Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

# APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DE LA CORTEZA DE PALMITO (*Bactris gasipaes*), COMO SUSTRATO PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA UTILIZANDO LOMBRICES COQUETA ROJA (*Eisenia foetida*), PARA LA EMPRESA GRUPO LAYTA S. A.

**Andrea Violeta Montejo Guzmán**
Asesorado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Guatemala, octubre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

# **APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DE LA CORTEZA DE PALMITO (*Bactris gasipaes*), COMO SUSTRATO PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA UTILIZANDO LOMBRICES COQUETA ROJA (*Eisenia foetida*), PARA LA EMPRESA GRUPO LAYTA S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

**ANDREA VIOLETA MONTEJO GUZMÁN**
ASESORADO POR LA INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES**

GUATEMALA, OCTUBRE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

| | |
|---|---|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| VOCAL I | Ing. Angel Roberto Sic García |
| VOCAL II | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa |
| VOCAL IV | Br. Raúl Eduardo Ticún Córdoba |
| VOCAL V | Br. Henry Fernando Duarte García |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

| | |
|---|---|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| EXAMINADORA | Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña |
| EXAMINADOR | Ing. Fredy Haroldo Gramajo Estrada |
| EXAMINADOR | Dr. Ariel Abderraman Ortíz López |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DE LA CORTEZA DE PALMITO (*Bactris gasipaes*), COMO SUSTRATO PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA UTILIZANDO LOMBRICES COQUETA ROJA (*Eisenia foetida*), PARA LA EMPRESA GRUPO LAYTA S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 01 de octubre de 2014.

**Andrea Violeta Montejo Guzmán**

Escuela Nacional Central de Agricultura
Finca Bárcena, Villa Nueva, Guatemala, C.A.
PBX: Telefax: 6629-2125 – Fax 6629-3319
Email: central@enca.edu.gt
www.enca.edu.gt
2016-Agroindustria

Bárcena Villa Nueva, 12 de Julio de 2016.

Ingeniero
Juan José Peralta Dardon
Director
Escuela de Mecánica industrial, EMI.
Presente:

Estimado Ingeniero Peralta

Reciba un cordial saludo, deseándole éxitos en todas sus actividades.

Como parte de la terna evaluadora del trabajo de graduación presentado por la estudiante de la carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales, **Andrea Violeta Montejo Guzmán**, quien se identifica con el número de **Carné 2009-15835,** ha realizado las correcciones al documento titulado **"APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DE LA CORTEZA DE PALMITO (*Bactris gasipaes*), COMO SUSTRATO PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA UTILIZANDO LOMBRICES COQUETA ROJA (*Eisenia foetida*), PARA LA EMPRESA GRUPO LAYTA S.A."**.

Por lo que estoy de acuerdo con el documento, por lo que le solicito se continúe con el proceso que corresponda.

Sin otro particular extiendo la presente a los veinte días del mes de Abril del presente año.

Fredy Gramajo Estrada
INGENIERO EN ALIMENTOS
Col. No. 871

Ing. Fredy Haroldo Gramajo Estrada

Guatemala, 19 de agosto de 2016

Ingeniero
Juan José Peralta Dardon
Director
Escuela de Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero

Reciba un cordial saludo, deseándole éxitos en todas sus actividades.

Como parte de la terna evaluadora del trabajo de graduación presentado por la estudiante de la carrera en Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales, Andrea Violeta Montejo Guzmán, quien se identifica con el número de Carné 2009-15835, ha realizado las correcciones al documento titulado **"APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DE LA CORTEZA DE PALMITO (*Bactris gasipaes*), COMO SUSTRATO PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA UTILIZANDO LOMBRICES COQUETA ROJA (*Eisenia foetida*), PARA LA EMPRESA GRUPO LAYTA S.A."**. Por lo que estoy de acuerdo con el documento, por lo que le solicito se continúe con el proceso que corresponda.

Sin otro particular extiendo la presente a los veintinueve días del mes de agosto del presente año.

Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guate mala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 31 de agosto de 2016.
REF.EPS.DOC.595.08.16

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería, Usac

Estimada Inga. Classon de Pinto.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) de la estudiante universitaria de la Carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales, **Andrea Violeta Montejo Guzmán,** Carné No. **200915835** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DE LA CORTEZA DE PALMITO (BACTRIS GASIPAES), COMO SUSTRATO PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA UTILIZANDO LOMBRICES COQUETA ROJA (EISENIA FOETIDA), PARA LA EMPRESA GRUPO LAYTA S. A..**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
**Asesora-Supervisora de EPS**
Área de Ingeniería Mecánica Industrial

Universidad de San Carlos de Guatemala
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

NISZdS/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 31 de agosto de 2016.
REF.EPS.D.365.08.16

Ingeniero
Juan José Peralta Dardón
Director
Escuela de Ingeniería MecánicaIndustrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Peralta Dardón.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DE LA CORTEZA DE PALMITO (BACTRIS GASIPAES), COMO SUSTRATO PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA UTILIZANDO LOMBRICES COQUETA ROJA (EISENIA FOETIDA), PARA LA EMPRESA GRUPO LAYTA S. A."** que fue desarrollado por la estudiante universitaria, **Andrea Violeta Montejo Guzmán** quien fue debidamente asesorada y supervisada por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

Universidad de San Carlos de Guatemala
DIRECCIÓN
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

SJRS/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.134.016

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DE LA CORTEZA DE PALMITO (Bactris gasipaes), COMO SUSTRATO PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA UTILIZANDO LOMBRICES COQUETA ROJA (Eisenia foetida), PARA LA EMPRESA GRUPO LAYTA S. A.,** presentado por la estudiante universitaria **Andrea Violeta Montejo Guzmán,** apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
FACULTAD DE INGENIERIA

Ing. Juan José Peralta Dardón
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2016.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.180.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DE LA CORTEZ DE PALMITO (Bactris gasipaes), COMO SUSTRATO PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA UTILIZANDO LOMBRICES COQUETA ROJA (Eisenia foetida), PARA LA EMPRESA GRUPO LAYTA S. A.,** presentado por la estudiante universitaria **Andrea Violeta Montejo Guzmán**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

**Ing. Juan José Peralta Dardón**
**DIRECTOR**
**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DIRECCION
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, octubre de 2016.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 487.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DE LA CORTEZA DE PALMITO (*Bactris gasipaes*), COMO SUSTRATO PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA UTILIZANDO LOMBRICES COQUETA ROJA (*Eisenia foetida*), PARA LA EMPRESA GRUPO LAYTA S. A.,** presentado por la estudiante universitaria: **Andrea Violeta Montejo Guzmán,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2016

/gdech

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANATO

No.46.2016

| | |
|---|---|
| Trabajo de Graduación: | "APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DE LA CORTEZA DE PALMITO (*Bactris gasipaes*), COMO SUSTRATO PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA UTILIZANDO LOMBRICES COQUETA ROJA (*Eisenia foetida*), PARA LA EMPRESA GRUPO LAYTA, S.A." |
| Estudiante: | Andrea Violeta Montejo Guzmán |
| Carné: | 200915835 |

"IMPRIMASE"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DECANO FACULTAD DE AGRONOMIA

Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
DECANO

Edificio T-9, Segundo Nivel, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centro América 01012
Apartado Postal 1545, Teléfonos:(502) 2418-9302 Extensiones 86001 • 86002 • Fax: (502) 2418-9321

## ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|---|---|
| **Dios** | Por ser esa fuerza suprema que me ha dado la bendición de vivir en este mundo lleno de maravillas; por escuchar mis oraciones y responderlas en forma misteriosa. |
| **Mis padres** | Leonardo Andrés Montejo Díaz y Elba Violeta Guzmán Juárez por su apoyo en todos los aspectos de mi vida; por el sudor de su frente y los suspiros de anhelo; por esas jornadas de trabajo exhausto para darme un mejor futuro. |
| **Mis hermanos** | Alex, Glenda y Adelso Montejo Guzmán, por sus consejos, enseñarme qué tan diferente es cada persona, mostrarme el camino cuando estuve a punto de flaquear y darme las alegrías que solo los hermanos causan. |
| **Mis sobrinos** | Por llenar mi vida de felicidad y mostrarme que los actos pequeños pueden cambiar el mundo. |
| **Mi familia** | Por haberme enseñado que no importa estar de acuerdo siempre, lo que importa es tener la bendición de saber que hay un lugar a donde regresar. |

**Mis amigos**

Ser miembro de una familia, no solo es compartir lazos de sangre, sino los consejos, brindar el apoyo y sobre todo los momentos que hemos compartido son dignos de recordar toda la vida y después de ésta, cada uno es especial en su forma de ser, y me han ido acompañando en esta travesía llamada Universidad de San Carlos de Guatemala.

**Mis casas de estudio**

Por darme las bases del conocimiento profesional, para aplicarlo en este viaje por el mundo que conocemos como vida, conocimiento que no tiene precio y llevaré conmigo hasta el final de mis días.

## AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|---|
| **Universidad de San Carlos de Guatemala** | Por brindarme el conocimiento que me ha llenado en aspectos de la vida que no imaginaba. |
| **Facultad de Agronomía y Facultad de Ingeniería** | Por apoyarme y enseñarme a ver las situaciones de varios puntos de vista. |
| **Escuela Nacional Central de Agricultura** | ¡Mi Alma Mater! En tus salones se generaron algunas de las memorias que me acompañarán toda la vida. Gracias por darme la oportunidad de crecer en tus saberes. |
| **Alimentos Montesol S.A, Grupo Layta S.A.** | En especial a Inga. Jesica Fuentes y a la Inga. Nancy Linde, por darme la oportunidad de realizar esta fase de mi carrera universitaria en sus instalaciones. |
| **Mis padres** | Este triunfo es más de ustedes que mío, es un pequeño homenaje a sus sacrificios, angustias y sobre todo a su amor. |
| **Mis hermanos** | Por su apoyo incondicional, compañía y todas las lecciones de vida que me han dado. |

**Mis profesores**

Por todos los conocimientos y saberes que con devoción trasmitieron a mí ser, cada uno en una forma única; algunos marcaron más mi vida, pero de todos guardo recuerdos.

**Mis amigos**

Quienes me han acompañado todos estos años en los salones, en los desvelos y esfuerzos, en tiempos buenos y malos, este triunfo no lo habría logrado sin ustedes, especialmente a Joel Chanchavac, Josué Turcios, Thelmy Cruz, Tony Leal, Héctor Turcios, Ricardo Aragón, Carlos Hernández, Juan Tomas, Vivian Guerra y a todos ustedes amigos que siempre han estado cuando los necesito.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES ..... VII
LISTA DE SÍMBOLOS ..... XI
GLOSARIO ..... XIII
RESUMEN ..... XVII
OBJETIVOS ..... XXI
INTRODUCCIÓN ..... XXIII

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA GRUPO LAYTA S.A. ..... 1
   1.1. Descripción ..... 1
   1.2. Visión ..... 1
   1.3. Misión ..... 2
   1.4. Política de calidad ..... 2
   1.5. Estructura organizacional ..... 2
   1.6. Descripción de los productos principales ..... 4
      1.6.1. Palmito en salmuera ..... 4
      1.6.2. Piña en almíbar ..... 6
   1.7. Análisis físicoquímico de los productos ..... 8
   1.8. Descripción del sistema de gestión de calidad e inocuidad. ..... 10

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DE LA CORTEZA DE PALMITO PARA LAS ELABORACIÓN DE COMPOSTA UTILIZANDO LOMBRICES COQUETA ROJA. ..... 11
   2.1. Diagnóstico de la situación actual. ..... 11
      2.1.1. Árbol del problema ..... 11

2.1.2. Árbol de objetivo....13
2.1.3. Análisis de enfoques ....14
2.2. Maquinaria y equipo de la empresa ....16
2.3. Cuantificación de los desechos.....17
2.3.1. Días de producción en 2014....17
2.3.2. Determinación de peso medio de cada palma. ....19
2.3.3. Cálculo de palmas procesadas en el 2014....21
2.3.4. Rendimiento de aprovechamiento de las palmas.....22
2.3.5. Cuantificación de cañaza de palmito....24
2.3.6. Densidad del desecho.....26
2.4. Diseño de pruebas piloto....26
2.4.1. Maquinaria y equipo ....26
2.4.2. Materiales....27
2.4.3. Prototipo 1, palmito triturado puro. ....27
2.4.3.1. Diseño del proceso....27
2.4.3.2. Resultados ....31
2.4.3.3. Costos. ....31
2.4.4. Prototipo 2, palmito triturado y bovinaza en proporciones iguales. ....32
2.4.4.1. Diseño del proceso.....32
2.4.4.2. Resultados ....36
2.4.4.3 Costos. ....36
2.4.5. Prototipo 3, palmito triturado y gallinaza en proporciones iguales ....37
2.4.5.1. Diseño del proceso....37
2.4.5.2. Resultados ....37
2.4.5.3 Costos. ....37
2.4.6. Prototipo 4, palmito triturado y cáscara de piña en proporciones iguales. ....38

2.5. Diseño final del producto ..... 40
2.5.1. Propuesta 1, lombricomposta a partir de cañaza de palmito. ..... 41
2.5.2. Propuesta 2, lombricomposta a partir de cañaza de palmito y bovinaza en proporciones iguales. ..... 45
2.5.3. Propuesta 3, lombricomposta a partir de cañaza de palmito y cáscara de piña. ..... 47
2.6. Diseño del complejo de compostaje ..... 49
2.6.1. Maquinaria y equipo. ..... 49
2.6.2. Infraestructura..... 55
2.6.3. Ubicación del complejo ..... 57
2.7. Costos de la propuesta..... 58
2.7.1. Cunas de compostaje ..... 58
2.7.2. Obra civil..... 59
2.7.3. Costo de la materia prima y otros insumos..... 61
2.7.4. Costos de maquinaria y equipo ..... 64
2.7.5. Inversión inicial en activo fijo y diferido ..... 68
2.7.6. Depreciaciones y amortización ..... 70
2.7.7. Financiamiento del proyecto ..... 71
2.7.8. Costos fijos ..... 71
2.8. Análisis de costos de la propuesta 1. ..... 72
2.8.1. Costos variables. ..... 72
2.8.2. Costo total anual..... 73
2.8.3. Rentabilidad..... 74
2.8.4. Flujo de efectivo..... 74
2.9. Análisis de costos de la propuesta 2 ..... 76
2.9.1. Costo variable..... 76
2.9.2. Costo total anual..... 76
2.9.3. Rentabilidad..... 77

2.9.4. Flujo de caja. ..... 77
2.10. Análisis de costos de la propuesta 3 ..... 78
2.10.1. Costo variable propuesta 3 ..... 79
2.10.2. Costo total anual ..... 79
2.10.3. Rentabilidad ..... 80
2.10.4. Flujo de efectivo. ..... 81
2.11. Resumen de costos de las tres propuesta finales. ..... 82

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE MEDIANTE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL. ..... 83
3.1. Diagnóstico situacional del consumo de agua potable en la empresa. ..... 83
3.1.1. Consumo de agua potable. ..... 83
3.2. Costo de utilización de agua potable en la empresa ..... 85
3.3. Análisis del consumo de agua para el área externa de la planta de producción. ..... 86
3.4. Diseño de las instalaciones para la captación de agua pluvial. ..... 87
3.4.1. Análisis de datos históricos de la precipitación pluvial en el área. ..... 87
3.4.2. Instalaciones para la captación de agua pluvial. ..... 90
3.5. Costos de la propuesta ..... 92
3.6. Comparación de costos entre la propuesta y la situación actual de uso de agua potable. ..... 94

4. FASE DE DOCENCIA. PLAN ANUAL DE CAPACITACIÓN SOBRE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS. ..... 95
4.1. Diagnóstico situacional ..... 95

4.2. Responsable o encargado ..... 97
4.3. Plan anual de capacitación ..... 97
4.4. Resultados de la capacitación ..... 101

CONCLUSIONES ..... 103
RECOMENDACIONES ..... 105
BIBLIOGRAFÍA ..... 107
APÉNDICES ..... 109
ANEXOS ..... 113

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS


1. Organigrama de Grupo Layta, S.A. ..... 4
2. Lata de corazón de palmito en salmuera. ..... 5
3. Productos enlatados de Grupo Layta S.A. ..... 8
4. Árbol del problema. ..... 12
5. Árbol de objetivo ..... 13
6. Análisis de enfoques. ..... 15
7. Días de producción en el 2014..... 19
8. Peso medio de una palma mensual ..... 21
9. Rendimiento de palmito ..... 24
10. Diagrama de flujo de proceso de elaboración de lombricomposta a partir de cañaza de palmito ..... 30
11. Diagrama de proceso. Diseño final. Palmito triturado y bovinaza ..... 35
12. Diagrama de proceso, palmito y cáscara de piña. ..... 39
13. Diagrama de proceso, diseño final, palmito triturado. ..... 44
14. Diagrama de proceso, diseño final, palmito y estiércol. ..... 46
15. Diagrama de proceso, diseño final, palmito triturado y cáscara de piña ..... 48
16. Picadora de pasto. ..... 50
17. Tamiz. ..... 51
18. Manguera ..... 52
19. Pala. ..... 52
20. Termómetro/Higrómetro ..... 53
21. Bieldo ..... 54

22. Distribución de cunas y naves del complejo de compostaje. ..... 56
23. Diseño de nave. ..... 56
24. Ubicación para el complejo de elaboración de lombricomposta. ..... 57
25. Consumo de mensual de agua potable. ..... 84
26. Costo de consumo de agua. ..... 85
27. Historial de precipitación pluvial anual. ..... 88
28. Tendencia de precipitación anual. ..... 89
29. Precipitación pluvial media mensual (1990 -2013) ..... 90
30. Instalaciones de planta de producción. ..... 91

## TABLAS

I. Días de producción 2014 ..... 18
II. Peso medio de cada palma por mes ..... 20
III. Palmas procesadas en 2014. ..... 22
IV. Rendimiento de palmas. ..... 23
V. Cuantificación de cañaza de palmito. ..... 25
VI. Costos del prototipo 1, cañaza de palmito ..... 31
VII. Costos a nivel prototipo, palmito y bovinaza. ..... 36
VIII. Costos a nivel prototipo, palmito y gallinaza. ..... 37
IX. Costos a nivel prototipo, palmito y cáscara de piña. ..... 40
X. Especificaciones picadora de pasto. ..... 49
XI. Especificaciones tamiz rotativo. ..... 50
XII. Especificaciones del termómetro e higrómetro. ..... 53
XIII. Costos de las cunas de compostaje. ..... 59
XIV. Costos de estructura del techo. ..... 60
XV. Costo de techo. ..... 61
XVI. Costo de cañuela de palmito. ..... 62
XVII. Costo cáscara de piña. ..... 62

