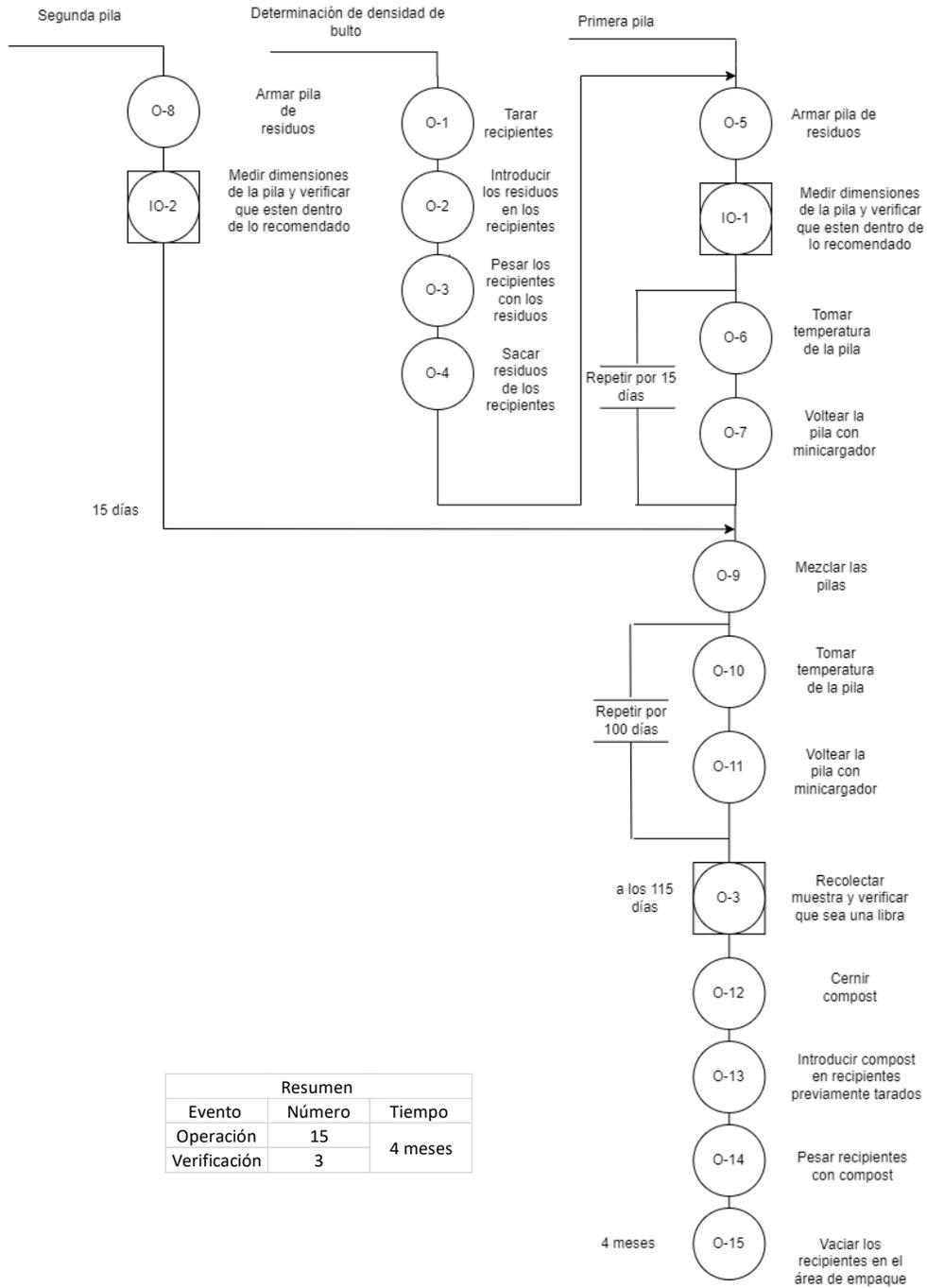
**Figura 7. Sistema de volteo de pilas en COMPOST S.A.**



## **8. Diagrama de operaciones del proceso de producción de compost actual de COMPOST S.A.**

Diagrama del proceso de producción de compost que muestra las operaciones que se deben de llevar a cabo para replicar el proceso de producción de compost actual de COMPOST S.A. junto con la determinación de densidad de bulto y porcentaje de compost final.

Diagrama de procesos operativos  
Método de compostaje actual  
Dibujado por: Samuel Anleu  
Revisado por: Ing. Julio Gálvez



## Manual de procedimiento del proceso de empaque de compost actual de COMPOST S.A.

	Manual de procedimiento de empaque de compost actual de COMPOST S.A.	Elaborado por: Samuel Anleu
	Procedimiento para el empaque del compost finalizado	Revisado por: Ing. Julio Gálvez

### 1. Propósito

Describir el proceso de empaque de compost actual realizado por COMPOST S.A.

### 2. Alcance

Entender cuál es la situación actual respecto al proceso de empaque de compost de COMPOST S.A.

### 3. Responsabilidades

- a. Llenado de sacos
- b. Cierre de sacos

### 4. Descripción de actividades

Actividad	Tareas	Descripción
1. Llenado de sacos	1 Abrir los sacos	Mientras una persona abre el saco otra lo llena, ya sea tomando el compost con las manos o con una pala.
	2 Llenar los sacos	
	3 Pesar los sacos	Se usa una pesa romana para determinar que los sacos cuentan con la cantidad real.
2. Cierre de sacos	1 Cerrar los sacos	Para cerrar los sacos se usa una pita o lazo de nylon el cual amarran con las manos.

### 5. Imágenes de referencia

Figura 8. Llenado de sacos



Figura 9. Sacos de compost llenos y cerrados



## D. Resultados obtenidos

### 1. Densidad de bulto de los residuos orgánicos provenientes de la Central de Mayoreo (CENMA)

Los residuos utilizados para las mediciones habían sido recolectados para utilizarlos en las pilas de compost. Para tener un promedio de la densidad de bulto representativo se realizaron diez mediciones con la mezcla de los residuos. Este resultado sirvió de base para determinar la masa inicial de residuos utilizados y los requerimientos para el prototipo propuesto.

**Tabla 10. Mediciones realizadas para la determinación de la densidad de bulto de los residuos orgánicos recolectados en la Central de Mayoreo (CENMA).**

Medición	Peso (Kg)	Volumen ( $m^3$ )	Densidad de bulto ( $kg/m^3$ )
1	2.51	0.02	132.61
2	4.92	0.02	259.68
3	2.90	0.02	152.95
4	3.21	0.02	169.60
5	3.03	0.02	160.09
6	1.97	0.02	104.08
7	2.31	0.02	121.78
8	2.32	0.02	122.31
9	2.54	0.02	133.93
10	2.92	0.02	154.01

Se utilizaron recipientes previamente tarados del mismo volumen (5 galones) que fue calculado en metros cúbicos para obtener el resultado en kilogramos por metros cúbicos ( $kg/m^3$ ).

**Figura 10. Recipientes utilizados para colocar los residuos orgánicos.**



**Tabla 11. Resumen estadístico de la densidad de bulto de los residuos orgánicos recolectados en la Central de Mayoreo (CENMA).**

Promedio	Desviación estándar	Intervalo de confianza	
		Menor	Mayor
<b>151.11</b> <b>kg/m<sup>3</sup></b>	43.15 $\pm$ kg/m <sup>3</sup>	124.36 kg/m <sup>3</sup>	177.85 kg/m <sup>3</sup>

El promedio de la densidad de bulto de estos residuos entra dentro del rango estimado que es de 150 -250 kg/m<sup>3</sup> (Román, *et al.*, 2013). La variación en la densidad se puede ver en la desviación estándar (43.15 $\pm$  kg/m<sup>3</sup>), esta es elevada lo cual muestra la variedad de residuos vegetales que se recolectan en CENMA. La razón de esta baja densidad se debe principalmente a la presencia de residuos de restos de lechuga y vegetales similares que ocupan un volumen considerable, respecto a su peso, pero al iniciar la descomposición pierden su volumen significativamente.

## 2. Masa inicial de residuos

Las dimensiones de las pilas fueron tomadas para calcular su volumen utilizando la ecuación para el volumen de un prisma triangular y obtener las masas de las pilas utilizando la densidad (ver ecuaciones 2,3 y 4 en el Marco teórico).

Durante el proceso se realizaron dos pilas, ya que una segunda fue añadida a la original (en el día catorce del proceso) debido a que en los primeros días el volumen de la pila se reduce considerablemente y es necesario añadir más desechos para evitar que la temperatura no descienda a niveles que puedan afectar el proceso.

**Figura 11. Medición de las dimensiones de la pila de residuos.**



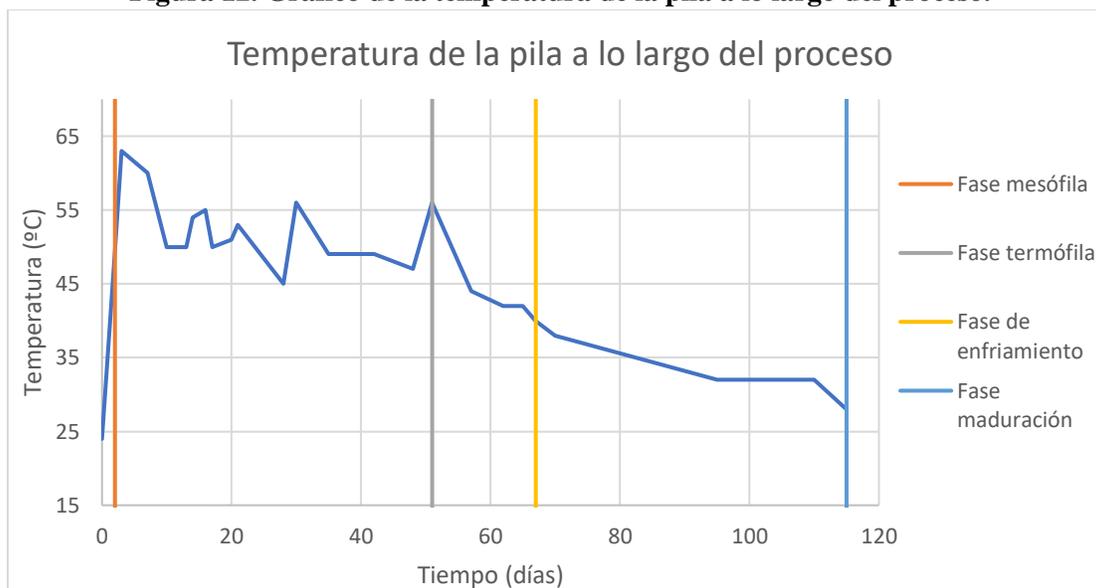
**Tabla 12. Volumen y masa de la pila de residuos utilizada para evaluar el proceso de compostaje.**

Volumen	Masa	Intervalo de confianza	
		Menor	Mayor
6.61 m <sup>3</sup>	998.49 kg	821.75 kg	1175.22 kg

### 3. Registro de temperatura de la pila a lo largo del proceso.

La temperatura fue tomada durante ciento quince días desde la elaboración de la primera pila. Esto para poder controlar si el proceso se estaba llevando correctamente durante las diferentes fases del compostaje: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración (consultar Fases del compostaje en el Marco teórico).

**Figura 12. Gráfico de la temperatura de la pila a lo largo del proceso.**



Se puede observar que la fase mesófila termina a partir del día 2 en donde la temperatura alcanzó los 50°C comparado con los 24°C (temperatura ambiente) iniciales. A partir del día 2 hasta el día 56 el proceso se mantuvo en fase termófila. En este periodo la temperatura se mantuvo entre los 45 y 63°C. La pila estuvo en fase de enfriamiento desde el día 56 al 70 periodo de tiempo en el cual la temperatura estuvo en un rango de temperatura entre 40 y 44°C. La fase de maduración empezó cuando la pila tenía una temperatura de 38°C. La fase duró desde el día 70 al 115 en donde se decidió cernir el compost para su venta, ya que la temperatura era prácticamente igual a la del ambiente (28°C) al hacer la medición.

El registro de la temperatura a lo largo del tiempo sirvió para comprobar que los rangos de temperatura y tiempo estuvieran dentro de lo recomendado en la literatura consultada. Esto también es una forma indirecta de verificar la calidad del producto final y evitar la presencia de semillas, plagas e incluso patógenos (ver Tabla 4).

### 4. Porcentaje de compost producido a partir de los residuos

Como se mencionó con anterioridad se obtuvieron 680.00 kg. La masa estimada de desechos utilizados para el proceso fue de 998.49 kg (ver Tabla 13). Estos datos fueron utilizados para obtener el porcentaje de compost obtenido a partir de los residuos utilizados y poder estimar cuanta producción se tendría al aprovechar todos los residuos. Se utilizó la siguiente ecuación:

**Ecuación 7. Porcentaje de compost obtenido.**

$$\text{Compost obtenido (\%)} = \frac{\text{compost obtenido}}{\text{residuos utilizados}} * 100\%$$

**Tabla 13. Resumen estadístico de la masa de la pila y el porcentaje de compost obtenido**

	Promedio	Límite menor	Límite mayor
<b>Masa inicial</b>	<b>998.49 kg</b>	821.75 kg	1175.22 kg
<b>Porcentaje obtenido</b>	<b>68.10%</b>	82.75%	57.86%

## 5. Análisis químico de compost obtenido

Se tomó una muestra de la pila elaborada junto con el proyecto en marcha ubicado en el CENMA y se envió una muestra al laboratorio (Analab) de aproximadamente una libra una vez las mediciones de temperatura indicaron que la pila había entrado en la fase de enfriamiento (temperatura ambiente) al día 115.

Para asegurarse que las muestras fueran representativas, se tomó del material compostado de diferentes zonas de la pila y se filtró todo junto para que todo se mezclara más de lo que ya se mezclaba a diario con el uso del minicargador para realizar los volteos. Los métodos utilizados para realizar el análisis químico fueron los utilizados por el laboratorio Analab para el análisis tipo O-1.

**Tabla 14. Comparación de parámetros del compost obtenido.**

Parámetro	Resultado	*Teoría
<b>pH</b>	<b>8.46</b>	<b>6.5 - 8.5</b>
<b>C/N</b>	<b>11.57</b>	<b>10 - 15</b>
<b>Nitrógeno (%)</b>	<b>0.72</b>	<b>1</b>

\*Parámetros químicos recomendados en la teoría (Román, *et al.*, 2013)

Los resultados mostraron que el compost obtenido cumple con los parámetros químicos recomendados. También se observaron aspectos a mejorar durante el proceso de descomposición. Estos fueron la generación de lixiviados y sobre todo la falta de una alternativa para su recolección y tratamiento adecuado. También se percibieron malos olores provenientes de las pilas, lo que indica que hubo zonas en donde se dieron zonas anaerobias que provocaron la generación de malos olores debido a la generación de lixiviados, amoníaco y metano; afectando también la calidad del producto final.

## E. Hallazgos de puntos de mejora en el proceso actual

**Tabla 15. Puntos de mejor en el proceso actual de COMPOST S.A.**

<b>Actividad</b>	<b>Punto de mejora</b>	<b>Descripción</b>
<b>1. Recolección de residuos</b>	Los trabajadores no utilizan equipo de protección personal	La municipalidad recolecta los residuos de los locales del CENMA y los traslada a un vertedero provisional. Debido a que actualmente no se aprovechan todos los residuos generados, COMPOST S.A. prefiere recolectarlos por su cuenta para elegir los residuos que sean principalmente orgánicos. El problema es que el personal no utiliza el equipo de seguridad adecuado sin tomar en cuenta que este proceso se podría eliminar.
	No se aprovecha el servicio de recolección que realiza la Municipalidad	
<b>2. Clasificación de residuos</b>	Los trabajadores no utilizan el equipo de protección personal adecuado.	Los trabajadores únicamente utilizan guantes de jardinería poniendo en riesgo su salud e integridad física debido que entre los residuos puede haber materiales cortopunzantes o posibles focos de infección.
	No cuentan con un lugar adecuado para depositar los residuos inorgánicos	Al separar los materiales inorgánicos únicamente los hacen a un lado para poder armar las pilas y no los depositan en un lugar adecuado.
<b>3. Armar las pilas para compostar</b>	Los trabajadores no utilizan el equipo de protección personal adecuado.	Los trabajadores únicamente utilizan guantes de jardinería poniendo en riesgo su salud e integridad física debido que entre los residuos puede haber materiales cortopunzantes o posibles focos de infección.  Con este sistema de compostaje, las pilas tienen dimensiones limitadas por temas de aireación lo que provoca que no se aproveche bien el espacio.
	Las dimensiones de las pilas son limitadas por lo que no se aprovecha el espacio	
<b>4. Volteos de pilas con el minicargador</b>	Riesgos de accidentes durante maniobras del minicargador en la zona de compostaje	No se despeja adecuadamente el área de maniobras del minicargador presentando el riesgo de un accidente con los trabajadores
<b>5. Toma y registro de temperatura</b>	Falta de estandarización de las mediciones	La toma de temperatura es importante para controlar si el proceso se realiza adecuadamente y si es necesario realizar más volteos. El problema es que las mediciones no se realizan de manera estandarizada y no siempre lo realizan por lo que no llevan un registro de estos datos.
	No se realiza de manera constante	
<b>6. Cernido de compost</b>	Seguridad de los empleados	Los trabajadores no utilizan el equipo completo de protección personal
	Proceso lento	Lo realizan con una criba donde colocan el compost y cae por debajo ya filtrado por lo que no se pueden llenar los sacos en el mismo proceso

Actividad	Punto de mejora	Descripción
<b>7. Contaminación por lixiviados</b>	Falta de un sistema de recolección de lixiviados	Debido a la alta cantidad de humedad de los residuos, se generan lixiviados que terminan en el suelo sin ser recolectados, ya que el proceso se realiza sobre el suelo
<b>8. Tiempo del proceso</b>	El proceso tarda 4 meses	Con el método del proceso actual el proceso de compostaje tarda 4 meses mientras que con otros métodos se puede reducir a la mitad.
<b>9. Proceso de empaque</b>	Tiempo del proceso	El proceso de empaque es lento debido a que se realiza de forma manual y los sacos no se sellan por completo; solamente se amarran. Los sacos no contienen la imagen de la empresa.
	Sacos mal cerrados	
	Empaque sin identificación de la marca	

## F. Diseño del prototipo de COMPOST S.A. acorde al método de pilas estáticas con aireación forzada

### 1. Propuestas de implementación

**Tabla 16. Propuestas de implementación para el prototipo del proceso de compostaje industrializado.**

Propuesta	Descripción
Sistema automatizado de ventilación	El proceso necesita de una adecuada aireación para que la descomposición se realiza de forma acelerada y correctamente, es decir que no genere tantos gases de efecto invernadero. La tecnología de sistema de aireación fija automatizada permite brindar el flujo de aire adecuado a las pilas dependiendo del nivel de temperatura y con ello reducir el uso innecesario del ventilador centrífugo ahorrando una gran cantidad de energía eléctrica.
Contenedores de basura	Implementar contenedores de basura para la clasificación primaria de los residuos, es decir separar los materiales orgánicos e inorgánicos para que, al ser recolectados por la municipalidad, ya estén listos para ser compostados.

Propuesta	Descripción
Brindar el equipo de protección personal adecuado a los trabajadores.	En el proceso de clasificación de residuos y empaque de compost los trabajadores tendrían contacto directo con los residuos por lo que esta implementación es necesaria para garantizar su seguridad.  Equipo de seguridad personal debe de incluir: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Protección ocular</li> <li>- Protección de manos</li> <li>- Protección de los pies</li> <li>- Protección respiratoria</li> <li>- Protección del cuerpo</li> <li>- Protección auditiva</li> <li>- Protección de la cabeza</li> </ul>
Reducir maniobras de minicargadores en la zona de compostaje	Las maniobras de los minicargadores dentro de la zona de compostaje crean riesgos de accidentes además de representar un gasto extra al utilizarlos más. Con el sistema de pilas estáticas no se tendrían que hacer volteos. Por lo que los minicargadores no se estarían utilizando más de lo que lo utiliza la Municipalidad.
Estandarizar el control y registro de temperatura	El control de temperatura es importante para ver si el proceso se está realizando adecuadamente y si es necesario airear las pilas. El sistema de pilas estáticas con aireación forzada proporciona este control de forma automatizada.
Unir los procesos de filtrado y empaque del compost	Se propone utilizar un tamiz de tambor para poder filtrar más rápido el compost y no realizarlo de forma manual. El llenado de los sacos se puede hacer colocando los sacos en la tolva de salida del tamiz de tambor
Control de los lixiviados	Las instalaciones para las pilas estáticas con aireación forzada incluyen el drenaje de lixiviados

## 2. Tecnología de sistema de aireación fija automatizada

Para evaluar la posibilidad de lograr aprovechar todos los residuos orgánicos en la Central de Mayoreo (CENMA) se propuso el método de pilas estáticas con aireación forzada, ya que es el método más industrializado por lo que permite tratar una mayor cantidad de residuos en un espacio menor del que se utilizaría con otro método más artesanal. Además, este cumple con los requerimientos de aireación y recolección de lixiviados. Con este método se obtienen compost estabilizado en 2 meses.

Esta tecnología fue desarrollada por la empresa Umwelt Elektronik posee un sistema completo de eficacia probada, dotado por un sistema de aireación por impulsión con un sensor, premio de innovación en el año 2005. Mediante un sensor y una unidad de control de los niveles de temperatura las 24 horas del día, se crean las condiciones de descomposición ideales dentro de la pila de compostaje, a la vez que se reducen los malos olores y otras emisiones.

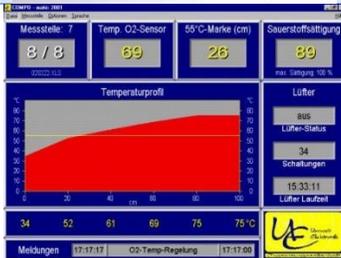
El resultado, un abono orgánico de alta calidad, una reducción de los tiempos de proceso, con una menor huella ecológica gracias al consumo limitado de energía y recursos humanos, así como la reducción de los gases efecto invernadero (Umwelt Elektronik, 2018).

**Tabla 17. Comparación de tiempo de compostaje.**

Fase de compostaje	Sistema actual*	Propuesta
Fase de mesófila	Día 2	Semana 1
Fase de termófila	Día 51	Semana 2-4
Fase de enfriamiento	Día 67	Semana 5-6
Fase de maduración	Días 115	Semana 7-8 (2 meses)

\*Tiempos del sistema actual basados en la Figura 12.

**Tabla 18. Descripción del sistema de compostaje automatizado**

Equipo	Ejemplo
Sistema de medición de temperatura	
Sistema de registro de temperatura	
Tuberías para ventilación y recolección de lixiviados	
Ventilador centrífugo	
Concreto para cubrir tuberías	

### 3. Sistemas de aireación

Sistemas estacionarios dentro del piso: Los tubos de aireación se instalan dentro de la losa de concreto de tal manera que sólo el borde de la boquilla permanezca visible.

Las ventajas de un sistema dentro del piso son evidentes:

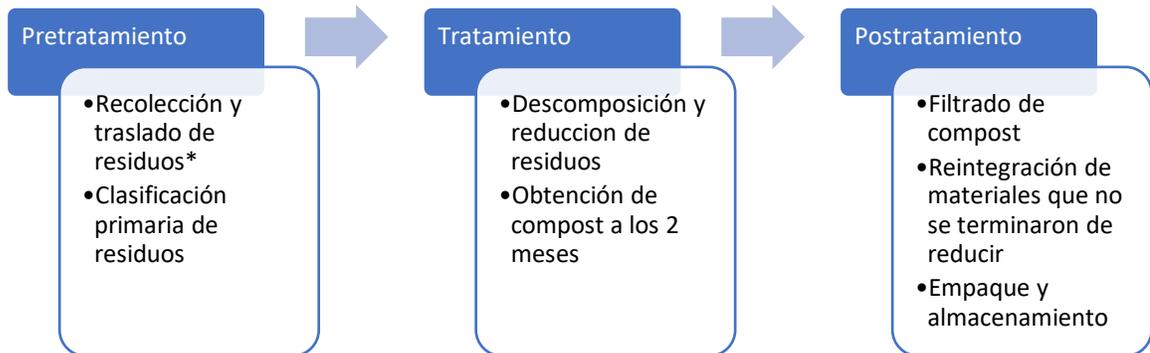
- Uso automatizado y optimo del ventilador dependiendo del registro de temperatura
- Una vez nivelado y ajustado, los tubos de ventilación ya no se requieren de mantenimiento a las tuberías
- No se requiere realizar controles o nivelaciones.
- Una vez instaladas, las tuberías y los aspersores están dentro del concreto y puede pasar maquinaria pesada.
- Además de la alimentación de aire y la distribución, estos tubos tienen un propósito más importante: el drenaje de lixiviados.



(Umwelt Elektronik, 2018).

### G. Fases del proceso

Figura 13. Fases del compostaje por el método de propuesto para COMPOST S.A.



\*La recolección y traslado de los residuos lo realizaría la Municipalidad.

Las fases del proceso de compostaje industrializado se pueden dividir en tres:

1. **Pretratamiento:** se incluye la recolección de los residuos y traslado hacia la zona de compostaje que en el caso del proyecto COMPOST S.A. esta parte del proceso se realiza por la Municipalidad en donde se puede aprovechar concientizar a los vendedores a clasificar sus residuos. A pesar de que no existe una cultura de reciclaje y clasificación de residuos la gran mayoría de puestos de venta son de productos vegetales por lo que prácticamente los residuos que generan son en su totalidad orgánicos.

**Figura 14. Residuos recolectados por la Municipalidad del CENMA.**



También se propone implementar contenedores de basura para separar los residuos orgánicos e inorgánicos y así al recolectar los residuos ya estén listos para pasar a la fase de compostaje.

2. **Tratamiento:** al tratarse de un sistema de pilas estáticas con aireación forzada únicamente se deben de colocar los residuos en la zona de compostaje y monitorear que el sistema automatizado funcione bien; es decir que esté proporcionando la ventilación suficiente y que la temperatura este dentro del rango aconsejable para la descomposición (45-65°C).

Para el método de pilas estáticas con aireación forzada se aconseja tener cuatro pilas de residuos para colocar en cada una de ellas los residuos generados durante dos semanas. Por medio de la densidad de bulto de los residuos (Tabla 11) se estima que el volumen que ocuparía los residuos generados orgánicos generados en dos semanas serían de 1,000 metros cúbicos. Por lo que se planteó que cada espacio para las pilas sea de 10 metros de ancho y 20 metros de largo; tomando en cuenta que la altura de las pilas para este método puede ser de 5 metros.

3. **Postratamiento:** se realizaría a los dos meses de haber empezado el proceso donde se filtraría el compost ya madurado y se separarían los materiales que no se terminaron de reducir; para ser reintegrados a las nuevas pilas y que sirvan como fuente de microorganismos. Además, en esta parte se incluiría el empaque del producto y su almacenamiento temporal. El proceso se realizaría con un tamizador de tambor lo que facilitaría el empaque del compost.

## H. Planificación de gestión de residuos

### 1. Residuos generados en CENMA

En CENMA se generan alrededor de 13.93 toneladas de residuos diarias, de las cuales se estima que el 85% son orgánicos dando un total de 11.84 toneladas de materiales que se recibirían para compostar diariamente y alrededor de 2.09 toneladas de residuos inorgánicos como plásticos, vidrios, metales, entre otros.

**Tabla 19. Clasificación primaria de residuos generados diariamente en el CENMA**

Residuos generados	Residuos orgánicos	Residuos inorgánicos
13.93 toneladas	11.84 toneladas	2.09 toneladas

## 2. Cantidad y dimensiones de galpones para compostaje

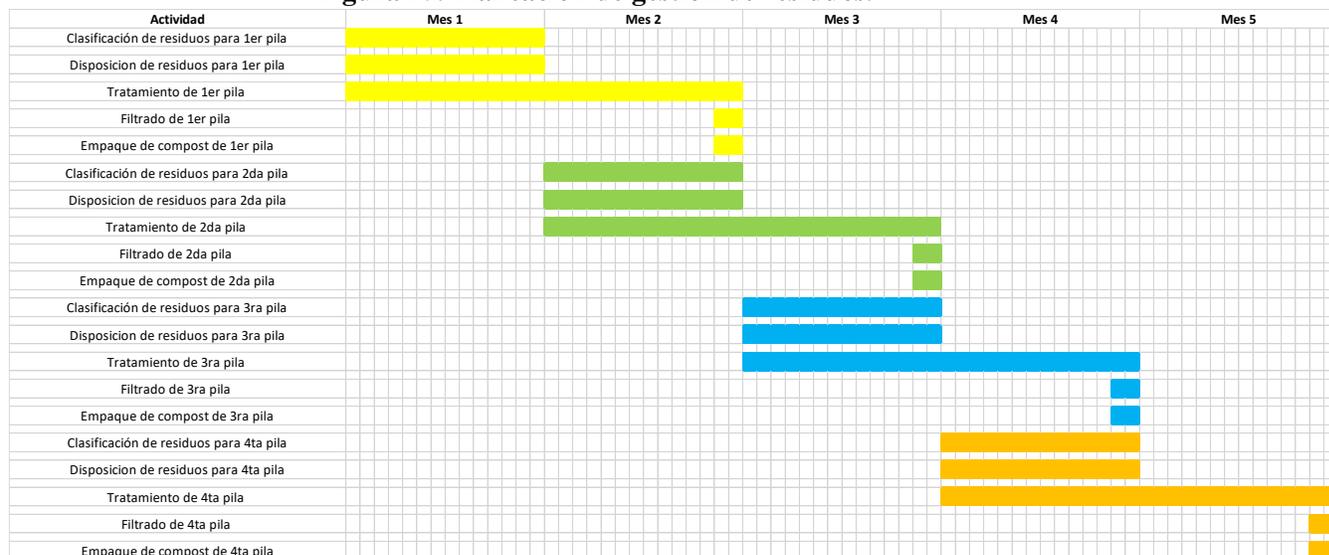
La información proporcionada por la empresa Umwelt Elektronik considerada para la determinación del número y dimensiones de los galpones para compostaje es la siguiente:

- Reducción de volumen de residuos: 50% (el primer mes), hasta el 60% (dos meses).
- Tiempo de compostaje de 2 meses
- Únicamente el primer mes del proceso se pueden introducir residuos a los galpones
- Altura máxima de pilas de compostaje: 5 metros
- La capacidad de volumen de cada galpón para este proceso debe de ser del 60% del total
- De ser posible, tener un mínimo de 4 galpones para los casos en los que se tiene una generación de residuos constante a lo largo del proceso.