XVIII. Costo de bovinaza ....63
XIX. Costo de agua. ....63
XX. Costo de equipo y maquinaria. ....64
XXI. Costo de indumentaria del personal. ....65
XXII. Costos mano de obra anual. ....66
XXIII. Costos de empaque ....66
XXIV. Costo anual de combustible ....67
XXV. Costo de mantenimiento. ....67
XXVI. Activos fijos de producción. ....68
XXVII. Activos fijos de infraestructura ....69
XXVIII. Total de activos fijos ....69
XXIX. Activos diferidos ....70
XXX. Depreciaciones y amortización ....70
XXXI. Financiamiento y pago de deuda. ....71
XXXII. Costos fijos ....72
XXXIII. Costo variable ....73
XXXIV. Costo total anual ....73
XXXV. Rentabilidad, propuesta 1. ....74
XXXVI. Flujo de efectivo, propuesta 1. ....75
XXXVII. Costos variables, propuesta 2. ....76
XXXVIII. Costo total anua, propuesta 2. ....77
XXXIX. Rentabilidad ....77
XL. Flujo de caja, propuesta 2 ....78
XLI. Costo variable, propuesta 3 ....79
XLII. Costo total anual ....80
XLIII. Rentabilidad. ....80
XLIV. Flujo de efectivo, propuesta 3 ....81
XLV. Resumen de costos de las tres propuestas finales. ....82
XLVI. Consumo mensual de agua potable. ....84

XLVII. Costo mensual del consumo de agua potable.....85
XLVIII. Consumo de agua para el area externa de la planta de producción.....86
XLIX. Datos históricos de precipitación pluvial.....88
L. Precipitación media mensual.....89
LI. Captacion de agua pluvial. .....91
LII. Costos de las instalaciones de captacion de agua pluvial.....92
LIII. Valor de la inversión.....93
LIV. Matriz Foda .....96
LV. Cuadro descriptivo del plan de capacitación. .....99

# LISTA DE SIMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|---|---|
| **°Brix** | Grados brix |
| **°C** | Grados Celsius |
| **m** | Metro |
| **$m^2$** | Metro cuadrado |
| **$m^3$** | Metro cúbico |
| **mm** | Milímetro |
| **pH** | Potencial de hidrógeno |

# GLOSARIO

| | |
|---|---|
| **Abono** | Sustancia con que se abona la tierra o las plantas. |
| **Acondicionamiento** | Acción y efecto de acondicionar. |
| **Almíba** | Azúcar disuelta en agua y cocido al fuego hasta que toma consistencia de jarabe. |
| **Aprovechamiento** | Acción y efecto de aprovechar o aprovecharse. |
| **Bovinaza** | Heces sólidas, líquidas o pastosas de bovinos, puras o mezcladas, estabilizadas y manejadas para uso agrícola. |
| **Cachaza o cañaza** | Corteza de palmito resultado del proceso de producción de palmito en salmuera. |
| **Certificación** | Acción y efecto de certificar. Documento en que se asegura la verdad de un hecho. |
| **Densidad** | Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo, cuya unidad en el sistema internacional es el kilogramo por metro cúbico(kg/m3). |

| | |
|---|---|
| **Equipo** | Colección de utensilios, instrumentos y aparatos especiales para un fin determinado. |
| **Escaldado** | Es un tratamiento térmico a 95-100 ºC durante 25 o 30 minutos al que se someten las conservas para ser enlatadas, congeladas o deshidratadas. |
| **Espacio de cabeza** | Es el espacio que se deja en el envase sin alimento. Este espacio además de servir para la expansión de líquidos y gases facilita la transmisión de calor durante la agitación del producto en la autoclave. |
| **Gallinaza** | Es el estiércol de gallina preparado para ser utilizado en la industria ganadera o en la industria agropecuaria. |
| **Lombricompost, humus de lombriz o vermicompost** | Abono obtenido de las lombrices epigeas, que son alimentadas con desechos orgánicos (formados de restos vegetales, residuos de cosecha estiércoles hervivoros entre otras). |
| **Maquinaria** | Conjunto de máquinas para un fin determinado. |
| **Masticabilidad** | Es la medida de la energía requerida para masticar un sólido y desintegrarlo hasta que se pueda tragar. |
| **Materia prima** | Materia extraída de la naturaleza y que se transforma para elaborar materiales, que más tarde se convertirán en bienes de consumo. |

| | |
|---|---|
| **Peso bruto** | Peso de una mercancía, incluido el envase o embalaje. |
| **Peso drenado** | Corresponde al peso del producto sólido (masa), una vez escurrido o drenado completamente el líquido de relleno. |
| **Peso neto** | Es la cantidad de producto contenido en un envase. |
| **Producción orgánica** | Es un sistema de producción que mediante el manejo racional de los recursos naturales, sin la utilización de productos de síntesis química, brinde alimentos sanos y abundantes, mantenga o incremente la fertilidad del suelo y la diversidad biológica. |
| **Prueba piloto** | Puesta en práctica de un experimento tendiente a considerar las posibilidades de un determinado desarrollo posterior. |
| **Rendimiento** | Proporción entre el producto o el resultado obtenido y los medios utilizados. |
| **Salmuera** | Líquido que se prepara con sal y otros condimentos, y se utiliza para conservar alimentos. |
| **Sustrato** | Sustancia sobre la que actúa una enzima. |
| **Vacío** | Dicho de una forma de envasar: sin aire. |

# RESUMEN

La enlatadora de alimentos de Grupo Layta S.A. se dedica principalmente a la producción y enlatado de piña en almíbar y palmito en salmuera, semanalmente se procesan 24 000 palmas que son obtenidas desde la finca de la empresa ubicada en Cobán, Alta Verapaz; la producción se realiza bajo los lineamientos de la certificación FSSC 22 000, la cual garantiza la calidad e inocuidad de la línea de producción, cuyo producto terminado es exportado principalmente a los países de Portugal y México, clientes altamente exigentes. La certificación exige un sistema de gestión de la calidad y una constante realización de auditorías externas e internas que generan recomendaciones que deben ser atendidas a la brevedad posible, en repetidas ocasiones se ha recomendado que se realice una mejora en el manejo inadecuado de los desechos sólidos generados por la producción de palmito en salmuera.

Como resultado del diagnóstico situacional se evidenció que los desechos orgánicos no se manejan adecuadamente, principalmente las primeras tres capas del tallo de las palmas que no son aptas para consumo humano, estas son depositadas a las afueras de las instalaciones, también se determinó por medio de muestreo en la recepción de materia prima, que cada palma tiene una masa media de 1 185 gramos y anualmente son procesadas 1 152 000 unidades en 96 días de producción; según los datos expuestos con anterioridad se obtuvo que la línea de producción de palmito en salmuera en sus distintas presentaciones tiene rendimiento de aprovechamiento de 43 %.

Con un rendimiento de 43 % en línea de producción y una calidad no adecuada de las palmas atribuida al manejo agronómico inadecuado en finca,

como resultado se observa la acumulación de los desechos en las afueras de las instalaciones, catalogados como focos de contaminación resultantes en proliferación de plagas y generación de gases de descomposición desagradables al olfato humano; como parte del diagnóstico situacional se plantea la utilización de los desechos para la producción de lombricompost, anualmente se tiene una disposición de desechos de 781,78 toneladas según lo calculado para el 2014.

Para realizar el diseño final del complejo de compostaje y proceso de producción del lombricompost, se realizó una prueba piloto para determinar el tiempo que tarda el periodo de acondicionamiento y compostaje con sustratos a base de desechos de palmito triturado puro y triturado mezclado en proporcionalidad de 50 % con gallinaza, bovinaza y cascara de piña triturada. El tiempo medio de acondicionamiento fue de 30 días y el rango del proceso de compostaje fue de 90 a 150 días, a partir de la siembra de las lombrices coquetas rojas.

El diseño final de la infraestructura para el complejo de compostaje se calculo en base a la cantidad de cañaza de palmito generado en el 2014, para lo cual se diseño un complejo de 30 cunas de compostaje y tres naves individuales, en un área 30 metros de largo y 22 metros de ancho para hacer un total de 660 metros cuadrados cuyo costo asciende a Q. 42 517,80.

Se plantea el ahorro de agua potable mediante la captación de aguas pluviales y su debido tratamiento para ser utilizada en los sanitarios ubicados afuera de la planta de producción. La disminución del uso de agua potable implica ser más amigable con el ambiente en el funcionamiento de la planta y resalta la preocupación de Grupo Layta S. A. para disminuir su impacto al ambiente.

En la fase de docencia se trabajó el diseño de un plan de capacitación sobre las buenas prácticas agrícola -BPA- para los veinticinco empleados que laboran en las plantaciones de palmito de la finca de Grupo Layta S. A.en Alta Verapaz, para mejorar las condiciones de trabajo, aumentar la calidad de las palmas cosechadas, no afectar el medio ambiente y concientizar al personal sobre la importancia de la calidad de la materia prima desde su origen. Según el diagnóstico realizado se consideraron de necesidad urgente la capacitación de uso de pesticidas e higiene personal.

Considerando que con un adecuado manejo agronómico y fortaleciendo el conocimiento de las buenas prácticas agrícolas, la calidad de las palmas aumentará y cumplirá con los parámetros de calidad que cada uno de los clientes requieren para su procesamiento.

# OBJETIVOS

## General

Diseñar el proceso de elaboración de lombricomposta a partir de corteza de palmito y lombrices coqueta roja (*Eisenia foetida*), para optimizar el aprovechamiento de las materias primas en la enlatadora de alimentos de Grupo Layta S.A.

## Específicos

1. Determinar la cantidad en masa de corteza de palmito (*Bactris gasipaes*) que puede ser utilizada para su transformación en compostaje, mediante la digestión de las lombrices coquetas rojas.

2. Determinar el tiempo medio para la transformación del sustrato a humus de lombriz.

3. Diseñar la infraestructura del complejo de producción, garantizando las condiciones propicias para la obtención de compostaje y la proliferación de las lombrices coqueta roja en el sustrato.

4. Determinar los insumos, materiales y equipo necesario para la producción de compostaje.

5. Diseñar un plan de capacitación anual sobre buenas prácticas agrícolas -BPA- para la empresa.

6. Desarrollar una propuesta para la reducción del consumo de agua potable, mediante captación de agua pluvial para el sistema de sanitarios y duchas de la empresa.

# INTRODUCCIÓN

La enlatadora de alimentos de Grupo Layta S. A., está dedicada principalmente a la producción de enlatados de palmito en salmuera y piña en almíbar. A consecuencia de estas dos líneas principales de producción se ha dado una generación de desechos sólidos orgánicos que se acumulan en las afueras de la planta de producción y la disposición de estos, presenta una problemática a la empresa. Las características de las corteza de palmito (*Bactris gasipaes*) la hace no apta para el consumo humano o animal, por tal motivo es acumulada sin ningún tratamiento en las afueras de las instalaciones, hasta que esta pierde la mayor cantidad de humidad posible al aire libre y son quemadas, siendo un potencial peligro de incendio.

El rango de aprovechamiento actual del palmito es de 45 a 50 %, lo que indica que el resto son desechos sólidos sin utilizar y cada semana se procesan una media de 24 000 palmas. Al pasar del tiempo la acumulación de desechos aumenta y es más evidente, lo que lleva a efectos negativos al medio ambiente como la contaminación visual, generación de gases de descomposición fétidos, proliferación de plagas y sobre todo no genera beneficios a la empresa.

Siendo la acumulación una fuente de contaminación ambiental y una grave amenaza a la política de calidad de la empresa, se hace necesario e indispensable diseñar un sistema para la correcta disposición de los desechos orgánicos. Las características propias de la corteza reduce las opciones a la elaboración de abonos orgánicos para ser utilizados en las plantaciones de palmito de la empresa en Alta Verapaz, sin embargo, el compostaje simple según la teoría tardaría un año en promedio para elaborarse.

Con el propósito de disminuir el tiempo de compostaje se plantea la elaboración de lombricomposta o vermicompost con los desechos sólidos, mediante la digestión de las lombrices denominas *coquetas rojas o roja californiana (Eisenia foetida),* que tiene la capacidad de transformar su propio peso en compost en un día con las condiciones adecuadas de temperatura, humedad y pH., estas lombrices se alimentan específicamente de material orgánico y no de tierra como las lombrices comunes.

Dentro del programa del ejercicio profesional supervisado se consideró un plan de capacitación anual para los empleados de la finca en buenas prácticas agrícolas, poniendo como principal componente el manejo y uso adecuado de los plaguicidas y la higiene personal, para no poner en riesgo la salud de los empleados, las familias y los consumidores de producto.

Una propuesta para la reducción del uso de agua potable captando agua pluvial para el sistema de sanitarios, fuera la planta de proceso y así disminuir el impacto negativo de la empresa al ambiente, aprovechando la precipitación pluvial local desde los meses de mayo a octubre.

# 1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA GRUPO LAYTA S. A.

## 1.1. Descripción

La envasadora de alimentos de Grupo Layta S.A es una empresa dedicada a producir y comercializar alimentos enlatados. Fue creada en el 2002, como un proyecto agrícola para la producción de palmito en salmuera para los mercados de Portugal y México.

A partir del 2004 se empezaron a desarrollar nuevos productos para diversificar la producción; produciendo actualmente palmito enlatado en salmuera, piña en almíbar, higo en almíbar, tamales en salmuera, salchichas en salmuera, pasta de tomate, entre otros. Siendo los productos de palmito y piña los de mayor importancia para la empresa. La mayor cantidad de producto fabricado por Grupo Layta, S.A. es para exportación, cumpliendo con los estándares de calidad, establecidos según el mercado destino.

## 1.2. Visión

"Ser una de las opciones preferidas en nuestras categorías de alimentos; siendo competitivos, satisfaciendo a nuestros clientes y consumidores, recurso humano, accionistas y directores".[1]

[1] Grupo Layta S.A., Departamento de Recursos Humanos, 2012.

## 1.3. Misión

"Fabricar alimentos procesados inocuos de alta calidad, cumpliendo con normas internacionales en un ambiente que garantiza la inocuidad, calidad, excelencia, productividad y desarrollo humano y de la comunidad, conservando el medio ambiente. Satisfacer las expectativas del consumidor en el mercado global, a precios competitivos, alcanzado la rentabilidad esperada que fomente el desarrollo continuo de la empresa".[2]

## 1.4. Política de Calidad

"En Grupo Layta, S.A. están comprometidos a elaborar eficientemente productos alimenticios que cumplan con requisitos y normativas de calidad y tiempo de entrega acordados, haciéndolo bien desde la primera vez, a base de un sistema de gestión de calidad, proactivo y de mejoramiento continuo, fomentando el involucramiento de cada uno de sus integrantes".[3]

## 1.5. Estructura organizacional

En Grupo Layta, S.A. la estructura organizacional es de tipo jerárquica o también conocida como departamentalización funcional, las decisiones importantes (proyectos de infraestructura, certificaciones, lanzamiento de nuevos productos, entre otros), son tomadas únicamente por dirección general y las decisiones de menor importancia (mantenimiento de maquinaria y equipo, contratación de personal, compras de insumos, entre otros), son tomadas por gerencia industrial, pero deben ser consultadas y autorizadas por dirección general.

[2] Grupo Layta S.A., Departamento de Recursos Humanos, 2012.

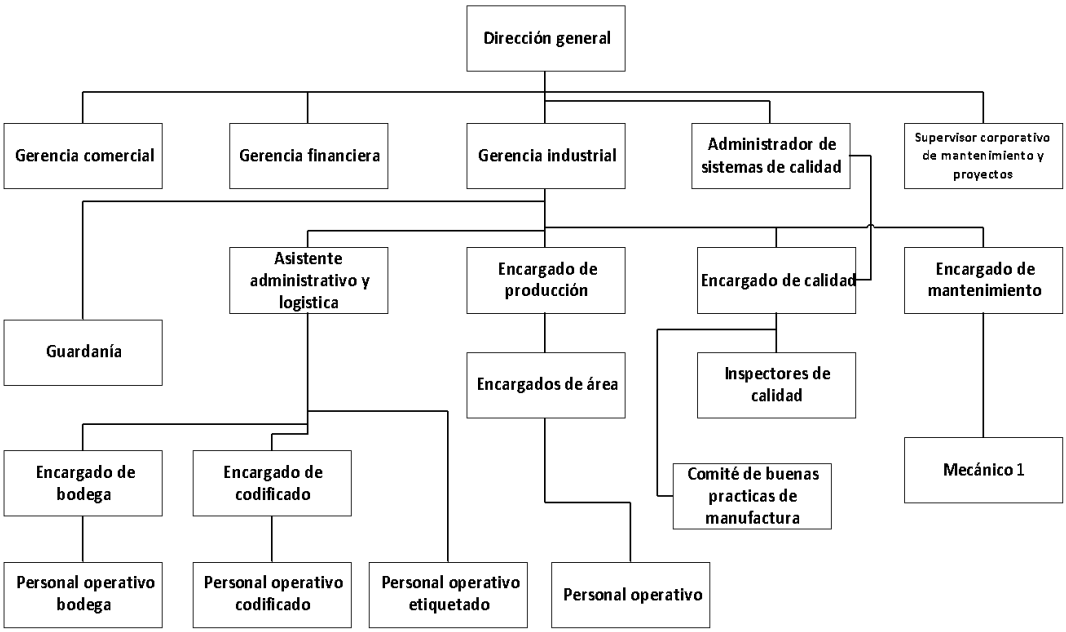
[3] Ibíd.

Este tipo de estructura organizacional fue electa para que el control de las decisiones más importantes, se tomará por la dirección general de la empresa, que comúnmente implican inversiones o desembolsos de dinero.

Actualmente el personal administrativo y operativo de la empresa está conformado por 75 personas, quienes son coordinados por jefes inmediatos. Grupo Layta, S.A. está ubicada en dos distintos lugares, encontrándose el área de ventas y administración en zona 12 de la ciudad de Guatemala y el área industrial (planta de transformación) en kilómetro 1,3 sobre la carretera a Bárcenas, Villa Nueva. La distancia entre ubicaciones no afecta el buen desempeño de los procesos, ya que hay una buena comunicación dentro de todas las áreas que forman la empresa.

El área industrial está formada por cinco áreas importantes que son: administrativa, de aseguramiento de calidad, de producción, de mantenimiento y de despachos. La departamentalización funcional se caracteriza por delegar las funciones a cada uno de los puestos y definir cuáles son las responsabilidades, para luego manejar de mejor forma y más ordenada los indicadores de la empresa (rendimiento, almacén y calidad); esta línea de mando se puede observar en la figura 1 que a continuación se presenta.