Las condiciones del CENMA a tomar en cuenta para el dimensionamiento de los galpones de compostaje son los siguientes:

- Volumen de residuos generados mensualmente: 1,462.17 metros cúbicos
- 60% del volumen mensual (volumen mínimo requerido por galpón): 877.30 metros cúbicos
- 4 galpones: 20 metros de largo y un ancho de 10 metros
- Tomando en cuenta una altura máxima por pila de residuos de 5 metros los galpones tendrían una capacidad de 1,000 metros cúbicos cada uno.

**Figura 15. Planeación de gestión de residuos.**



Como se observa en la Figura 15 cada mes se estaría terminando de formar una pila por lo que se iniciaría otra. Al mes se tendría una producción de compost de una pila terminada (Tabla 19).

## 3. Estimación de compost producido

Utilizando el porcentaje de compost que se obtiene al final del proceso (Tabla 13) se calculó el compost producido para cada pila cada pila y el compost producido mensual y anualmente.

**Tabla 20. Compost que se produciría con el sistema de pilas estáticas con aireación forzada**

	Cantidad mensual	Cantidad anual
<b>Residuos tratados</b>	355.2 toneladas	4,262.4 toneladas
<b>Compost producido</b>	241.9 toneladas 5,326 quintales	2,902.7 toneladas 63,917 quintales

Nota: las toneladas de residuos se multiplicaron por 68.1% (ver Tabla 13) para determinar el compost que se obtendría.

## I. Requerimientos basados en la cantidad de residuos generados en CENMA

### 1. Inversiones necesarias

En esta parte se listan y describen las inversiones necesarias para el prototipo del proceso de compostaje industrial. Únicamente se tomaron en cuenta las inversiones extras que se tendrían que hacer, sin contar con la maquinaria, vehículos y terreno proporcionado por la Municipalidad de Guatemala.

**Tabla 21. Descripción de maquinaria, equipo y materiales necesarios.**

Descripción	Aplicación	Imagen
<p><b>Nombre:</b> Sistema de compostaje automatizado  <b>Marca:</b> Umwelt Elektronik  <b>Dimensiones:</b> 800 m<sup>2</sup> (4 galpones de 10*20m)  <b>Capacidad:</b> 4,262.4 toneladas de residuos anuales  <b>Consumo:</b> Q6,399.36 (ventilador y sistema de medición)  <b>Mantenimiento:</b> Q2,000.00 anuales  <b>Precio:</b> Q1,540,000.00 (diseño, materiales, mano de obra)</p>	<p>Esta inversión abarca la construcción de los cuatro galpones, el sistema de aireación que incluye tuberías especiales y un ventilador centrífugo, el sistema de medición y registro de temperatura, además el sistema de tuberías también sirve para la canalización de los lixiviados. Dado que la empresa es la que proporciona todo el servicio desde el diseño hasta la implementación el precio dado fue de Q1,540,000.00 tomando en cuenta la mano de obra, sistema de tuberías para aireación y canalización de lixiviados, ventilador, construcción de concreto y equipos de medición de temperatura.</p>	
<p><b>Nombre:</b> Trommel / sistema de envasado  <b>Marca:</b> Huahong  <b>Capacidad:</b> 10Tm/h  <b>Consumo:</b> 4kW  <b>Vida útil:</b> 10 años  <b>Depreciación:</b> 10% anual.</p>	<p>Para el cernido del material al finalizar el compostaje y separar elementos gruesos que aun no se han descompuesto o elementos que no son compostables (metales, piegras, plásticos, entre otros). Además, facilita el llenado de</p>	

Descripción	Aplicación	Imagen
<b>Mantenimiento:</b> Q.3,600.00 anuales <b>Precio:</b> Q23,100.00	los sacos, haciendo el proceso menos manual.	
<b>Nombre:</b> Camión foton 13 Ton <b>Marca:</b> Foton <b>Capacidad de carga:</b> 13 ton <b>Consumo:</b> 9.46 km/gal <b>Vida Util:</b> 10 años <b>Depreciación:</b> 10% anual <b>Mantenimiento:</b> ver anexo 3 <b>Precio:</b> Q291,060.00	La oferta maxima del prototipo sería 2,902 toneladas anuales lo que supondría un 9.3 toneladas diarias tomando 26 días laborales por mes. Por lo que contar con un vehículo de 13 toneladas de carga es la mejor opción si se toma en cuenta que no todos los pedidos serán de la misma cantidad.	
<b>Nombre:</b> Báscula industrial <b>Marca:</b> Baxtran <b>Capacidad:</b> 150 kg <b>Precio:</b> Q673.75	Las básculas industriales servirán para determinar que los sacos de empaque contengan las 100 libras de compost indicadas antes de cerrar los sacos.	
<b>Nombre:</b> cosedora de sacos portátil <b>Marca:</b> Megatex <b>Consumo eléctrico:</b> 0.184 kW <b>Precio:</b> Q. 570.70	Para coser los sacos luego de ser llenados y pesados.	
<b>Nombre:</b> Equipo de protección personal <b>Marca:</b> varios <b>Precio:</b> Q640.00	El equipo de seguridad personal incluye: lentes, tapones para oídos, guantes protectores, casco de seguridad, botas de punta de acero, chaleco reflectivo, respirador de media cara. Este equipo se le brindará a todo el personal de la municipalidad y también al personal extra que sería necesario para el prototipo.	

Descripción	Aplicación	Imagen
<b>Nombre:</b> Contenedores de basura <b>Marca:</b> Brocal <b>Capacidad:</b> 1,700 litros <b>Precio:</b> Q3,490.00	En CENMA se generan 57.34 metros cúbicos de residuos diarios por lo que se plantea la implementación de contenedores de basura para separar los residuos orgánicos e inorgánicos para facilitar el proceso de compostaje.	

## 2. Material de empaque

En este apartado se incluye el material de empaque necesario para el compost, para este caso se planteó una sola presentación para clientes mayoristas de un quinta o 100 libras. Para esto únicamente son necesarios los sacos, con las dimensiones necesarias para contener 100 libras de compost y conos de hilo que se colocan en las selladoras de sacos portátiles para cerrar los sacos.

**Tabla 22. Material de empaque necesario**

Descripción	Aplicación	Imagen
<b>Nombre:</b> sacos para 100 lb <b>Dimensiones:</b> 0.7x0.45x0.16m <b>Precio:</b> Q. 3.10 cada uno	Material de empaque del producto terminado.	
<b>Nombre:</b> cono de hilo para cosedora de sacos <b>Consumo:</b> 1 cono / 160 sacos <b>Precio:</b> Q. 13.00	Para cerrar los sacos (parte del material de empaque).	

## 3. Empleados extras

En esta sección se clasifican los empleados extras necesarios para el prototipo. Los empleados extras son los que no pertenecen a la municipalidad, específicamente al proceso de logística de recolección y traslado de residuos que son 12; en la inversión necesaria estará contemplado el gasto de brindar equipo de protección personal también a estos empleados. Tomando en cuenta los 12 empleados de la municipalidad, los cuatro operadores extras y el supervisor, se tendría que hacer una inversión para 17 equipos de protección personal.

**Tabla 23. Descripción de funciones de los empleados extras para el prototipo.**

Puesto	Cantidad	Objetivo para el prototipo
Gerente general	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis completo del estado del proyecto</li> <li>- Expandir cartera de clientes</li> <li>- Verificar que se cumplan las entregas a los clientes</li> </ul>
Supervisor	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pasar Checklist de verificación para garantizar que todos los operadores tengan el equipo de seguridad personal completo y lo devuelvan al finalizar sus labores.</li> </ul>

Puesto	Cantidad	Objetivo para el prototipo
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hacer chequeos a los equipos de medición de temperatura y ventilación para compostaje.</li> </ul>
Operadores	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terminar de separar los residuos inorgánicos y orgánicos manualmente previo al compostaje</li> <li>- Llenar y sellar los sacos de compost.</li> </ul>
Conductor de reparto	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conducir el camión de reparto para las entregas de producto terminado a los clientes.</li> </ul>

## Manual de procedimiento propuesto para el pretratamiento de residuos

	<b>Manual de procedimiento propuesto para el pretratamiento de los residuos</b>	<b>Elaborado por:</b> Samuel Anleu
	<b>Procedimiento para el pretratamiento de los residuos generados en CENM previo al sistema de pilas estáticas con aireación forzada</b>	<b>Revisado por:</b> Ing. Julio Gálvez

### 1. Propósito

Explicar el proceso de pretratamiento de los residuos generados en el CENMA para que el sistema de compostaje de pilas estáticas con aireación forzada funcione adecuadamente.

### 2. Alcance

Clasificar los residuos generados en CENMA, separando los materiales orgánicos e inorgánicos de manera segura para los trabajadores y que estos materiales queden listos para compostar. Proponiendo Checklist de entrada y salida para asegurarse que todos los empleados cuenten con su equipo de protección personal completo y lo devuelvan al finalizar sus labores; este Checklist sería aplicable a todos los empleados y no únicamente a los encargados de clasificar los residuos.

### 3. Definiciones

- Equipo de protección personal: es un tipo de ropa o equipo diseñado para reducir la exposición de los empleados a peligros químicos, biológicos y físicos cuando se encuentran en un lugar de trabajo.
- Clasificación primaria de residuos: es el tipo de clasificación más básica la cual consiste en separar los residuos orgánicos de los inorgánicos
- Residuos inorgánicos: residuos no biodegradables como metal, vidrio, cartón, plástico, cuero, hule, fibras, cerámica, madera, ropa y textiles.
- Residuos orgánicos: son todos los elementos que son desechos o residuos de origen animal y/o vegetal.

### 4. Referencias

**Tabla 24. Equipo de protección personal propuesto para el personal de COMPOST S.A.**

Equipo	Descripción	Imagen
Protección ocular	Gafas de protección laboral con lente transparente	
Protección auditiva	Tapones de protección reusables	

Equipo	Descripción	Imagen
Protección de manos	Guante resistente a cortes e impermeable en la zona de la palma de la mano.	
Protección de los pies	Botas de punta de acero y antideslizantes	
Protección de la cabeza	Casco de seguridad de polietileno	
Protección respiratoria	Respirador de media cara de protección respiratoria y partículas	
Protección de cuerpo	Chaleco reflectivo	

## 5. Responsabilidades

- Pasar Checklist en la entrada a los trabajadores para verificar que cuenten con el equipo de protección personal adecuado.
- Separar los residuos inorgánicos de los orgánicos
- Pasar Checklist en la salida para verificar que los trabajadores están regresando el equipo de protección personal antes de salir.

## 6. Descripción de actividades

Actividad	Tareas	Descripción
1. Pasar Checklist de entrada	1 Dar ingreso del personal	Al ingresar el personal se deben de colocar su equipo de seguridad personal completo, este debe de ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Protección ocular (lentes protectores)</li> <li>- Protección de manos (guantes)</li> <li>- Protección de los pies (botas de punta de acero)</li> </ul>
	2 Esperar a que se coloquen su equipo de seguridad	
	3 Pasar un Checklist para registrar que al iniciar la clasificación todos los trabajadores cuentan con su equipo de seguridad personal completo.	

Actividad	Tareas	Descripción
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protección respiratoria (respirador de media cara)</li> <li>- Protección del cuerpo (chaleco reflector)</li> <li>- Protección auditiva (tapones para oídos)</li> <li>- Protección de la cabeza (casco de seguridad)</li> </ul>
2. Separar los residuos inorgánicos de los orgánicos.	1 Recoger los residuos inorgánicos manualmente y separarlos de los orgánicos	Alrededor del 85% de los residuos son orgánicos por lo que es más conveniente recoger los inorgánicos.
	2 Colocar los residuos inorgánicos en contenedores identificados	Colocar los residuos inorgánicos en contenedores garantiza que estos no se vuelvan a mezclar con los orgánicos y que sea más fácil su recolección, ya sea por la Municipalidad o para venta de reciclaje.
	3 Despejar la zona de clasificación	Luego de terminar la clasificación el personal debe de desocupar la zona para que los minicargadores puedan trasladar los residuos a la zona de compostaje.
3. Pasar Checklist de salida	1 Esperar a que los empleados se quiten el equipo de seguridad personal y tomen sus pertenencias	A la hora de la salida de los empleados deben de entregar de vuelta el equipo de protección personal para ello se pasará el Checklist de salida para verificar que todo el equipo esté completo.
	2 Pasar Checklist para verificar que todo el equipo de protección personal haya sido devuelto.	

## 7. Formato del Checklist para la verificación del cumplimiento del equipo de protección personal

**Figura 16. Formato del Checklist del equipo de protección personal**

	Nombre:														Si cumple	No cumple			
	CUI:														<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Foto																			
Equipo	Fecha		Fecha																
	Entrada	Salida	Entrada	Salida															
1. Gafas																			
2. Tapones																			
3. Guantes																			
4. Botas																			
5. Casco																			
6. Respirador																			
7. Chaleco																			



Nota: el Checklist se usará en la entrada de los empleados para verificar que cuentan con todo su equipo y a la salida para registrar que el equipo fue devuelto por cada empleado.

## Manual de procedimiento propuesto para el tratamiento de residuos

	<b>Manual de procedimiento propuesto para el tratamiento de residuos</b>	<b>Elaborado por:</b> Samuel Anleu
	<b>Procedimiento para la elaboración de compost por medio del sistema de pilas estáticas con aireación forzada</b>	<b>Revisado por:</b> Ing. Julio Gálvez

### 1. Propósito

Explicar el proceso de compostaje que se llevaría a cabo en el CENMA mediante el método de pilas estáticas con aireación forzada.

### 2. Alcance

Procedimiento propuesto para compostar los residuos orgánicos generados en la Central de Mayoreo (CENMA) mediante el método de pilas estáticas con aireación forzada en donde se eliminan los volteos de pilas y el control manual de temperatura; con una duración de 2 meses para alcanzar el compost finalizado.

### 3. Definiciones

- a. Sistema de pilas estáticas con aireación forzada: la pila de compostaje no se mueve del sitio, la aireación del sistema se realiza bien suministrando aire a presión o mediante succión de este y es de manera automática dependiendo de la temperatura de la pila.
- b. Residuos orgánicos: son todos los elementos que son desechos o residuos de origen animal y/o vegetal.