Figura 1. **Organigrama de Grupo Layta, S. A.**




Fuente: Grupo Layta, S.A.

## 1.6. Descripción de los productos principales

Dentro de los productos principales elaborados en Grupo Layta S.A. están: palmito en salmuera y piña en almíbar, la mayor parte de la producción está destinada al mercado internacional y una pequeña parte al mercado nacional.

### 1.6.1. Palmito en salmuera

El producto conocido como palmito en salmuera es obtenido de brotes terminales, sin cáscara y en trozos de varias especies de la palmera (*Bactris gasipaes*), sometidas a precocción, pelado, corte y selección para luego ser

envasado en latas de hojalata y llenarlo con una salmuera acidificada, pasando por último a etapa de cerrado y al proceso térmico.

El palmito en estado fresco o procesado es muy apreciado por su sabor y suavidad y se consume principalmente en ensaladas, también se puede emplear en la preparación de cremas y guisos. La mayor producción de palmito se destina al mercado internacional mediante marcas privadas, pero también se comercializa localmente.

El palmito es cortado en pedazos de 10 centímetros obteniendo así de una pieza de palmito entero, en promedio 6 pedazos, y en los casos en que alguna pieza no cumpla los 10 cm se traslada al área de recuperación del palmito para utilizarlo en el envasado de ensalada. A continuación en la figura 2, se observa la presentación comercial de una lata de corazón de palmito elaborada por Grupo Layta S.A.

Figura 2. **Lata de corazón de Palmito en salmuera.**

Fuente: División industrial, Grupo Layta S.A.

### 1.6.2. Piña en almíbar

La piña se encuentra dentro de la familia de las Bromeliáceas, tal producto es de suma importancia, es la principal materia para la elaboración de enlatados de piña.

Para la aceptación de la piña en planta Layta, debe cumplirse la Norma CODEX STAN 182-1993[4], donde establece que la materia prima debe tener los siguientes requisitos mínimos de calidad:

- Estar enteras
- Estar sanas y exentas de podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptas para su transformación.
- Estar limpias y exentas de cualquier materia extraña (contaminantes físicos, químicos y microbiológicos).
- Estar con un grado de maduración ideal (75 % del fruto maduro) como requisito mínimo, ya que el fruto deberá ser fisiológicamente maduro, es decir, no presentar señales de falta de madurez (opacidad, falta de sabor, pulpa demasiado porosa) o de madurez excesiva (pulpa demasiado traslúcida o fermentada).
- Estar exentas de daños causados por altas o bajas temperaturas tales como: quemaduras en cáscara, deformidades fisiológicas, entre otros.
- Estar exentas de manchas obscuras internas

En planta la piña es clasificada según grado de maduración y tamaño, para luego ser lavada, pelada, descorazonada y cortada en rodajas utilizando una rodajadora de cuchillas de acero inoxidable, siguiendo con el proceso de

[4] Norma del CODEX para la piña, p. 1.

clasificación y envasado de rodajas en envases de hojalata. Las rodajas que no cumplen parámetros de calidad en función a grosor de rodaja o diámetro, son cortadas en trozos para luego ser envasadas.

Existen 2 clasificaciones en función de la presentación del producto, siendo las siguientes:

Piña rodaja R9 = Diámetro de rodaja = 90 mm
Grosor de rodaja = 13 mm
Cantidad de rodajas por envase 29 oz = 8 rodajas

Piña rodaja R7 = Diámetro de rodaja = 70 mm
Grosor de rodaja = 13 mm
Cantidad de rodajas por envase 29 oz = 8 rodajas

La transformación de la piña termina cuando el producto se encuentra en el envase y es llenado con almíbar que es la mezcla de agua, azúcar y otros ingredientes que ayudan a regular el pH (potencial hidrógeno) del producto, para luego ser cerrado y sometido a proceso térmico, también conocido como esterilización comercial con el objetivo de alargar la vida útil de producto terminado.

La diversificación de productos comercializados por la empresa se puede apreciar en la figura 3 que a continuación se presenta.

Figura 3. **Productos enlatados de Grupo Layta S. A.**

Fuente: división industrial, Grupo Layta S.A.

## 1.7. Análisis fisicoquímico de los productos

Después de 20 días de la fecha de producción (tiempo de equilibrio entre el producto y medio de gobierno), se realiza una evaluación y análisis del producto en función a parámetros establecidos para cada producto terminado. Este análisis se ejecuta para tomar la decisión de aceptar o rechazar los lotes realizados en un día de producción.

Los factores evaluados en el análisis fisicoquímico son los siguientes:

- Medición de cierres
- Pesos de producto (bruto, neto y drenado)
- Vacío (in-Hg)
- Espacio de cabeza
- Porcentaje de sal o grados Brix

- Potencial de Hidrógeno (pH)

Los factores evaluados en el análisis sensorial son:

- Apariencia medio de gobierno
- Apariencia de drenado
- Sabor
- Aroma
- Color
- Textura
- Masticabilidad

El cumplimiento o incumplimiento de los parámetros establecidos de esto factores, depende de que un producto sea conforme o no, por lo que todo el proceso productivo, desde el ingreso de materias prima, hasta la transformación del producto, debe ser supervisado, cumpliéndose los manuales de procedimientos, instrucciones e implementarse los mismos de una manera correcta.

Para el manejo eficiente de todos los procesos, la empresa debe trabajar bajo un sistema de gestión estructurado, con ello se asegura el cumplimiento de cada uno de los parámetros de aceptación implementados de una manera eficaz y eficiente en todos los procesos que en conjunto hacen que el producto ofrecido sea de calidad e inocuidad.

## 1.8. Descripción del sistema de gestión de calidad e inocuidad

Un sistema de gestión es la manera en que una organización dirige y controla aquellas actividades que están asociadas con la calidad e inocuidad de un producto.

Todo proceso productivo es un sistema formado por personas, equipos y procedimientos de trabajo. El proceso genera una salida, que es el producto que se fabrica, la calidad e inocuidad del producto fabricado está determinada por sus características, es decir, por sus propiedades físicas, químicas, sensoriales y microbiológicas (en el caso de alimentos), que en conjunto determinan el aspecto y el comportamiento del mismo.

Por lo general existen algunas características que son críticas para establecer la calidad e inocuidad de un producto. Normalmente se realizan mediciones de estas características y se obtienen datos numéricos. El valor de una característica de calidad o inocuidad es un resultado que depende de una combinación de variables y factores que condicionan el proceso productivo.

# 2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DE LA CORTEZA DE PALMITO PARA LAS ELABORACION DE COMPOSTA UTILIZANDO LOMBRICES COQUETA ROJA

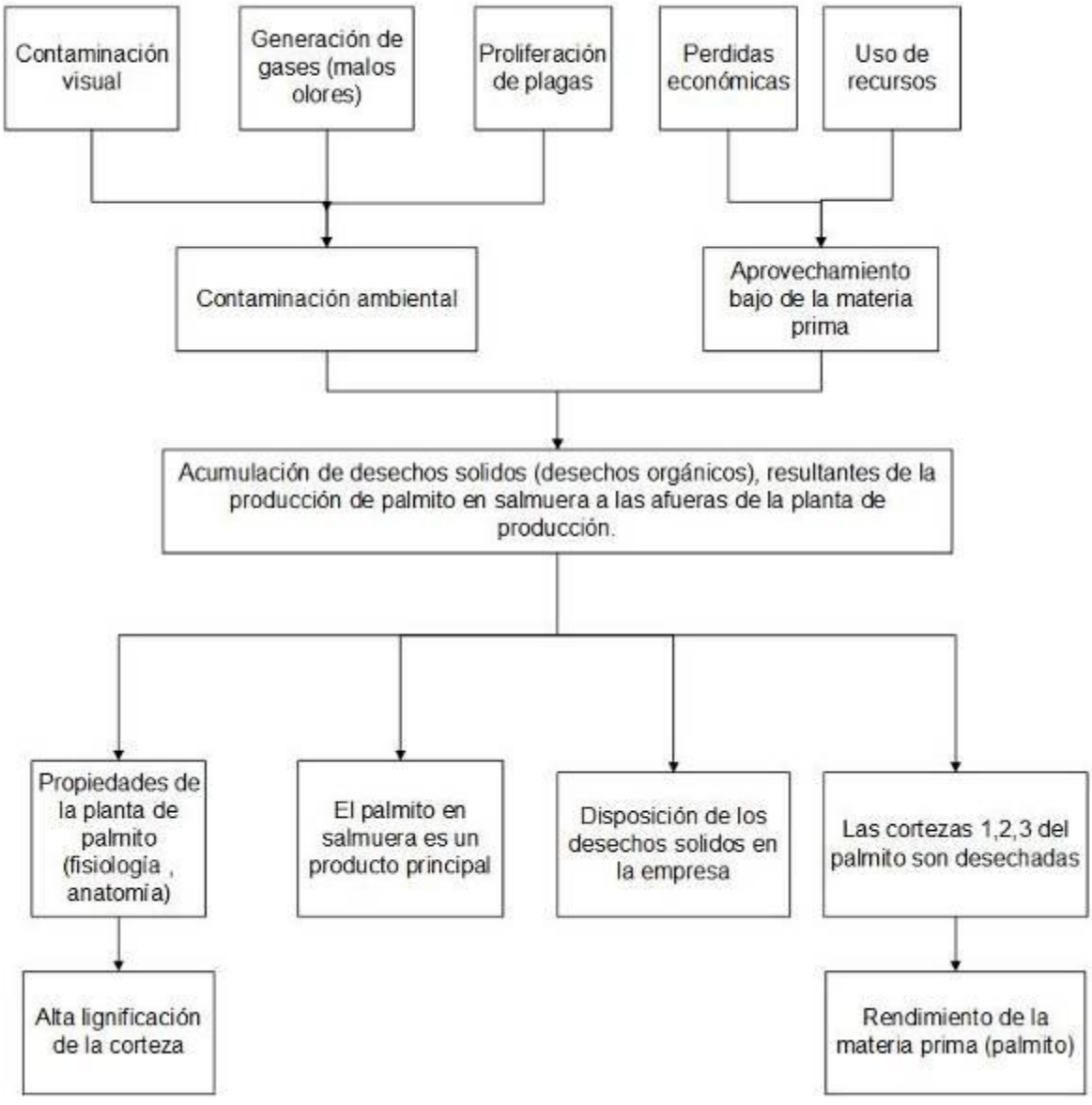
## 2.1. Diagnóstico de la situación actual

Para realizar el diagnóstico situacional y enfrentar el problema de manejo de desechos orgánicos generados en la línea de producción de palmito de salmuera, se utilizó un análisis de enfoques por medio de árbol de problema. Esta metodología persigue identificar el problema por medio de las causas y efectos observables; la solución al problema identificado, será determina por medio del cumplimiento del objetivo central del árbol de objetivos.