### 4. Responsabilidades

- a. Preparación del sistema de pilas estáticas
- b. Disposición de residuos en las áreas de compostaje
- c. Tratamiento de residuos

### 5. Descripción de actividades

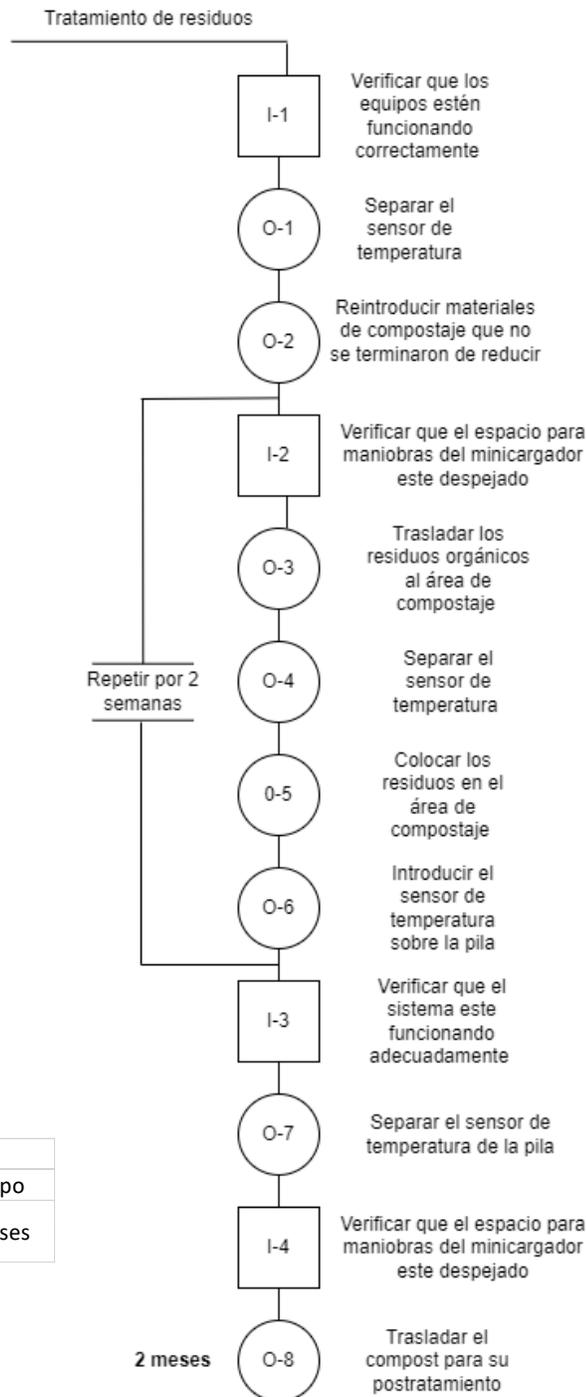
Actividad	Tareas	Descripción
Preparación del sistema de pilas estáticas	1 Verificar que los equipos estén funcionando correctamente	Básicamente los equipos son 2: el sensor de temperatura y el ventilador. Se debe de verificar que el sensor este tomando la temperatura y se cree un registro y que el ventilador esté funcionando adecuadamente.
	2 Separar el sensor de temperatura	La única pieza móvil del sistema de pilas estáticas es el sensor este se debe de separar antes de introducir los materiales que se van a compostar.
	3 Reintroducir materiales de compostaje anterior que no se terminaron de reducir	Al terminar los dos meses de descomposición se filtra el compost y siempre sobran materiales que no se terminaron de reducir. Estos se pueden volver a introducir a nuevas pilas para que aporten microorganismos que aceleren el proceso.

<b>Actividad</b>	<b>Tareas</b>	<b>Descripción</b>	
Disposición de residuos en las áreas de compostaje	1	Verificar que el espacio para maniobras del minicargador esté despejado	Despejar la zona de maniobras para la maquinaria para evitar que accidentes con el personal.
	2	Verificar que el sensor de temperatura este apartado del espacio donde se colocarán los residuos para composta	Al dejar caer los residuos sobre el sensor este se puede dañar. Además, el sensor de temperatura se debe de introducir sobre la pila.
	3	Trasladar los residuos orgánicos (ya separados) que se reciben diariamente al área de compostaje durante dos semanas.	Cada espacio para las pilas estará diseñado para que pueda albergar los residuos generados en CENMA durante dos semanas. Al terminar las dos semanas se debe de llenar otro espacio.
	4	Colocar el sensor de temperatura sobre la pila	Una vez colocados los materiales que se compostaran ya se puede introducir el sensor de temperatura sobre la pila para que este pueda indicarle al ventilador cuando es necesario airear la pila.
Tratamiento de residuos	1	Verificar que los equipos estén funcionando adecuadamente.	Al ser un sistema automatizado solo se debe de verificar que el equipo este realizando las mediciones de temperatura y los ventiladores estén trabajando adecuadamente. El proceso dura 2 meses incluyendo las dos semanas iniciales cuando se introducen los residuos.
	2	Separar el sensor de temperatura	Una vez pasados los 2 meses se debe de quitar el sensor de temperatura para que los minicargadores puedan trasladar el compost para que sea filtrado.
	3	Verificar que el espacio para maniobras del minicargador esté despejado	Despejar la zona de maniobras para la maquinaria para evitar que accidentes con el personal.
	4	Trasladar el compost para su postratamiento	Al finalizar los 2 meses se debe de trasladar el compost terminado para que sea filtrado y empacada.
Filtrado de compost terminado	1	Verificar que el área de compostaje esté despejada	Despejar el área de compostaje para que la maquinaria pueda maniobrar y recolectar el compost para trasladarlo al tamiz de tambor.
	2	Trasladar el compost al tamiz de tambor	Se debe de utilizar la maquinaria como un tractor o minicargador debido a que la cantidad de compost es demasiado grande para hacerlo manual
	3	Preparar el tamiz de tambor	El tamiz de tambor debe de estar girando antes de empezar a cargarlo de material para que no se sature.
	4	Utilizar la maquinaria para introducir el compost en la tova de ingreso del tamiz de tambor	Se debe de utilizar maquinaria como tractor o minicargador para esta parte del proceso debido a la gran cantidad de compost y la altura de la tolva del tamiz de tambor.
	5	Recolectar el material orgánico que no se terminó de reducir	Este material se puede volver a introducir en las pilas nuevas para que se terminen de reducir y aporten microorganismos.
Empaque del producto terminado	1	Trasladar las bolsas de empaque a la zona del filtrado de compost	El personal encargado del empaque del producto debe trasladar las bolsas de empaque, ya que el compost sale listo para

<b>Actividad</b>	<b>Tareas</b>		<b>Descripción</b>
			empacar de la tova de salida del tamiz de tambor.
	2	Llenar bolsas de empaque y sellarlas	Colocar las bolsas de empaque en la tolva de salida para que se llenen las bolsas y sellarlas para que puedan ser almacenadas
	3	Almacenamiento	Trasladar el compost empacado a la zona de almacenamiento para su distribución.

## 6. Diagrama de operaciones del proceso propuesto del tratamiento de residuos orgánicos

Diagrama de procesos operativos  
 Método de compostaje por pilas estáticas con aireación forzada  
 Dibujado por: Samuel Anleu  
 Revisado por: Ing. Julio Gálvez



Resumen		
Evento	Número	Tiempo
Verificación	4	2 meses
Operación	8	

## Manual del procedimiento propuesto para el postratamiento del compost

	<b>Manual de procedimiento propuesto para el postratamiento del compost</b>	<b>Elaborado por:</b> Samuel Anleu
	<b>Procedimiento para el postratamiento del compost obtenido a partir de los residuos orgánicos generados en CENMA</b>	<b>Revisado por:</b> Ing. Julio Gálvez

### 1. Propósito

Explicar el proceso de postratamiento del compost obtenido a partir de los residuos orgánicos generados en la Central de Mayoreo (CENMA).

### 2. Alcance

Procedimiento propuesto para filtrar y empaquetar el compost producido a partir del proceso de pilas estáticas con aireación forzada.

### 3. Definiciones

- a. Trómel o tamiz de tambor: se utilizan en una gran variedad de aplicaciones para separar la materia orgánica en plantas de residuos urbanos y envases, para eliminar del proceso materiales voluminosos o para separar inertes en plantas de afino de compost.

### 4. Responsabilidades

- a. Operar el minicargador
- b. Controlar el tamizador
- c. Llenar los sacos con compost
- d. Cerrar los sacos

### 5. Descripción de actividades

Actividades	Tareas	Descripción	
Filtrado de compost terminado	1	Verificar que el área de compostaje esté despejada	Despejar el área de compostaje para que la maquinaria pueda maniobrar y recolectar el compost para trasladarlo al tamiz de tambor.
	2	Trasladar el compost al tamiz de tambor	Se debe de utilizar la maquinaria como un tractor o minicargador debido a que la cantidad de compost es demasiado grande para hacerlo manual.
	3	Preparar el tamiz de tambor	El tamiz de tambor debe de estar girando antes de empezar a cargarlo de material para que no se sature.
	4	Utilizar la maquinaria para introducir el compost en la tova de ingreso del tamiz de tambor	Se debe de utilizar maquinaria como tractor o minicargador para esta parte del proceso debido a la gran cantidad de compost y la altura de la tova del tamiz de tambor.
	5	Recolectar el material orgánico que no se terminó de reducir	Este material se puede volver a introducir en las pilas nuevas para que se terminen de reducir y aporten microorganismos.
Empaque del producto terminado	1	Trasladar las bolsas de empaque y la báscula a la zona del filtrado de compost	El personal encargado del empaque del producto debe trasladar las bolsas de empaque, ya que el compost sale listo para empaquetar de la tova de salida del tamiz de tambor.

<b>Actividades</b>	<b>Tareas</b>		<b>Descripción</b>
	<b>2</b>	Llenar bolsas de empaque y sellarlas	Colocar las bolsas de empaque en la tolva de salida para que se llenen las bolsas y utilizar la báscula para determinar si cuentan con el peso indicado. Sellarlas para que puedan ser almacenadas
	<b>3</b>	Almacenamiento	Trasladar el compost empacado a la zona de almacenamiento para su distribución.

## J. Comparación del proceso actual con el proceso del prototipo propuesto

Tabla 25. Tabla comparativa entre el proceso actual y el proceso del prototipo propuesto

Recolección de residuos		
Proceso actual	Prototipo	Herramienta del prototipo
<p>Recorren el CENMA en pick-up recogiendo manualmente los desechos de los locales.</p> <p>Los empleados únicamente se colocan guantes para la recolección.</p>	Solicitar a la municipalidad el trasladando de la totalidad de los residuos a la zona de compostaje.	Vehículos y maquinaria con las que cuenta la Municipalidad de la zona.
Clasificación de residuos		
Proceso actual	Prototipo	Herramienta del prototipo
<p>No hay un proceso de clasificación de residuos.</p> <p>No hay un lugar destinado para colocar los residuos inorgánicos</p>	Implementar contenedores de basura clasificados para que, al recolectar los residuos, estos ya estén separados entre orgánicos e inorgánicos.	Contenedores de basura para separar los residuos orgánicos e inorgánicos.
Armar las pilas de compost		
Proceso actual	Prototipo	Herramienta del prototipo
<p>Se realiza manualmente.</p> <p>Las pilas tienen dimensiones limitadas</p>	<p>Trasladar los residuos orgánicos con minicargador.</p> <p>Incrementar la capacidad para albergar residuos para compostar</p>	<p>Minicargadores de la Municipalidad.</p> <p>Cuatro galpones para las pilas con mayor capacidad.</p>
Volteos de las pilas		
Proceso actual	Prototipo	Herramienta del prototipo
Los volteos se realizan con los minicargadores.	No es necesario realizar volteos.	Sistema de tuberías para ventilación
Toma y registro de temperatura		
Proceso actual	Prototipo	Herramienta del prototipo
<p>Sin estandarización de las mediciones</p> <p>No se realiza de manera constante</p>	<p>Registrar de temperatura las 24 horas del día</p> <p>Validación de que el registro se esté realizando.</p>	Sensor de temperatura integrado con el equipo de ventilación automático.
Filtrado y empaque del compost		
Proceso actual	Prototipo	Herramienta del prototipo
<p>Los empleados únicamente utilizan guantes como equipo de protección personal.</p> <p>Proceso lento debido y no escalable debido a que se hace de forma manual</p> <p>Sacos mal cerrados</p>	<p>Asegurar con Checklist que los empleados cuenten con su equipo de protección personal</p> <p>Cargar el compost con el minicargador al tamiz de tambor</p> <p>llenar los sacos colocándolos en la tolva de salida.</p> <p>Mejorar el proceso de sellado de sacos con una cosedora.</p> <p>Cerrar los sacos con una cosedora de sacos portátil (columna adicional)</p>	<p>Checklist de verificación de equipo de protección personal completo (Figura 16).</p> <p>Minicargadores de la Municipalidad.</p> <p>Tamiz de tambor.</p> <p>Cosedora de sacos portátil.</p>

<b>Contaminación por lixiviados</b>		
<b>Proceso actual</b>	<b>Prototipo</b>	<b>Herramienta del prototipo</b>
Los lixiviados escurren hacia el suelo y no son recolectados	Recolectar los lixiviados con el sistema de tuberías de aireación.	Sistema de tuberías para aireación y recolección de lixiviados.

**Tabla 26. Mejoras que se obtendrían al implementar el proceso del prototipo**

<b>Mejoras</b>	<b>Situación actual</b>	<b>Prototipo</b>
<b>Tiempo del proceso</b>	4 meses por pila	2 meses por pila
<b>Capacidad de tratar de residuos</b>	Del 2010 al 2019 se han compostado 45 toneladas	4,262.4 toneladas al año

## VII. Estudio de mercado

### A. Definición del propósito de COMPOST S.A.

La definición del propósito de COMPOST S.A. se planteó para determinar el objetivo del negocio del proyecto determinando los siguientes componentes:

1. **Clientes:** se definieron tres destinos fundamentales:
  - a. Viveros
  - b. Jardinería o recuperación de espacios paisajísticos.
  - c. Agricultura ecológica.
2. **Mercados:** las ventas estarían enfocadas dentro del área metropolitana del país y departamentos cercanos.
3. **Interés en la supervivencia, el crecimiento y la rentabilidad:** se busca que el proyecto sea rentable y que se puedan aprovechar la mayor cantidad de residuos generados en CENMA y poder vender el compost producido.
4. **Filosofía:** aportar a la reducción de desechos sólidos en la Central de Mayoreo (CENMA) y generar compost comercializable.
5. **Interés en la imagen pública:** concientizar a la comunidad sobre la clasificación de residuos y de su correcta gestión.
6. **Productos y servicios:** como servicio a la comunidad se tendría la reducción de desechos sólidos en el área del CENMA, teniendo como producto principal el compost.
7. **Tecnología:** implementar un sistema industrializado para aprovechar todos los residuos generados en CENMA aprovechando lo máximo posible el espacio disponible.
8. **Concepto propio:** producción de compost como una alternativa a la reducción de residuos municipales.
9. **Interés en los empleados:** brindar condiciones apropiadas a los empleados para garantizar su salud y seguridad.

### B. Análisis externo del proyecto

1. **Componente político:** Las medidas decretadas por el Gobierno para afrontar la emergencia del COVID-19 y la invasión rusa en Ucrania provocaron trastornos a lo largo de la cadena alimentaria pues, a pesar de haberse permitido la operación de la industria de alimentos y la circulación de transporte con productos agrícolas para abastecer el mercado interno y externo, el cierre casi total de la industria hotelera supuso un fuerte impacto para los pequeños productores que se quedaron con excedentes de cosechas difíciles de comercializar debido a su alto coste, en tanto que los agricultores que dependían de la venta de sus cosechas en los mercados locales se vieron afectados por la reducción de horas de operación y/o cierre de los mismos. Aunado a ello, los programas de ayuda económica ofrecidos por el Gobierno a los afectados por la pandemia no pudieron llegar a buena parte de la población agrícola de infra y subsistencia, debido a los altos niveles de informalidad existentes en el país, especialmente intensos en el área rural.

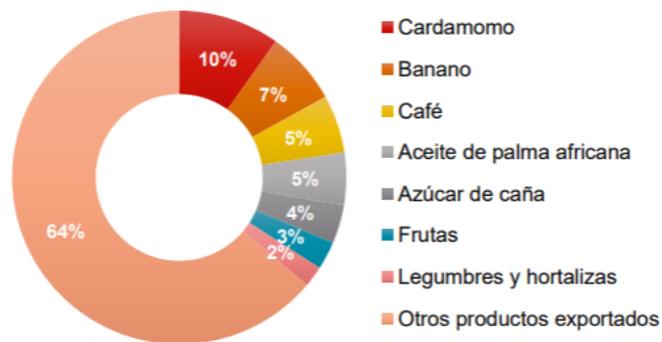
- Tratados y convenios Internacionales suscritos por Guatemala (Marco Legal):
  - Acuerdo de París

- Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura
- Protocolo de Kioto
- Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático
- Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe.

**2. Componente económico:** para el 2020 el PIB nacional de Guatemala era de 78.567 millones USD en donde el 10,8% está conformado por el sector agropecuario del país. Se estima que la población económicamente activa empleada en el sector agropecuario es de 2,2 millones (32% del total).

En 2020, los principales productos exportados fueron el cardamomo, el banano, el café, el aceite de palma africana, el azúcar de caña, frutas, legumbres y hortalizas. En conjunto estos productos representaron el 36% del total de exportaciones en Guatemala.

**Figura 17. Estructura porcentual de las exportaciones de Guatemala en 2020.**



Con respecto a las oportunidades para los productos agroquímicos, en Guatemala predominan los métodos tradicionales de fertilización. El sector de agroquímicos está bastante concentrado, con un 70 % de los fertilizantes que se comercializan en el país, liderado por cuatro grandes empresas locales. No obstante, la agricultura orgánica empieza a utilizarse en determinados cultivos (especialmente orientados a la exportación), como el del café diferenciado y el de las verduras.

**3. Componente sociocultural:** Las diferencias sociales y económicas a nivel nacional también se evidencian en el sector agrícola, donde se distinguen dos grandes grupos, uno con oportunidades de exportación, que tiene acceso a tecnología de punta y participa en los mercados mundiales, y otro conformado por pequeños productores que abastecen al mercado interno, que poseen poco nivel de encadenamiento y hacen poco uso de la tecnología, lo que los torna vulnerables a los efectos del cambio climático: sequías, inundaciones, plagas y enfermedades, que ocasionan severos daños a los cultivos.

Los principales actores en la producción agrícola se pueden clasificar en cuatro grupos:

- Productores de infra subsistencia: integrado por los agricultores que viven en pobreza extrema, con niveles de subempleo y desempleo y mano de obra no cualificada.
- Productores de subsistencia: destinan su producción al consumo interno, utilizan mano de obra familiar y su acceso a la información de mercados, capital, tecnología, servicios básicos e infraestructura es limitada o nula.
- Productores excedentarios: cultivan productos no tradicionales y tienen acceso limitado a sistemas de riego, tecnología, capital y a los mercados nacionales e internacionales.
- Productores comerciales: integra a los productores de cultivos de exportación, que tienen acceso a líneas de financiación y tecnología punta.

**4. Componente tecnológico:** El proceso de compostaje aerobio no requiere de técnicas muy avanzadas y por lo tanto la inversión económica para un proyecto de compostaje dependerá más por la escala de este. Debido a que la información del proceso está disponible en la literatura, el único aspecto que requiere de mucha atención es el monitoreo del material durante todas sus etapas de compostaje para garantizar la calidad del producto final y que cumpla los requerimientos del consumidor final. De la misma manera, es importante tener en cuenta que se deben tener instalaciones adecuadas para el proceso, las cuales constan de un área que proteja las pilas de compost de lluvias y viento excesivo, además, que impida la entrada de roedores, moscas y personal no autorizado.

**5. Componente ecológico:** En la Central de Mayoreo (CENMA) se generan diariamente 13.93 toneladas métricas de desechos, lo que representa un volumen de aproximadamente 57.34 metros cúbicos (se toma como unidad de medida un camión compactador con capacidad para 19.11 metros cúbicos, en el cual son retirados). Se estima que el 85% de estos residuos son de origen vegetal, siendo el otro 15% desechos inorgánicos no aprovechables para el proceso de compostaje.

En el Basurero de Zona 3 de la Ciudad de Guatemala se recibe en promedio 2,300 toneladas métricas diarias de residuos y desechos sólidos comunes. Los residuos y desechos sólidos diariamente se reciben mezclados, tal y como los recolectan los vehículos recolectores por lo que no hay distinción en peso de los residuos orgánicos separados de los residuos inorgánicos.

**6. Componente legal:**

**Tabla 27. Componente legal en torno al compostaje.**

<b>Constitución Política de la Republica de Guatemala*</b>	Artículos: 1 y 97
<b>Código Municipal*</b>	Artículo: 68
<b>Código de Salud*</b>	Artículos: 102, 103 y 104
<b>Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente*</b>	Artículo: 12
<b>Reglamento para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos Comunes (Acuerdo Gubernativo No. 164-2021)</b>	Capítulos I-VII

\*Consultar Marco Legal

## C.FODA de COMPOST S.A.

### 1. Matriz FODA

Tabla 28. Matriz FODA del análisis de COMPOST S.A.

		Factores internos	
		Fortalezas internas (F)	Debilidades Internas (D)
Factores externos		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Proceso logístico de transporte de residuos realizado por la municipalidad.</li> <li>* Proceso de manejo de los residuos realizado con vehículos y maquinaria de la municipalidad.</li> <li>* Terreno para compostar proporcionado por la municipalidad a cambio de compost.</li> <li>* 85% de los residuos generados en CENMA son orgánicos que se pueden aprovechar para compostaje.</li> <li>* El compost puede ser utilizado como abono o como acolchado en plazas municipales, parques, entre otros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Infraestructura para el procesamiento del compost inexistente.</li> <li>* Inversión necesaria mayor a Q.100,000.00</li> <li>* Equipo necesario para el proceso incompleto</li> <li>* Los trabajadores no cuentan con el equipo de protección personal adecuado.</li> <li>* No se tiene un proceso de clasificación de los residuos sólidos generados en CENMA.</li> <li>* Red logística de transporte de producto terminado inexistente.</li> <li>* El proceso de empaque del producto terminado no está estandarizado.</li> <li>* No se aprovecha el mercado mayorista</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Aumento en precio de fertilizantes químicos del 300% del 2021 al 2022.</li> <li>* Nuevos canales de venta como viveros, jardinería y paisajismo.</li> <li>* Implementación de basureros para la separación de residuos orgánicos e inorgánicos</li> <li>* Aumento de agricultura ecológica.</li> <li>* Comercio de bonos de carbono</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Implementar basureros clasificados para separar los residuos orgánicos e inorgánicos</li> <li>* Comercializar el compost en viveros.</li> <li>* Comercializar el compost para jardinería y paisajismo y en agricultura ecológica.</li> <li>* Buscar financiación con el comercio de bonos de carbono.</li> </ul>
Oportunidades externas (O)		<b>Estrategia FO: maxi-maxi</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Aprovechar la maquinaria y vehículos de la municipalidad así como la logística de transporte de residuos para evitar los costos de recolección y transporte.</li> <li>* Implementar el uso del compost como abono o acolchado para el mercado de la jardinería y paisajismo.</li> <li>* Aprovechar todos los residuos para producir a escala industrial y competir en mercados mayoristas.</li> </ul>	<b>Estrategia DO: mini-maxi</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Implementar una red de transporte para abastecer el producto terminado a clientes mayoristas.</li> </ul>
Amenazas externas (A)		<b>Estrategia FA: maxi-mini</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Comercializar el compost en mercados mayoristas como la agricultura ecológica.</li> <li>* Competir con abonos químicos con precios más bajos.</li> </ul>	<b>Estrategia DA: mini-mini</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Implementar una red de transporte para abastecer el producto terminado a clientes mayoristas.</li> </ul>

## 2. Análisis FODA

### a. Estrategias de fortalezas-oportunidades (FO): maxi-maxi

La estrategia potencialmente más exitosa para COMPOST S.A. es utilizar sus fortalezas internas para aprovechar las oportunidades externas que tiene el prototipo. Este conjunto de estrategias alternativas se muestra en la matriz (Figura 27) como estrategia FO o maxi-maxi, que significa maximizar las fortalezas internas para aprovechar las oportunidades externas. Por ejemplo, se debe de aprovechar la maquinaria y equipo de la municipalidad, así como su proceso logístico de recolección y transporte de residuos.

Actualmente COMPOST S.A. no aprovecha esta fortaleza, ya que su producción es demasiado baja como para poder tratar todos los residuos generados diariamente. El prototipo del proceso industrial de compostaje tiene como objetivo aprovechar la totalidad de los residuos orgánicos del CENMA. La Municipalidad de la zona ya realiza el proceso de recolección de los residuos y el traslado al vertedero provisional que se encuentra en CENMA. Al incorporar estos procesos realizados por la Municipalidad se estaría evitando tener que invertir en maquinaria y vehículos para la gestión de estos residuos, así como, así como los gastos en mantenimiento, combustible y mano de obra relacionada a este proceso. A pesar de eso se observó que los empleados encargados de este

proceso no cuentan con un equipo de protección adecuado por lo que una inversión necesaria sería la compra del equipo de protección para que los trabajadores cuenten con condiciones de trabajo más adecuadas.

Al tener una producción a escala industrial se puede tener acceso a mercados mayoristas como lo son la jardinería y paisajismo en donde el compost es necesario por sus beneficios como abono y acolchado. Además, existe el mercado mayorista de la agricultura ecológica, según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos (MAGA), este sector tiene un crecimiento anual de área cultivada del 7% siendo actualmente un total de 91,156.92 Hectáreas cultivadas de manera orgánica. A esto se le suma que los precios de fertilizantes químicos han aumentado un 300% entre el 2021 y el 2022. La posibilidad de entrar al mercado de la agricultura ecológica.

**b. Estrategias de debilidades-oportunidades (DO): mini-maxi**

COMPOST S.A. también tiene debilidades internas que debe superar para aprovechar las oportunidades externas, lo que significa minimizar las debilidades para maximizar las oportunidades. Estas alternativas se incluyen en la estrategia DO o mini-maxi de la matriz (Figura 27).

Una de las debilidades es que actualmente no se realiza ningún tipo de clasificación de residuos en el CENMA, lo que es necesario para poder obtener un producto libre de materiales inorgánicos. La estrategia en este caso sería implementar basureros para la separación de residuos orgánicos e inorgánicos para que la Municipalidad, al recolectar estos materiales solamente traslade los orgánicos a la zona de compostaje.

Otra debilidad es que actualmente el compost únicamente se comercializa vía redes sociales, por lo que se debe de aprovechar nuevos canales de venta en donde el compost se pueda comercializar, como lo serían los viveros y en el caso de clientes mayoristas a agricultores ecológicos y empresas de jardinería y paisajismo.

La inversión necesaria para la tecnología de pilas estáticas con aireación forzada puede ascender fácilmente a Q.100,000 por lo que buscar ingresos por la emisión de bonos de carbono. La emisión de bonos de carbono es un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente. Un bono de carbono representa el derecho a contaminar emitiendo una tonelada de dióxido de carbono, permite mitigar la generación de gases contaminantes, beneficiando a las empresas que no contaminan o disminuyen la contaminación y haciendo pagar a las que contaminan más de lo permitido. El precio actual de los bonos de carbono está en alrededor de 4 USD y se espera que el precio en los próximos años suba aproximadamente a 20 USD debido al incremento proyectado en la demanda por parte de las aerolíneas para compensar sus emisiones.

Por ejemplo, una planta de compostaje ubicada en una zona de clima tropical en Madagascar y que procesa 4,800 toneladas al año, obtiene un promedio de 3 bonos de carbono por cada tonelada de residuos convertida en compost. Sin embargo, una planta de compostaje ubicada en Sudáfrica (clima mediterráneo) y que procesa 132,000 toneladas al año, solo obtiene un promedio de 0.4 bonos de carbono por cada tonelada de residuos convertida en compost.

**Tabla 29. Datos de bonos de carbono generados por compostar**

<b>Precio de bono de carbono</b>	<b>4 USD</b>
Bonos por tonelada de residuos	0.4 – 3
Ingresos por tonelada de residuos	1.6 – 12 USD

Al tratar todos los residuos orgánicos del CENMA de estarían compostando anualmente 4,262.4 toneladas.

**c. Estrategias de fortalezas-amenazas (FA): maxi-mini**

COMPOST S.A. tiene fortalezas internas que puede emplear para lidiar con las amenazas externas mediante la estrategia FA, al maximizar sus fortalezas y minimizar sus amenazas. Una de esas estrategias sería dar a conocer a los clientes los beneficios del compost sobre los suelos, así como los beneficios ambientales que involucra el proceso de compostaje. También se puede aprovechar el incremento de los precios de los abonos químicos para competir con precios más bajos, aprovechando que la agricultura ecológica está en aumento y los precios de los abonos químicos han aumentado.

**d. Estrategias de debilidades-amenazas (DA): mini-mini**

La estrategia DA, que intenta minimizar las debilidades de COMOST S.A. y las amenazas que le acechan, es a menudo la alternativa más difícil. Para comercializar el compost en mercados mayoristas es necesario invertir en un vehículo de transporte pesado para hacer las entregas a los clientes, ya que ni la Municipalidad ni COMPOST S.A. cuentan con un vehículo para esto.

**e. Estrategias aplicables al prototipo propuesto:**

Las siguientes estrategias fueron seleccionadas del análisis FODA de COMPOST S.A. las cuales son las más factibles debido a los factores internos y externos del proyecto:

- Aprovechar el proceso logístico de la Municipalidad para la gestión de residuos generados en CENMA.
- Enfocarse en los mercados mayoristas para la comercialización de compost.
- Implementar un proceso definido de clasificación primaria para los residuos generados en CENMA.
- Entrar al mercado con precios competitivos, menores a la competencia y al de los abonos químicos.
- Invertir en un camión de reparto para realizar las entregas de compost empacado a los clientes mayoristas.

## D. Fuerzas de Porter

### 1. Matriz de 5 fuerzas de Porter

Figura 18. Matriz de las cinco fuerzas de Porter



### 2. Análisis de cinco fuerzas de Porter

Tomando en cuenta el contexto en el cual se desarrollaría el proyecto de Agro-verde, es decir una producción industrial con una etiqueta de ecológico por el tema de reducción de residuos municipales, se definió la amenaza de sustitutos y de nuevos competidores como moderada. Debido a que los sustitutos ecológicos como la lombricomposta no pueden ser producidos a gran escala y normalmente tienen precios más elevados. Por otra parte, los precios de los abonos químicos se encuentran en aumento y si bien, estos son los que predominan en la agricultura extensiva, no pueden competir en la agricultura ecológica. En la región metropolitana del país, el CENMA tiene la ventaja de la cantidad de residuos que se generan (13.93 toneladas diarias) siendo alrededor del 85% orgánicos. Por lo que los nuevos competidores serían por parte del compostaje artesanal o a menor escala.

El poder de los proveedores es bajo, debido a que la materia prima es gratis teniendo costos únicamente en la clasificación y separación de los residuos. Y los materiales de empaque se podrían negociar a precios más bajos tomando en cuenta el volumen de producción que se tendría.

El poder de los clientes es moderado. Los posibles clientes serían viveros, agricultores ecológicos e instituciones con áreas verdes. Por lo que para el sector minorista se fijaran precios en base a la competencia y costos de producción y se podría negociar precios más bajos a los clientes mayoristas.

## E. Análisis de mercados

### 1. Estudio del mercado de viveros por observación directa

El estudio de mercado por observación directa consistió en la elaboración de criterios que ayudaron a obtener datos cuantitativos del estudio de campo que se realizó al visitar diferentes viveros cercanos al CENMA, dentro de la región metropolitana del departamento de Guatemala, específicamente en los municipios de Villa Nueva, Mixco y Guatemala; para obtener datos que sirvan para la determinación de la demanda del compost.