### 2.1.1. Árbol del problema

Por medio del árbol del problema se identificaron las causas y efectos que están afectando de forma directa el tema analizado y el problema a discutir en el diagnóstico. A continuación se presenta la figura 4 indicando las causas y efectos de la situación analizada.

Figura 4. **Árbol del problema**




Fuente: elaboración propia.

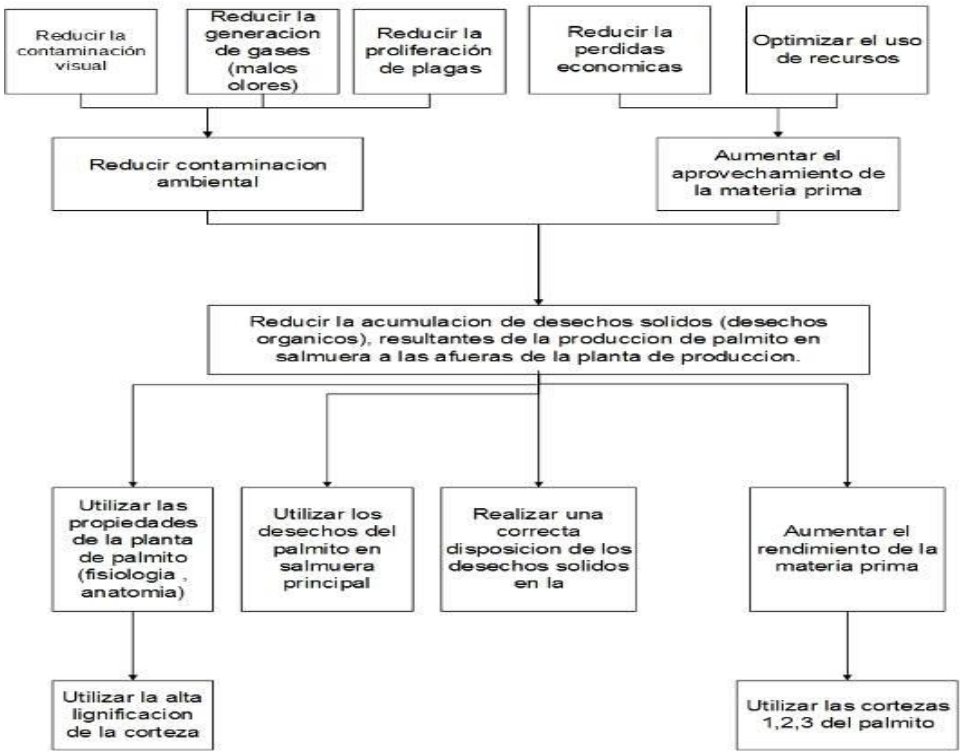
Con base en el árbol de problema se identificó que la acumulación de los desechos sólidos generados por la producción de palmito en salmuera sin

ningún tratamiento, son una fuente de contaminación ambiental y un riesgo a la política de calidad e inocuidad de la empresa.

### 2.1.2. Árbol de objetivo

Siguiendo con la metodología de análisis de enfoque se construye el árbol de objetivo, el cual pretende dar solución al problema planteado con anterioridad. Esta metodología identifica los medios y fines que serán necesarios para cumplir el objetivo principal, a manera de resolver la problemáticas mediante una o más soluciones. A continuación se presenta el árbol de objetivo que se puede observar en la figura 5.

Figura 5. **Árbol de Objetivo**



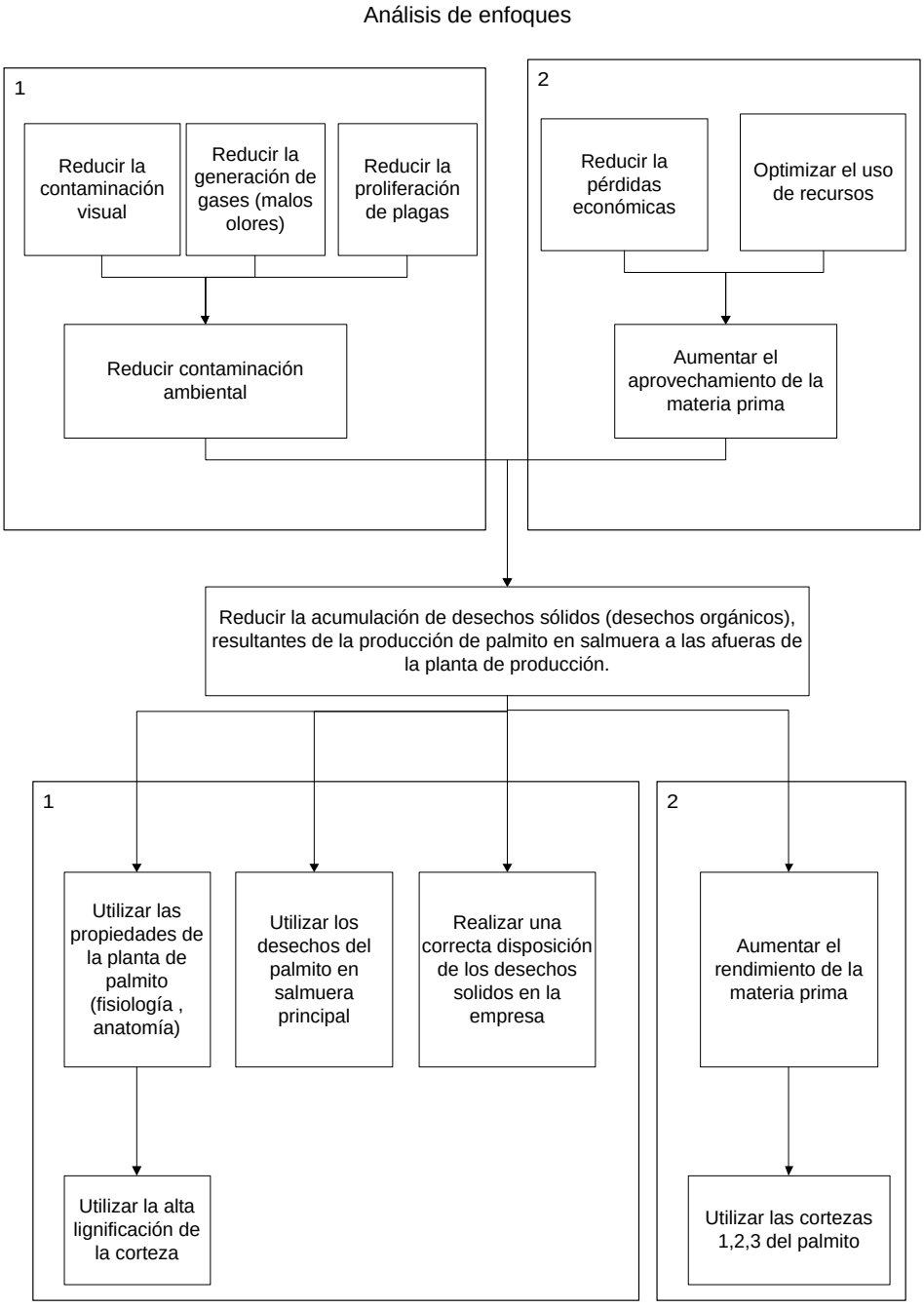

Fuente: elaboración propia.

Siguiendo la metodología de diagnóstico como resultado se determinó que, para darle solución al problema de acumulación de desechos en las afueras de la planta, como principal objetivo se debe tener la reducción o eliminación de la acumulación dando un uso o manejo adecuado de los desechos.

### 2.1.3. Análisis de enfoques

El análisis consiste en agrupar los fines y medios definidos en el árbol de objetivos, mediante ideas relacionadas llamadas enfoques, y los enfoques son posibles soluciones que puedan cumplir el objetivo principal, pero con diferentes acciones. Cada enfoque puede ser una solución independiente o complementaria para solucionar el problema definido. El esquema se puede observar en la figura 6 que a continuación de presenta.

Figura 6. **Análisis de enfoques**




Fuente: elaboración propia.