Los criterios establecidos son los siguientes:

- Venden compost
- Ubicación
- Presentaciones disponibles del producto
- Volumen de ventas del producto
- Precio de venta

**Tabla 30. Descripción de viveros visitados en la región metropolitana del departamento de Guatemala.**

Establecimiento	Descripción
<p data-bbox="235 1035 592 1066">Imagen del vivero Delparaíso.</p> 	<p data-bbox="820 1035 1385 1234">Ubicado en la avenida Petapa, este vivero está enfocado en la producción y venta de plantas ornamentales y todo lo relacionado a productos de jardín, con énfasis en una amplia variedad de cactus y suculentas, flores de temporada, macetas y artículos variados.</p>
<p data-bbox="235 1329 570 1360">Imagen del vivero Botanik</p> 	<p data-bbox="820 1329 1385 1528">Este vivero está ubicado en la zona 11 de la Ciudad de Guatemala. Cuenta con una gran variedad de plantas, herramientas de jardinería, macetas, piedras y decoración para el hogar. Entre los abonos que venden, también está el compost.</p>

<b>Establecimiento</b>	<b>Descripción</b>
<p data-bbox="237 226 678 258"><b>Imagen de Vivero de San Cristóbal</b></p> 	<p data-bbox="821 226 1383 359">Es un vivero en la zona 8 de Mixco el cual vende gran variedad de plantas, macetas plásticas y de barro, mármol y piedrín decorativo, corteza, tierra negra y preparada o compost.</p>
<p data-bbox="237 556 626 588"><b>Imagen de vivero Las 3 Marías</b></p> 	<p data-bbox="821 556 1383 688">Está ubicado en el boulevard principal de Ciudad San Cristóbal. Cuenta con venta de plantas ornamentales y diferentes sustratos o abonos en los que se encuentra el compost.</p>
<p data-bbox="237 842 776 873"><b>Imagen de vivero Pasión por las suculentas</b></p> 	<p data-bbox="821 842 1383 1010">Es un vivero ubicado en la zona 11 de la Ciudad de Guatemala. Vende plantas de decoración, principalmente suculentas y cactus, terrarios y Minijardines. El abono o sustrato que venden es compost.</p>
<p data-bbox="237 1150 574 1182"><b>Imagen de Vivero Lucesita</b></p> 	<p data-bbox="821 1150 1383 1251">El vivero se encuentra en la zona 11 de la Ciudad de Guatemala y venden flores ornamentales y compost o tierra negra.</p>
<p data-bbox="237 1402 581 1434"><b>Imagen de Vivero Palmetto</b></p> 	<p data-bbox="821 1402 1383 1635">Ubicado al final de la calzada Aguilar Batres es un establecimiento que presta otros servicios además de la venta de materiales para jardinería. Este establecimiento vende desde plantas ornamentales hasta árboles de mayor tamaño. Dentro de los sustratos o abonos que venden se encuentra el compost.</p>

Establecimiento	Descripción
<b>Imagen de Vivero Maribel</b> 	Ubicado en Villa nueva, este vivero cuenta con todo lo relacionado en jardinería al por mayor y menor; venden compost.

Nota: la tierra negra también se tomó como compost debido a que por definición; la tierra negra obtiene ese color como resultado de la descomposición de materiales orgánicos.

**Tabla 31. Distancia estimada entre los viveros y el CENMA**

Establecimiento	Distancia
Vivero Delparaíso	8.5 km
Vivero Botanik	9.1 km
Vivero de San Cristóbal	8.2 km
Vivero las 3 Marías	8.5 km
Pasión por las Suculentas	9.3 km
Vivero Lucesita	11.1 km
Vivero Palmetto	8.5 km
Vivero Maribel	14.4 km

Nota: las distancias estimadas se determinaron con la herramienta de Google Maps colocando de punto de partida la Central de Mayoreo (CENMA).

#### a. Demanda de compost en los viveros

Se determinó que el 100% de los viveros visitados vende compost o tierra negra, en donde varían las presentaciones que comercializan y el precio de cada uno. Por motivos de confidencialidad hacia los clientes elegidos se resguarda su nombre asignándoles el nombre de: Vivero 1, Vivero 2, Vivero 3, hasta el número 8; colocándolos en orden aleatorio. A continuación, se presentan las ventas aproximadas que tiene los viveros visitados.

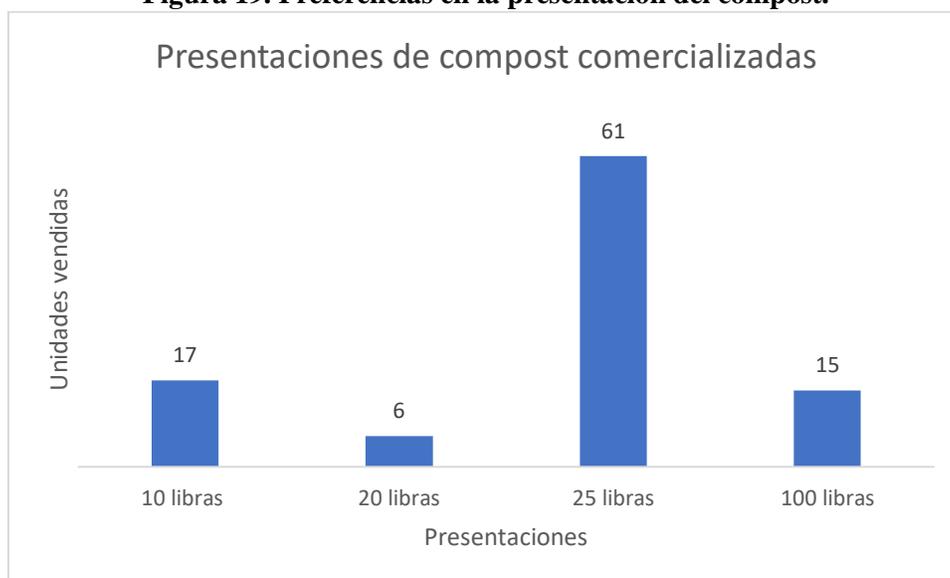
**Tabla 32. Demanda de compost en el sector de los viveros**

Vivero	Presentación	Cantidad (unidades)	Libras	Toneladas
<b>Vivero 1</b>	25 libras	7	175	0.08
<b>Vivero 2</b>	100 libras	5	500	0.23
	25 libras	14	250	0.11
<b>Vivero 3</b>	10 libras	13	130	0.06
	25 libras	5	125	0.06
<b>Vivero 4</b>	25 libras	11	275	0.12
<b>Vivero 5</b>	10 libras	4	40	0.02
<b>Vivero 6</b>	20 libras	6	120	0.05
<b>Vivero 7</b>	25 libras	16	400	0.18
<b>Vivero 8</b>	25 libras	8	200	0.09
	100 libras	10	1,000	0.45
<b>TOTAL</b>			<b>3,215</b>	<b>1.46</b>
<b>DEMANDA ANUAL</b>			<b>17.52 toneladas</b>	

La demanda total de los 8 viveros evaluados es de 3,215 libras de compost mensuales lo que equivale a 1.46 toneladas. Al año se tiene una demanda de compost estimada de 17.52 para este sector.

Tomando en cuenta las cantidades promedio que fue indicada por personal o encargados de los establecimientos, las cantidades varían dependiendo de las presentaciones que se comercialicen. En la Figura 19, se presentan las preferencias en las presentaciones de compost.

**Figura 19. Preferencias en la presentación del compost.**



La presentación más vendida es la de 25 libras con un volumen de ventas aproximado de 61 unidades. Las que le siguen son las de 10 y 100 libras, con ventas aproximadas de 17 y 15 unidades respectivamente. Y por último la presentación de 20 libras, con 6 unidades vendidas al mes aproximadamente.

## b. Análisis de los precios del compost en viveros

Según la información brindada por los posibles clientes, los precios ofrecidos por los proveedores de compost son los siguientes:

**Tabla 33. Precios ofrecidos por los proveedores de compost a los viveros**

Vivero	Presentación	Precio (Lb)
Vivero 1	25 libras	Q 1.88
Vivero 2	100 libras	Q 1.00
	25 libras	Q 2.53
Vivero 3	10 libras	Q 2.00
	25 libras	Q 1.40
Vivero 4	25 libras	Q 1.60
Vivero 5	10 libras	Q 3.00
Vivero 6	20 libras	Q 1.33
Vivero 7	25 libras	Q 1.00
Vivero 8	25 libras	Q 1.60
	100 libras	Q 1.00

Tomando en cuenta las diferentes presentaciones del compost que van desde las 10 libras a las 100 libras se determinó el rango de precios por libra que los proveedores de compost dan a los viveros.

**Tabla 34. Rango de precios por libra de compost**

Rango de precios	Q1.00 – Q3.00 por libra
------------------	-------------------------

Este rango de precios no es financieramente corroborado, se tiene que esperar a realizar el estudio correspondiente para poder confirmar si estos precios pudieran estar en el rango correcto para que el negocio sea factible.

## 2. Estudio de mercado del sector de jardinería y paisajismo

Las empresas de jardinería y paisajismo trabajan en áreas internas y externas de viviendas, en edificios, apartamentos, parques, campos deportivos, plazas y centros comerciales. Son consumidores mayoristas ya que requieren de una gran cantidad de compost para contar con suelos enriquecidos. Por medio de una búsqueda en internet se encontraron 23 empresas dedicadas a la jardinería y paisajismo en el departamento de Guatemala de las cuales únicamente se logró recabar información de 14 de estas empresas, las cuales indicaron el consumo anual aproximado de compost con la condición de mantener el anonimato de las empresas.

**Tabla 35. Demanda anual de compost de empresas dedicadas al paisajismo y jardinería en Guatemala**

<b>Empresa</b>	<b>Consumo (Ton)</b>
<b>1</b>	300
<b>2</b>	156
<b>3</b>	240
<b>4</b>	180
<b>5</b>	120
<b>6</b>	360
<b>7</b>	480
<b>8</b>	228
<b>9</b>	240
<b>10</b>	420
<b>11</b>	120
<b>12</b>	240
<b>13</b>	144
<b>14</b>	180
<b>TOTAL</b>	<b>3,408.00</b>

El consumo anual de las 14 empresas de jardinería y paisajismo es de un total de 3,408 toneladas anuales de compost aproximadamente.

### 3. Estudio de mercado de la agricultura ecológica

Son los mayores clientes potenciales. Es un cliente muy condicionado por el factor del precio. Podemos encontrar dos tipos: agricultores convencionales y ecológicos. Los segundos son clientes más fiables debido a las menores alternativas a estos productos. Son grandes consumidores ya que requieren elevada superficie y cantidades.

En Guatemala el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) es la institución del Estado encargado del desarrollo agropecuario del país. Los datos más relevantes sobre la agricultura orgánica en Guatemala para el prototipo de compostaje son los siguientes:

- **Situación de agricultura ecológica en Guatemala (MAGA)**

- i. 91,156.92 hectáreas en Guatemala
- ii. 7% de incremento anual
- iii. 811.48 hectáreas cultivadas en Sacatepéquez

(MAGA, 2022).

Se tomó en cuenta los datos de la región de Sacatepéquez, ya que es el departamento agrícola más cercano a CENMA de donde se produciría el compost.

Además, se consiguieron datos específicos de consumo de abono orgánico a lo largo del año en una finca en Sacatepéquez dedicada a la agricultura orgánica, la cual cuenta con una extensión de cultivo de 24.5 hectáreas. Según indicaron únicamente el 25% del abono que utilizan es compost que compran, ya que el resto o lo producen ellos en forma de lombricomposta o agregan otros materiales orgánicos como gallinaza.

- **Datos de finca ubicada en Sacatepéquez**

- i. 24.5 hectáreas cultivadas
- ii. Consumo de abono orgánico:
  1. 27.25 toneladas/ha
  2. 6,675.75 toneladas de compost anuales
  3. Aproximadamente 25% del abono utilizado está compuesto por compost

Con base en los datos registrados por el MAGA y utilizando como base de cálculo los datos proporcionados por la finca se hizo un estimado de la posible demanda de compost en la región de Sacatepéquez, mostrado en la Tabla 35.

**Tabla 36. Consumo anual estimado de compost para agricultura orgánica en la región de Sacatepéquez.**

Hectáreas cultivadas	Abono utilizado por hectárea de cultivo	Total, de abono utilizado (Anual)	25% de compost (Anual)
811.48 hectáreas	27.25 toneladas/ha	22,112.83 toneladas	<b>5,528.21 toneladas</b>

Como resultado del análisis de la demanda de compost en el sector de la agricultura orgánica, se tiene un estimado de 5,528.21 toneladas anuales para la región de Sacatepéquez.

## F. Resultado de los análisis de la demanda de compost

### 1. Resumen de resultados

En la Tabla 37 se presentan los resultados de la demanda anual de compost para los tres canales evaluados: viveros, jardinería y paisajismo y agricultura orgánica.

**Tabla 37. Mercado de compost en Guatemala.**

Viveros	Jardinería y paisajismo	Agricultura orgánica
17.52 toneladas/año	3,408 toneladas/año	5,528.21 toneladas/año
385.79 qqs/año	75,044 qqs/año	121,731 qqs/año

### 2. Estrategia seleccionada

Tomando en cuenta que la oferta de compost del prototipo sería de 2,902.69 toneladas anuales es más factible enfocarse en los mercados mayoristas como la agricultura orgánica y las empresas de paisajismo y jardinería. La presentación utilizada para el uso extensivo de compost es de sacos de 100 libras o 1 quintal.

**Tabla 38. Oferta y demanda para el prototipo del proceso de compostaje de COMPOST S.A.**

Oferta	Demanda
2,902.69 toneladas	8,936.21 toneladas
63,917 quintales	196,775 quintales

En la Tabla 37 se muestra la comparación de la oferta que se tendría con el prototipo de compostaje y la demanda determinada en la agricultura orgánica y empresas de jardinería y paisajismo.

## G. Mercado de bonos de carbono

Como se hizo mención en el análisis FODA, Un bono de carbono representa el derecho a contaminar emitiendo una tonelada de dióxido de carbono, permite mitigar la generación de gases contaminantes, beneficiando a las empresas que no contaminan o disminuyen la contaminación y haciendo pagar a las que contaminan más de lo permitido.

El tiempo necesario para obtener la certificación para emitir bonos de carbono es de aproximadamente año y medio. Se pueden obtener desde 0.4 a 3 bonos de carbono por cada tonelada de residuos generados, los cuales tienen un precio de 4 USD cada uno. Para hacer un estimado de los ingresos de este mercado se trabajará con una generación de bonos de 1.7 por cada tonelada de compost tratada; es decir el promedio de 0.4 y 3.

Tomando como base que el prototipo de compostaje está diseñado para compostar 4,262.4 toneladas anuales (la totalidad de residuos orgánicos generados en CENMA), los ingresos están representados en la Tabla 39:

**Tabla 39. Ingresos estimados por la emisión de bonos de carbono.**

Residuos tratados Anualmente	Bonos emitidos (1.7 bonos/tonelada)	Ingresos anuales (4USD por bono)	Ingresos anuales (GTQ)
4,262.4 toneladas	7,246.08	\$28,984.31	<b>Q226,947.23</b>

## VIII. Estudio financiero

Con base en el Estudio Técnico y al Estudio de Mercado, se determinó la existencia de un mercado potencial, específicamente en clientes mayoristas de agricultura orgánica en el departamento de Sacatepéquez y empresas de jardinería y paisajismo en la región metropolitana de Guatemala. La presente sección contiene los resultados de la investigación y análisis relacionados con el Estudio Financiero.

Debido a que al prototipo del proceso de compostaje fue diseñado para compostar la totalidad de los residuos orgánicos generados en CENMA, se deben de tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- La inversión inicial está estimada con base en los requerimientos de tratar la totalidad de los residuos orgánicos en CENMA (2,902.69 toneladas)
- Los puestos de trabajo para el prototipo son adicionales a los trabajadores de la Municipalidad y estos están propuestos con base en los requerimientos de prototipo.
- Los gastos operativos desde el año 1 al 5 son los gastos necesarios para compostar la totalidad de residuos orgánicos generados en CENMA y su aumento está proyectado en datos macroeconómicos de la inflación en Guatemala.
- El aumento de ingresos por ventas se proyectó con datos del PIB nacional y análisis del mercado de compost internacional y no supone un aumento en los costos de producción; únicamente en el gasto de reparto.

### A. Inversión inicial

El resumen de las inversiones necesarias para el prototipo del proceso de compostaje industrial se muestra en la Tabla 40 tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1. Sistema de compostaje automatizado:** la tecnología de medición de temperatura y ventilación automatizada es desarrollada por la empresa Umwelt Elektronik, por lo que el monto de la inversión fue proporcionado por los proveedores en Latinoamérica según el volumen de residuos generado, este monto incluye:
  - Diseño
  - Mano de obra para construcción
  - Material de construcción
  - Tuberías para ventilación y recolección de lixiviados
  - Ventilador centrífugo
  - Sistema de medición y registro de temperatura
- 2. Trómel:** necesario para filtrar el compost y llenar los sacos.
- 3. Básculas industriales:** para determinar que los sacos contengan 100 libras antes se sellarlos
- 4. Camión de reparto:** con capacidad para abastecer a los clientes mayoristas
- 5. Contenedores de basura:** cantidad suficiente para poder depositar los residuos generados diariamente.
- 6. Cosedoras de sacos portátil:** para cerrar los sacos.
- 7. Equipo de protección personal completo:** para los 12 empleados de la Municipalidad encargados de la gestión de residuos en CENMA y para los 5 empleados extras que se tendrían en el proceso propuesto en el prototipo de compostaje.

**Tabla 40. Resumen de inversiones necesarias para el prototipo de compostaje**

Inversión	Costo	Cantidad	Subtotal
<b>Sistema de compostaje automatizado</b>	Q 1,540,000.00	1	Q 1,540,000.00
<b>Trómel</b>	Q 23,100.00	1	Q 23,100.00
<b>Báscula industrial</b>	Q 673.75	2	Q 1,347.50
<b>Camión repartidor</b>	Q 440,000.00	1	Q 291,060.00
<b>Contenedor de basura</b>	Q 3,490.00	33	Q 115,170.00
<b>Cosedora de sacos portátil</b>	Q 570.00	2	Q 1,140.00
<b>Equipo de protección personal</b>	Q 640.00	17	Q 10,880.00
		<b>TOTAL</b>	<b>Q1,982,697.50</b>

Se necesitarían Q1,540,000.00 para el Sistema de compostaje automatizado, siendo la inversión más significativa las del sistema de compostaje debido a que esto incluye el diseño del sistema, mano de obra para construcción, materiales de construcción, tuberías de ventilación y recolección de lixiviados, ventilador centrífugo y sistema de medición y registro de temperatura.

**Tabla 41. Costo del equipo de protección personal**

Equipo	Vida útil	Monto
Lentes	1 año	Q 35.00
Orejeras	1 año	Q 13.00
Guantes protectores	1 año	Q 62.00
Casco de seguridad	5 años	Q 65.00
Botas de punta de acero	5 años	Q 350.00
Chaleco reflectivo	1 año	Q 25.00
Respirador de media cara	1 año	Q 90.00
	<b>Total</b>	<b>Q 640.00</b>

El costo anual de renovar los equipos que tienen una vida útil de un año es Q225.00 lo que supone un total de Q3,825.00 para renovar los 17 equipos de los trabajadores. Este desembolso está indicado en el rubro de inversión en el Estado de Resultados.

## B. Costos y gastos

### 1. Mano de obra

Como se detalló en la sección del Estudio Técnico se contará con un Gerente General que estará a cargo de la gestión y comercialización de los productos de la empresa. Además, para poder tener control de la zona de compostaje, así como de la seguridad de los operadores se contará con un Supervisor encargado de pasar Checklist de verificación para garantizar que todos los operadores cuenten con el equipo de seguridad personal completo y lo devuelvan al finalizar sus labores.

También se contratarían 4 operarios para terminar de separar los residuos inorgánicos de los orgánicos en la zona de compostaje y también estar a cargo del llenado y sellado se sacos de composta para la venta. Además, se tendría contratado a un conductor de camión para realizar los repartos a los diferentes clientes. Todos estos puestos de trabajo serían formales, es decir con prestaciones de la ley.

**Tabla 42. Salarios y cuotas patronales para cada puesto de trabajo**

<b>Gerente General</b>			
<b>Salario base mensual</b>	<b>Salario anual</b>	<b>Cuota patronal anual (12.67%)</b>	<b>Total</b>
Q12,000.00	Q168,000.00	Q21,285.60	Q189,285.60
<b>Supervisor</b>			
<b>Salario base mensual</b>	<b>Salario anual</b>	<b>Cuota patronal anual (12.67%)</b>	<b>Total</b>
Q10,000.00	Q140,000.00	Q17,738.00	Q157,738.00
<b>Operarios</b>			
<b>Salario base mensual</b>	<b>Salario anual</b>	<b>Cuota patronal anual (12.67%)</b>	<b>Total</b>
Q4,500.00	Q63,000.00	Q7,982.10	Q70,982.10
<b>Conductor de reparto</b>			
<b>Salario base mensual</b>	<b>Salario anual</b>	<b>Cuota patronal anual (12.67%)</b>	<b>Total</b>
Q4,500.00	Q63,000.00	Q7,982.10	Q70,982.10

- Salario base mensual: las referencias de salarios en puestos de trabajo similares se obtuvieron de las plataformas de Tecoloco (<https://www.tecoloco.com.gt/>) y Computrabajo (<https://www.computrabajo.com/>).
- Salario anual: se toman en cuenta 14 salarios en total, uno por cada mes del año y dos extras de aguinaldo y bono 14.
- La empresa no tendría indemnización universal.
- Cuota patronal: integrado de la siguiente forma:
  - a. Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS): 10.67%
  - b. Instituto de Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP): 1%
  - c. Instituto de Recreación de los Trabajadores del Sector Privado (IRTRA): 1%

**Tabla 43. Gastos de mano de obra directa e indirecta.**

<b>Mano de obra directa</b>		
<b>Puesto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Gasto anual</b>
Operarios	4	<b>Q 283,928.40</b>
<b>Mano de obra indirecta</b>		
<b>Puesto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Gasto anual</b>
Gerente General	1	Q 189,285.60
Supervisor	1	Q 157,738.00
Conductor de reparto	1	Q 70,982.10
<b>Total</b>		<b>Q 418,005.70</b>

## 2. Gastos operativos

Como gastos operativos se tendrían los gastos de los equipos del ventilador centrífugo para la aireación en el proceso de compostaje, el trómel para filtrar y llenar los sacos de compost y las selladoras de sacos portátiles.

**Tabla 44. Gastos operativos**

Equipo	Gasto energía	Mantenimiento	Total	Depreciación	Total + depreciación
<b>Ventilador centrífugo</b>	Q6,399.36	Q2,000.00	Q 8,399.36	Q1,540.00	Q9,939.36
<b>Trómel</b>	Q2,181.12	Q3,600.00	Q 5,781.12	Q2,310.00	Q8,091.12
<b>Selladoras de sacos</b>	Q155.00		Q 155.00	-	Q155.00
			<b>Q14,335.48</b>	<b>Q3,850.00</b>	<b>Q18,185.48</b>

Como se mencionó anteriormente se estaría haciendo la inversión para un camión de reparto este tendría una capacidad máxima de transporte de 286 quintales. Suponiendo una distancia de recorrido de 70km desde el CENMA hasta clientes de agricultura orgánica y de jardinería y paisajismo se estaría recorriendo 15,724 km anualmente para repartir la oferta total de sacos de compost que es de 63,917 sacos anuales.

## 3. Costos de transporte

**Tabla 45. Kilómetros recorridos por quintal de compost entregado**

Kilómetros recorridos	Quintales repartidos	Km/quintal
15,724 km	63,917 qqs	<b>0.24 km/qqs</b>

Dividiendo los kilómetros y quintales anuales a entregar se obtienen que por cada quintal de compost se recorrería 0.24 km; tomando como base de cálculo los 70km por entrega.

En la Tabla 46 se muestran en forma resumida los costos por kilómetro de mantenimiento y combustible del camión de reparto. En el anexo 3 se puede ver más a detalle los datos de mantenimiento y consumo de Diesel por kilómetro del vehículo.

**Tabla 46. Costo de mantenimiento y combustible del vehículo de reparto**

Gasto	GTQ/Km
Mantenimiento	Q 0.49
Diesel	Q 3.10
<b>Total</b>	<b>Q 3.59</b>

Una vez determinados los kilómetros recorridos por quintal y el costo por kilómetro recorrido del vehículo fue posible obtener el gasto de transporte por quintal de compost.

**Tabla 47. Resumen de costos de transporte de los sacos de compost**

Rubro	Unidad
Kilómetro recorrido por quintal de compost	0.24 km/qqs
Gasto por kilómetro recorrido	Q3.59/km
<b>Gasto por quintal transportado</b>	<b>Q0.95/qqs</b>

El gasto de reparto por quintal fue utilizado para determinar el gasto de transporte dependiendo el volumen de venta.

#### 4. Costos de material de empaque

Como material de empaque se tienen los sacos para las 100 lb y los conos hilo que van en las selladoras de sacos. Cada saco para 100 libras tiene un costo de Q3.10 y cada cono de hilo cuesta Q13.00 los cuales alcanzan para sellar 160 sacos. En la Tabla 48 se muestra los costos respectivos de material de empaque para un quintal de compost.

**Tabla 48. Costos de material de empaque para un quintal de compost.**

Material de empaque	Costo
Sacos para 100 lb	Q3.10
Cono de hilo	Q0.08
<b>Total</b>	<b>Q3.18</b>

### C. Análisis de ingresos

El informe de investigación de Market Growth Reports ha incorporado el análisis de diferentes factores que aumentan el crecimiento del mercado. Constituye tendencias, restricciones e impulsores que transforman el mercado de manera positiva o negativa. La información contiene tendencias recientes y proyecciones a futuro abarcando desde el año 2016 al 2027. El análisis toma en cuenta segmentos específicos por región (país), por volumen de producción y por fabricantes. Cada segmento también proporciona un promedio de cuota de mercado inicial, crecimiento del mercado y rango de precios.

Para el caso de Guatemala y específicamente para el prototipo de compostaje en CENMA se ubicó en los siguientes segmentos:

- Región: país agrícola en desarrollo
- Volumen de producción: 1,000 – 4,000 toneladas anuales
- Fabricantes existentes: competencia baja a moderada en fabricantes mayoristas.

Con base en la clasificación se trabajó el análisis de ingresos por ventas de compost con los siguientes supuestos:

- Cuota inicial de mercado: 10%
- Crecimiento de mercado: 7%
- Rango de precios: Q75-Q85

A pesar de que el crecimiento del mercado esté en 7% se definió un escenario de incremento de ventas de 5% y un precio inicial de Q70.00 con un aumento del 1.66% Anual. Este aumento está basado en el promedio del incremento interanual de Producto Interno Bruto (PIB) en un rango de 5 años (2017-2021) según el Banco Mundial.

**Tabla 49. Factores utilizados para el análisis de ingresos por ventas**

Cuota inicial de mercado	Aumento anual de ventas	Precio de venta	Aumento anual del precio de venta
10% = 19,678 unidades	5%	Q70.00	1.66%

La siguiente tabla muestra la proyección de ingresos por venta de compost en un periodo de 5 años.

**Tabla 50. Proyección de ingresos por ventas de compost**

Año	1	2	3	4	5
Unidades vendidas	19,678	20,661.38	21,694.44	22,779.17	23,918.12
Precio de unidad	Q 70.00	Q 71.16	Q 72.34	Q 73.54	Q 74.77
<b>Ingreso por ventas</b>	<b>Q 1,377,425.00</b>	<b>Q 1,470,304.77</b>	<b>Q 1,569,447.42</b>	<b>Q 1,675,275.26</b>	<b>Q 1,788,239.07</b>

Otra fuente de ingresos serían las ventas de los bonos de carbono emitidos. Como ya se mencionó estos bonos son generados directamente de las toneladas de residuos compostados. La cantidad de bonos emitidos por tonelada de residuos varía desde 0.4-3 bonos por tonelada y el precio de venta de cada bono se encuentra alrededor de los 4 USD, pero este precio también varía según el mercado en que se cotice y regulaciones ambientales internacionales; debido a esto se decidió omitir los ingresos provenientes de la venta de bonos de carbono.

Para ver un estimado de los ingresos que se tendrían si se implementara el prototipo se puede consultar la Tabla 28 en el Estudio de Mercado.

## D. Análisis de costos y gastos operativos

El análisis de costos y gastos es indispensable para evaluar la factibilidad del prototipo del proceso de compostaje industrializado y para facilitar el entendimiento y el comportamiento que podría tener una empresa de esta índole a nivel financiero. Los costos y gastos son parte del análisis financiero para poder obtener índices que ayuden a verificar la rentabilidad del proyecto la cual se respaldará a través de los ingresos; en esta sección se analizarán los costos de venta y gastos operativos.

**Tabla 51. Costos y gastos en un periodo de 5 años**

Costos y Gastos en un periodo de 5 años					
Nombre	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>COSTOS DE VENTAS</b>					
Material de empaque	Q 203,256.06	Q 211,142.40	Q 219,334.72	Q 227,844.91	Q 236,685.29
Mano de obra directa	Q 283,928.40	Q 294,944.82	Q 306,388.68	Q 318,276.56	Q 330,625.69
<b>TOTAL COSTOS DE VENTA</b>	<b>Q 487,184.46</b>	<b>Q 506,087.22</b>	<b>Q 525,723.40</b>	<b>Q 546,121.47</b>	<b>Q 567,310.98</b>
<b>GASTOS OPERATIVOS</b>					
Mano de obra indirecta	Q 418,005.70	Q 434,224.32	Q 451,072.22	Q 468,573.83	Q 486,754.49
Costos de transporte	Q 18,693.63	Q 20,389.88	Q 21,409.38	Q 22,479.85	Q 23,603.84
Ventilador, trommel, selladoras	Q 14,335.48	Q 14,891.70	Q 15,469.49	Q 16,069.71	Q 16,693.22
Depreciaciones	Q 32,956.00	Q 32,956.00	Q 32,956.00	Q 32,956.00	Q 32,956.00
<b>TOTAL GASTOS OPERATIVOS</b>	<b>Q 483,990.81</b>	<b>Q 502,461.90</b>	<b>Q 520,907.10</b>	<b>Q 540,079.39</b>	<b>Q 560,007.55</b>
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	<b>Q 971,175.27</b>	<b>Q 1,008,549.12</b>	<b>Q 1,046,630.50</b>	<b>Q 1,086,200.85</b>	<b>Q 1,127,318.53</b>

Los costos y gastos proyectados para un periodo de 5 años. Estos están divididos en costos de venta y gastos operativos dando un total de egresos para la proyección a 5 años se consideró un aumento de los costos de venta y gastos operativos del 3.88% Anual. Este porcentaje se determinó en base al promedio inflación anual en Guatemala de los años 2017 al 2021, según el Banco Mundial.