El árbol de objetivo determinó que para solucionar el problema del aprovechamiento de los desechos orgánicos del palmito en salmuera se puede realizar por medio de dos enfoques que se describen a continuación:

- Enfoque 1: reducir la contaminación ambiental. Al darle un tratamiento adecuado a los desechos, se disminuye el impacto que la acumulación fuera de planta de producción provoca al medio ambiente, como lo es la generación de olores fétidos, proliferación de plagas (insectos y roedores) y contaminación visual en las afueras de las instalaciones de la empresa.

- Enfoque 2: aumentar el aprovechamiento de la materia prima. Que los desechos contribuyen a la generación de beneficios por medio de la elaboración de subproductos y así mitigar los impactos ambientales, los subproductos aumentarán la productividad de la empresa.

Para dar una solución integral al problema de acumulación de desechos sólidos a las afueras de la planta de producción, la situación se abordará desde los dos enfoques, reducir la contaminación ambiental y aumentar el aprovechamiento de la materia prima.

### 2.2. Maquinaria y equipo de la empresa

Actualmente la empresa no cuenta con la maquinaria para la implementación del proyecto, sin embargo, si cuenta con algunos instrumentos básicos:

- Palas
- Carretillas

## 2.3. Cuantificación de los desechos

Para realizar el análisis de la cantidad de materia prima (palmas de palmito) que no se aprovecha en la producción de palmito en salmuera, se calculó el total de días de producción en el 2014, bajo el supuesto que la empresa procesa 12 000 palmas cada día de producción y con el registro y control de días laborados, se prosiguió a calcular el número de días de producción de palmito para cada uno.

### 2.3.1. Días de producción en el 2014

La producción de palmito en salmuera está programada todos los martes y jueves en todo el año. La media de días de producción al mes es de 8 días, sin embargo, en un mes se han producido hasta 12 días, siendo el máximo y 6 días de producción el mínimo, en el 2014.

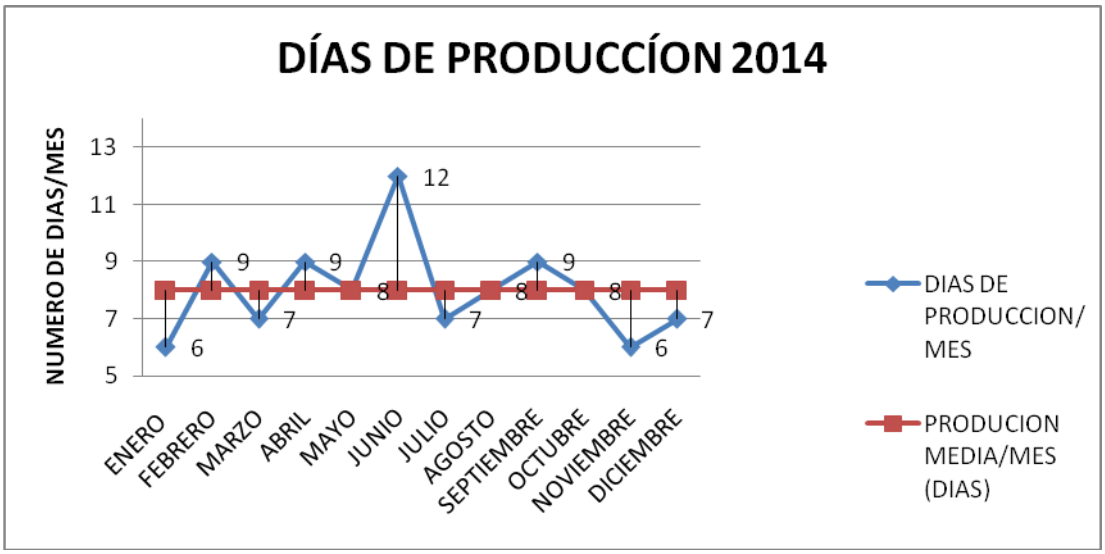
Tabla I. **Días de producción 2014**

| Mes | Días de producción |
|---|---|
| Enero | 6 |
| Febrero | 9 |
| Marzo | 7 |
| Abril | 9 |
| Mayo | 8 |
| Junio | 12 |
| Julio | 7 |
| Agosto | 8 |
| Septiembre | 9 |
| Octubre | 8 |
| Noviembre | 6 |
| Diciembre | 7 |
| **Total** | **96** |

Fuente: elaboración propia.

El mes de junio de 2014 presento el mayor número de días de procesamiento de palmito en salmuera, este mes coincide con el pico de producción de palmito a nivel de finca, dicho comportamiento se puede observar en la figura 7 que a continuación se presenta.

Figura 7. **Días de producción en el 2014**




Fuente: elaboración propia.

En el diagrama de dispersión de los días de producción mensual, se observa que la distribución según la media no es variante, los meses con menor producción son noviembre y enero con dos días por debajo de la media y los días planificados de producción al mes.

### 2.3.2. Determinación de peso medio de cada palma

Otro aspecto importante para la determinación de la materia que no es aprovechada, es la masa media de cada una de las palmas procesadas, para la cual se accedió a los registros de recepción de materia prima, en este caso la materia que no es aprovechable para la producción de palmito en salmuera, será la producción de lombricompost.

El equipo de trabajo del sistema de gestión de la calidad de la empresa muestrea la materia prima en su ingreso a la planta, toman 10 palmas por día de producción, respecto a esto se tiene el registro de los meses de abril a diciembre.

Para determinar el peso medio de cada palma se tomaron los datos de control de calidad de la materia prima, donde se pesan 10 palmas de cada día de producción y se analizaron por mes como se observa en la tabla II.

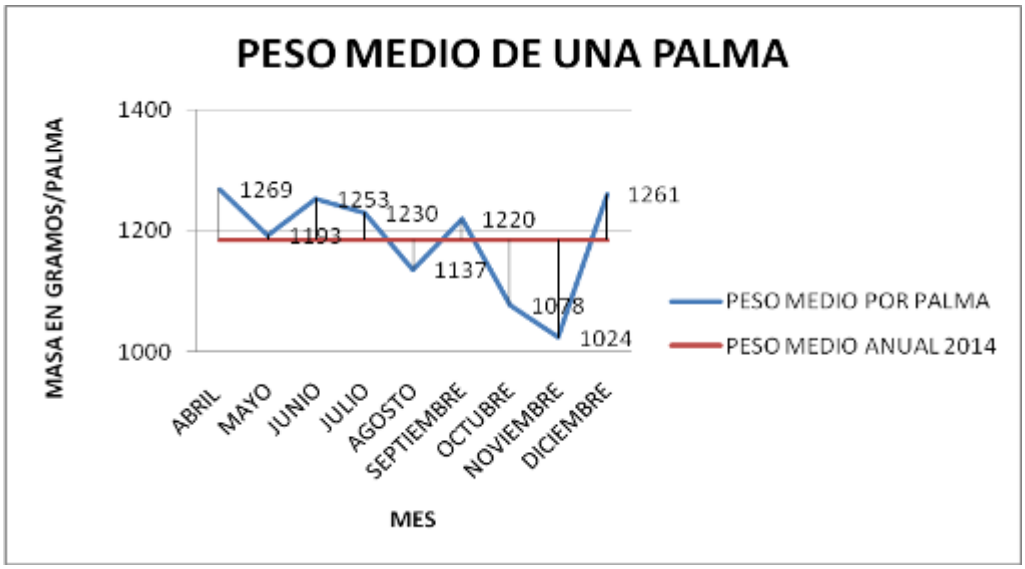
Tabla II. **Peso medio de cada palma por mes**

| Mes | Peso medio por palma en gramos |
|---|---|
| Abril | 1 269 |
| Mayo | 1 193 |
| Junio | 1 253 |
| Julio | 1 230 |
| Agosto | 1 137 |
| Septiembre | 1 220 |
| Octubre | 1 078 |
| Noviembre | 1 024 |
| Diciembre | 1 261 |
| Media anual | 1 185 |

Fuente: elaboración propia.

El peso medio de cada palma procesada en el 2014 fue de 1 185 gramos, se calculó con los datos de los meses de abril a diciembre del 2014, debido a que no hay registro de pesos de materia de los meses anteriores, este comportamiento se puede observar en la figura 8.

Figura 8. **Peso medio de una palma mensual**




Fuente: elaboración propia.

La figura 8 muestra el peso medio de cada una de las palmas por mes, estos datos corresponden al promedio anual para el 2014 de 1 185 gramos que es igual a 1,19 Kg., este peso es una vez que el palmito haya pasado por el proceso de escaldado.

### 2.3.3. Cálculo de palmas procesadas en el 2014

Se estima que todos los martes y jueves de cada semana se procesan en promedio 12, 000 palmas, para hacer una media de 8 días de producción en un mes, los días de producción varían según la cosecha y disponibilidad de materia prima, comportamiento que se observa en la tabla III.

Tabla III. **Palmas procesadas en 2014**

| Mes | Días de producción | Palmas/día de producción | Total de palmas procesadas/mes |
|---|---|---|---|
| Enero | 6 | 12 000 | 72 000 |
| Febrero | 9 | 12 000 | 108 000 |
| Marzo | 7 | 12 000 | 84 000 |
| Abril | 9 | 12 000 | 108 000 |
| Mayo | 8 | 12 000 | 96 000 |
| Junio | 12 | 12 000 | 144 000 |
| Julio | 7 | 12 000 | 84 000 |
| Agosto | 8 | 12 000 | 96 000 |
| Septiembre | 9 | 12 000 | 108 000 |
| Octubre | 8 | 12 000 | 96 000 |
| Noviembre | 6 | 12 000 | 72 000 |
| Diciembre | 7 | 12 000 | 84 000 |
| Total | 96 | | 1 152 000 |

Fuente: elaboración propia.