Los activos son depreciados de forma lineal, haciendo uso del tiempo de vida de los activos, para el mobiliario y equipo se consideró un periodo de 10 años de vida útil del activo. En la siguiente Tabla se presenta un resumen de las depreciaciones anuales que se tendrían en el prototipo.

**Tabla 52. Depreciaciones anuales**

Rubro	Depreciación
Ventilador centrífugo	Q 1,540.00
Trómel	Q 2,310.00
Camión	Q 29,106.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q 32,956.00</b>

La depreciación es un gasto no desembolsable, únicamente es un registro contable que se verá reflejado en el Estado de Resultados y que es deducible de impuestos. además, es importante considerar para el cálculo de Flujo de Efectivo.

## E. Análisis de Estado de Resultados y Flujo de Efectivo Neto

El Estado de Resultados refleja todos los Ingresos, Costos y Gastos brutos que se tiene durante el periodo de operación. En el caso de este Estudio Financiero se realizó una proyección de 5 años, obteniendo una utilidad neta que luego fue analizada para poder determinar la rentabilidad del prototipo.

**Tabla 53. Estado de Resultados**

Estado de resultados para un periodo de 5 años						
Año	Inversión inicial año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos (+)		Q 1,475,812.50	Q 1,575,326.54	Q 1,681,550.81	Q 1,794,937.78	Q 1,915,970.43
Costos de ventas (-)		Q 487,184.46	Q 506,087.22	Q 525,723.40	Q 546,121.47	Q 567,310.98
<b>Utilidad Bruta</b>		<b>Q 988,628.04</b>	<b>Q 1,069,239.32</b>	<b>Q 1,155,827.40</b>	<b>Q 1,248,816.31</b>	<b>Q 1,348,659.45</b>
Gastos (-)		Q 483,990.81	Q 502,461.90	Q 520,907.10	Q 540,079.39	Q 560,007.55
<b>Utilidad Operativa antes de impuestos</b>		<b>Q 504,637.24</b>	<b>Q 566,777.42</b>	<b>Q 634,920.31</b>	<b>Q 708,736.92</b>	<b>Q 788,651.90</b>
Impuestos (-) 25%		Q 126,159.31	Q 141,694.35	Q 158,730.08	Q 177,184.23	Q 197,162.98
<b>Utilidad Neta</b>		<b>Q 374,652.93</b>	<b>Q 421,258.06</b>	<b>Q 472,365.23</b>	<b>Q 527,727.69</b>	<b>Q 587,663.93</b>
Inversión	<b>-Q 1,982,697.50</b>	Q 3,825.00	Q 3,825.00	Q 3,825.00	Q 3,825.00	Q 3,825.00
Utilidad acumulada		-Q 1,608,044.57	-Q 1,186,786.51	-Q 714,421.28	-Q 186,693.59	Q 400,970.34

El Estado de Resultados proyectado para cinco años muestra que el prototipo propuesto tiene Utilidad Neta positiva a partir del año 1 de la proyección.

A continuación, se presenta el Flujo de Efectivo el cual considera el gasto de depreciación ya que es un gasto no desembolsable el cual se suma a la Utilidad Neta presentada en el Estado de Resultados.

**Tabla 54. Flujo de Efectivo Neto**

Flujo de Efectivo Neto en un periodo de 5 años						
Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Depreciación		Q 32,956.00				
Inversión inicial	-Q 1,982,697.50					
Flujo de Efectivo Neto	-Q 1,982,697.50	Q 407,608.93	Q 454,214.06	Q 505,321.23	Q 560,683.69	Q 620,619.93

## F. Evaluación de VAN y TIR

### 1. Cálculo de VAN

Para obtener el cálculo de VAN fue necesario utilizar los flujos de efectivo de los 5 años proyectados en la Tabla 55 y traer los flujos de efectivo al año presente, dando un VAN negativo de Q34,048.96 con una tasa de descuento de 8.97%. La tasa de descuento utilizada para el cálculo del VAN se obtuvo del Banco de Guatemala para empresas relacionadas con la agricultura orgánica.

**Tabla 55. Cálculo de VAN con tasa de descuento de 8.97%.**

Valor Actual Neto (VAN)						
Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de Efectivo Neto	-Q 1,982,697.50	Q 407,608.93	Q 454,214.06	Q 505,321.23	Q 560,683.69	Q 620,619.93
Valor Actual Neto (VAN)	-Q 34,048.96					

Con base en el VAN obtenido para este Estudio Financiero se puede determinar que el proyecto no es rentable acorde a los flujos de efectivo que se tienen para cada año.

### 2. Cálculo de TIR

Siendo la TIR la tasa interna de retorno en donde el valor actual neto se hace cero, se consideraron los flujos de efectivo de la proyección de 5 años además de la inversión inicial.

**Tabla 56. Cálculo de TIR**

Tasa Interna de Retorno (TIR)						
Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de Efectivo Neto	-Q 1,982,697.50	Q 407,608.93	Q 454,214.06	Q 505,321.23	Q 560,683.69	Q 620,619.93
TIR	8.35%					

Considerando que el VAN proyectado a cinco años fue negativo, la Tasa Interna de Retorno fue menor a la tasa de descuento (8.97%) siendo de 8.35%.

## **IX. Conclusiones**

1. Se definieron manuales de procedimiento, diagramas de proceso (DOPs) y Checklist de verificación para estandarizar la gestión de los residuos orgánicos generados en CENMA; y la producción y empaque de compost según el prototipo propuesto de compostaje industrial, se determinó que se tendría una reducción del tiempo de 4 a 2 meses y una producción anual de compost de 2,902.69 toneladas.
2. A través del estudio de mercado se determinó que la estrategia de comercialización de compost para el prototipo propuesto debe de estar enfocada en el segmento mayorista de agricultura orgánica en el departamento de Sacatepéquez y empresas dedicadas a la jardinería y paisajismo en el departamento de Guatemala; representando una demanda potencial de 8,936.21 toneladas anuales.
3. El Estado de Resultados proyectado para un periodo de cinco años muestra que el prototipo propuesto es rentable ya que presenta utilidades netas positivas en todos los años. Con base en la utilidad neta, se calcularon los índices financieros con una tasa de descuento de 8.97%, se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) negativo de Q34,048.96 con una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 8.35% inferior a lo esperado.

## X. Recomendaciones

1. Realizar un estudio de mercado específico para viveros que abarque más viveros de diferentes municipios del departamento de Guatemala para determinar si existe una demanda mayor a la determinada en el estudio de mercado del presente trabajo.
2. Recabar más información acerca de la demanda de compost en la agricultura orgánica en más departamentos de Guatemala y en diferentes cultivos para determinar si el mercado potencial en este segmento es más grande.
3. Realizar un diseño de planta de compostaje de menor capacidad de producción con una inversión inicial y gastos inferiores al del prototipo propuesto, acorde a la demanda potencial determinada en el Estudio de Mercado, para evaluar la rentabilidad del proyecto.
4. Evaluar un modelo de negocio basado en la emisión y venta de bonos de carbono como única fuente de ingresos para evaluar su rentabilidad y poderlo comparar con el modelo de negocio de venta de compost del presente trabajo. Investigando sobre los requerimientos para obtener la certificación de emisión de bonos de carbono.
5. Realizar un plan de *marketing* para dar a conocer los beneficios del compost y la relevancia del proceso de producción como alternativa a la gestión actual de residuos municipales en Guatemala.

## XI. Literatura consultada

- Blank, L. T., Tarquin, A. J., & Carlos Freddy Mendoza B. (2006). *Ingeniería económica* McGraw-Hill.
- Gitman, Lawrence y Zutter Chad. (2012). *Principios de Administración Financiera, Decimocuarta edición*. Pearson.
- Jones P, Martin M. 2003. *A review of the literature on the occurrence and survival of pathogens of animals and humans in green compost*. In: Health IfA, editor. Oxon, UK2003. p. 33.
- Jurevicius, O. J. (2021, 22 octubre). *PEST & PESTEL Analysis*. Strategic Management Insight. Recuperado 26 de octubre de 2021, de: <https://strategicmanagementinsight.com/tools/pest-pestel-analysis/>
- López, G. E. P. (2015). *CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE COMPOSTAJE EN INCAUCA SA*.
- Niebel, B. W. & Freivalds, A. (2014). *Ingeniería industrial - métodos, estándares y diseño del trabajo*. McGraw-Hill.
- Ortega Villafuerte, Y., Arredondo López, A., Panis Maramba, C. D., Peña Romero, A., Zhang, T. Y., Pérez Aroca, V., & García-Arisco Rivera, J. (2019). *Propiedades físicas de los materiales cerámicos*.
- Robbins, S., & Coulter, M. (2014). *Administración* (decimosegunda ed.). México, DF.
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor experiencias en américa latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Stephen R. Smith and Sharon Jasim (2009). *Small-scale home composting of biodegradable household waste*. *Waste Management & Research*, 27: 941–950. <http://dx.doi.org/10.1177/0734242X09103828>
- Umwelt Elektronik (2018), VENTILATION TECHNOLOGY. <https://www.umwelt-elektronik.com/en/products/ventilation-technology>
- Weihrich, H., Cannice, M., & Koontz, H. (2017). *Administración una perspectiva global, empresarial y de innovación* (Decimoquinta ed.).

## XII. Anexos

### Anexo 1. Resultados del análisis químico a los 65 días del compost elaborado para el estudio técnico del proceso en CENMA.

Orden: 28 - 2552  
 Cliente: SAMUEL ANLEU,  
 Finca: NUTRISUELOS/PRIMER PILA en Jurisdicción de: Guatemala GUATEMALA



**O-1**

Identificación de la muestra		%							ppm					%			
		pH abonos	C/N	*N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Azufre	Boro	Cobre	Hierro	Manganeso	Cinc	C.O.	Ceniza	M.O.
No.																	
10476	LOTE COMPOST (CENMA)	9.38	12.58	0.80	0.61	1.54	2.71	0.66	0.29	55.44	21.23	15,040.00	627.80	79.98	10.00	82.00	18.00

1. Nitrógeno (N): digestión y determinación por método de Duma
2. Fosforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn) y boro (B): digestión ácida con microondas y lectura por medio de Espectrometría de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente – ICP/OES.
3. Ceniza, Carbono orgánico (C.O.) y Materia orgánica (M.O): método gravimétrico
4. pH: Determinación por potenciometría en relación 1:2.5 Suelo : Agua.

\* Análisis Acreditado Coguanor NTG/ISO/IEC 17025:2017 según OGA-LE-087-18

- \*N = Nitrogeno
- \*P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = Fósforo
- \*K<sub>2</sub>O = Potasio
- \*CaO = Calcio
- \*MgO = Magnesio
- \*C.O. = Carbono Orgánico
- \*M.O. = Materia Orgánica
- \*C/N = Relación Carbono-Nitrógeno

Fecha de ingreso: 13/05/2021  
 Fecha de ejecución: 20/05/2021  
 Fecha de Impresión: 28/05/2021



**Ing. Gelver Larios**  
**Especialista de Plantas y Esp.**

Los resultados de este informe son validos únicamente para las muestras recibidas en el laboratorio y en su impresión original  
 Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.  
 El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe  
 La reproducción parcial o total de este informe debera ser autorizada por escrito por ANALAB  
 Todo documento fuera del servidor Control\_Documentos(lancgua05) y de la carpeta IPublicados se considera una copia no controlada

## Anexo 2. Resultados del análisis químico a los 115 días del compost elaborado para el estudio técnico del proceso en CENMA.

Orden: 28 - 3274  
 Cliente: SAMUEL ANLEU,  
 Finca: CENMA/PROYECTO en Jurisdicción de: Guatemala GUATEMALA



O-1

Identificación de la muestra		%								ppm				%			
		pH abonos	C/N	*N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Azufre	Boro	Cobre	Hierro	Manganeso	Cinc	C.O.	Caniza	M.O.
No.																	
12769	LOTE PILA 1	8.48	11.57	0.72	0.47	0.61	2.11	0.48	0.17	26.02	16.44	15,810.00	732.00	68.15	8.33	85.00	15.00

- Nitrógeno (N): digestión y determinación por método de Duma
- Fosforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn) y boro (B): digestión ácida con microondas y lectura por medio de Espectrometría de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente – ICP/OES.
- Caniza, Carbono orgánico (C.O.) y Materia orgánica (M.O.): método gravimétrico
- pH: Determinación por potenciometría en relación 1:2.5 Suelo : Agua.

\* Análisis Acreditado Coguanor NTG/ISO/IEC 17025:2017 según OGA-LE-087-18

\*N = Nitrogeno  
 \*P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = Fósforo  
 \*K<sub>2</sub>O = Potasio  
 \*CaO = Calcio  
 \*MgO = Magnesio  
 \*C.O. = Carbono Orgánico  
 \*M.O. = Materia Orgánica  
 \*C/N = Relación Carbono-Nitrógeno

Fecha de ingreso: 26/07/2021  
 Fecha de ejecución: 3/08/2021  
 Fecha de Impresión: 5/08/2021



Ing. Gelver Larios  
 Especialista de Plantas y Esp.

Los resultados de este informe son validos únicamente para las muestras recibidas en el laboratorio y en su impresión original  
 Los resultados de este informe corresponden a muestras recibidas de acuerdo a los Criterios de Aceptación establecidos por Analab.  
 El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe  
 La reproducción parcial o total de este informe debera ser autorizada por escrito por ANALAB  
 Todo documento fuera del servidor Control\_Documentos(lancgua05) y de la carpeta \Publicados se considera una copia no controlada

5a. calle 05-50, zona 14 Guatemala, Guatemala, C.A. e-mail: analab@anacafe.org www.anacafe.org pbx: (502) 24213700 ext. 1132, 1133 y 1137

Pág. 1 / 1

### Anexo 3. Gastos de vehículo de reparto

**Tabla 57. Gastos de mantenimiento del vehículo de reparto**

Reparación	Km	costo	Nº *	total
Revisión, luces y escobillas	10000	Q 466.20	20	Q 9,324.00
Aceite y filtros	20000	Q 932.40	10	Q 9,324.00
Neumáticos, bujías y líquido de frenos	40000	Q 6,410.25	5	Q32,051.25
Batería, bolsas de aire y aire acondicionado	80000	Q 1,942.50	2	Q 3,885.00
Correas de distribución y de accesorios	120000	Q 6,216.00	1	Q 6,216.00
Pastillas de freno	60000	Q 2,913.75	3	Q 8,741.25
Discos de freno	90000	Q 2,331.00	2	Q 4,662.00
Amortiguadores	60000	Q 6,410.25	3	Q19,230.75
Catalizador	120000	Q 3,962.70	1	Q 3,962.70
			<b>TOTAL</b>	Q97,396.95
			<b>TOTAL /km*</b>	Q 0.49

\*Base de cálculo 200,000 km

**Tabla 58. Gastos de combustible del vehículo de reparto**

<b>Consumo (Diesel)</b>	9.46	km/gal
<b>Precio</b>	29.37	GTQ/gal
<b>Consumo por Km</b>	3.10	GTQ/km