El total de palmas procesadas en el 2014 fue de 1 152 000 y cada una en promedio tiene una masa de 1,19 kilogramos.

### 2.3.4. Rendimiento de aprovechamiento de las palmas

Las primeras tres capas de la palma no son aprovechas en la producción de palmito en salmuera, estas capas son la materia prima del compostaje y es considerada la corteza del palmito, cañaza o cachaza, para realizar la estimación cuantitativa se utilizaron los datos presentados en la tabla IV.

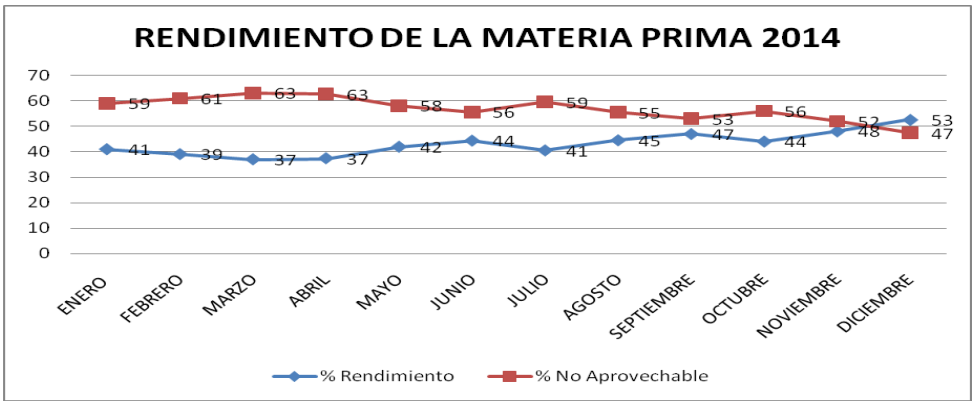
Tabla IV. **Rendimiento de palmas**

| Mes | % Rendimiento | % No aprovechable |
|---|---|---|
| Enero | 40,99 | 59,01 |
| Febrero | 39,04 | 60,96 |
| Marzo | 36,98 | 63,02 |
| Abril | 37,41 | 62,59 |
| Mayo | 41,97 | 58,03 |
| Junio | 44,41 | 55,59 |
| Julio | 40,53 | 59,47 |
| Agosto | 44,55 | 55,45 |
| Septiembre | 47,03 | 52,97 |
| Octubre | 44,04 | 55,96 |
| Noviembre | 48,07 | 51,93 |
| Diciembre | 52,65 | 47,35 |
| Media | 43,14 | 56,86 |

Fuente: elaboración propia.

Según lo observado para el cálculo de la materia prima que es aprovechada, el rendimiento efectivo es del 43 %, lo que indica que más del 50% de las materias primas es considerado desechos y pueden ser aprovechados para la elaboración de lombricomposta. La figura 9 muestra gráficamente el comportamiento de rendimiento de aprovechamiento.

Figura 9. **Rendimiento de palmito**




Fuente: elaboración propia.

La figura 9 muestra que más del 50 % de la materia prima no es aprovechada, convirtiéndose en un desecho de la línea de producción. Este 56,86 % de material no aprovechable para la producción de palmito en salmuera, será la materia prima para la producción de abono orgánico.

### 2.3.5. Cuantificación de cañaza de palmito

Con base en los cálculos anteriores se concluye que en el 2014 el rendimiento aprovechable de palmito obtenido, calculando el promedio de los meses de abril a diciembre, es de 43,14 %, el peso medio de cada palma escaldada es de 1 185 gramos y la producción media es de 8 días al mes procesando 12 000 palmas diarias.

Tabla V. **Cuantificación de cañaza de palmito**

| Mes | Total de palmas procesadas/mes | Porcentaje no aprovechable | Masa media/palma (gramos) | Kg. De masa no aprovechables | Toneladas de masa no aprovechables |
|---|---|---|---|---|---|
| Enero | 72 000 | 59,01 | 1 185,03 | 50 348,58 | 50,35 |
| Febrero | 108 000 | 60,96 | 1 185,03 | 78 018,55 | 78,02 |
| Marzo | 84 000 | 63,02 | 1 185,03 | 62 731,67 | 62,73 |
| Abril | 108 000 | 62,59 | 1 269,01 | 85 781,52 | 85,78 |
| Mayo | 96 000 | 58,03 | 1 192,81 | 66 450,01 | 66,45 |
| Junio | 144 000 | 55,59 | 1253,3 | 100 326,16 | 100,33 |
| Julio | 84 000 | 59,47 | 1 230,38 | 61 463,39 | 61,46 |
| Agosto | 96 000 | 55,45 | 1 137,09 | 60 529,44 | 60,53 |
| Septiembre | 108 000 | 52,97 | 1 219,88 | 69 786,28 | 69,79 |
| Octubre | 96 000 | 55,96 | 1 077,74 | 57 898,16 | 57,9 |
| Noviembre | 72 000 | 51,93 | 1 024,46 | 38 304,27 | 38,3 |
| Diciembre | 84 000 | 47,35 | 1 260,59 | 5 0138,8 | 50,14 |
| TOTAL | 1152 000 | | 1185. | 781 776,84 | 781,78 |

Fuente: elaboración propia.

Con los datos presentados se estima que en el 2014 se generaron 781,78 toneladas de desechos en la línea de producción de palmito en salmuera.

Con el supuesto que la producción se siga comportando de la misma forma, según la programación de la empresa, se considera que el 56,86 % de la materia prima es desechada y puede ser aprovechada para la elaboración de lombricompost.

Con los cálculos realizados se determinó que al mes se procesan 96, 000 palmas, de las cuales 56,86 % de su masa es desechada, por lo que se estima que cada mes en promedio se estará generando 54,58 toneladas de desechos

de palmito en materia húmeda. Con una media de 8 días de producción al mes y una cantidad de desechos por día de producción de 6,8 toneladas.

### 2.3.6. Densidad del desecho

La densidad de la materia húmeda triturada es de 1 150 Kg/m3, lo que indica que para los 6 800 kilogramos de desechos generados por producción, es necesario un mínimo de 5,9 metros cúbicos. Estos tienen una reducción del 30 % en volumen tras el proceso de acondicionamiento.

## 2.4. Diseño de pruebas piloto

Para el diseño final de producción de lombricomposta utilizando los desechos orgánicos de la línea de producción de palmito en salmuera, se diseñaron 4 propuestas de sustratos para evaluar la aceptabilidad y conversión a humus que son:

- Prototipo 1, palmito triturado puro
- Prototipo 2, palmito triturado y bovinaza en proporciones iguales
- Prototipo 3, palmito triturado y gallinaza en proporciones iguales
- Prototipo 4, palmito triturado y cáscara de piña en proporciones iguales

### 2.4.1. Maquinaria y equipo

Para realizar las pruebas piloto fue necesaria la utilización de la siguiente maquinaria y equipo:

- Picadora de pasto
- Canastas plásticas

- Bolsas plásticas
- Regadera
- Termómetro
- Tiras de papel pH

### 2.4.2. Materiales

- Lombrices coqueta roja
- Agua
- Desechos de palmito
- Cáscara de piña
- Bovinaza
- Gallinaza

### 2.4.3. Prototipo 1, palmito triturado puro

El prototipo 1 está compuesto únicamente de la cañaza de palmito, la cual fue sometida a un proceso de acondicionamiento para crear un medio con las condiciones adecuadas para que las lombrices coquetas rojas realicen el proceso de compostaje.

- Diseño del proceso

A continuación se desarrolla el proceso de lombricompost:

  - Proceso de elaboración de lombricompost a partir palmito triturado.

El sustrato para elaboración de lombricompost está basado únicamente en palmito triturado, el cual pasó por un proceso de predescomposición de 32 días para la siembra de lombrices y un proceso de compostaje de 3 meses.Los pasos realizados son:

- Obtención de la materia prima: los desechos de la línea de producción de palmito en salmuera son depositados en el cuarto de cañuelas y desechos orgánicos de la planta. La cañaza del palmito y otros desechos se introdujeron en costales para ser trasportados y posteriormente triturados.

- Triturado del palmito: debido a que en la empresa no se cuenta con una picadora de pasto, la cañaza fue transportada a la Escuela Nacional Central de Agricultura, los desechos orgánicos del palmito fueron procesados en una trituradora de forrajes, paso fundamental, la teoría hace referencia a que mientras más pequeño el tamaño de la partícula de la materia orgánica, esta tendrá un periodo más corto de descomposición con las condiciones adecuadas.

- Acondicionamiento de la materia prima

Manteniendo la humedad en 80 % y monitoreando temperatura y pH. El material triturado reguló la temperatura a los 18 días y su pH a los 15 días del inicio del proceso, sin embargo, las lombrices aceptaron el sustrato hasta los 32 días. Si la humedad no se mantiene, o baja del 80 % en el sustrato se verá presencia de hormigas lo cual se puede tomar como un indicador.

- Introducción de las lombrices : consiste en introducir las lombrices coqueta roja en el sustrato, si el sustrato es aceptado las lombrices se introducen dentro de este y desaparece de la superficie. Densidad inicial 1 000 lombrices por los 30 libras de sustrato.

- Proceso de compostaje: este depende de la digestión de la materia orgánica, la teoría indica que una lombriz digiere y convierten un gramo por día.

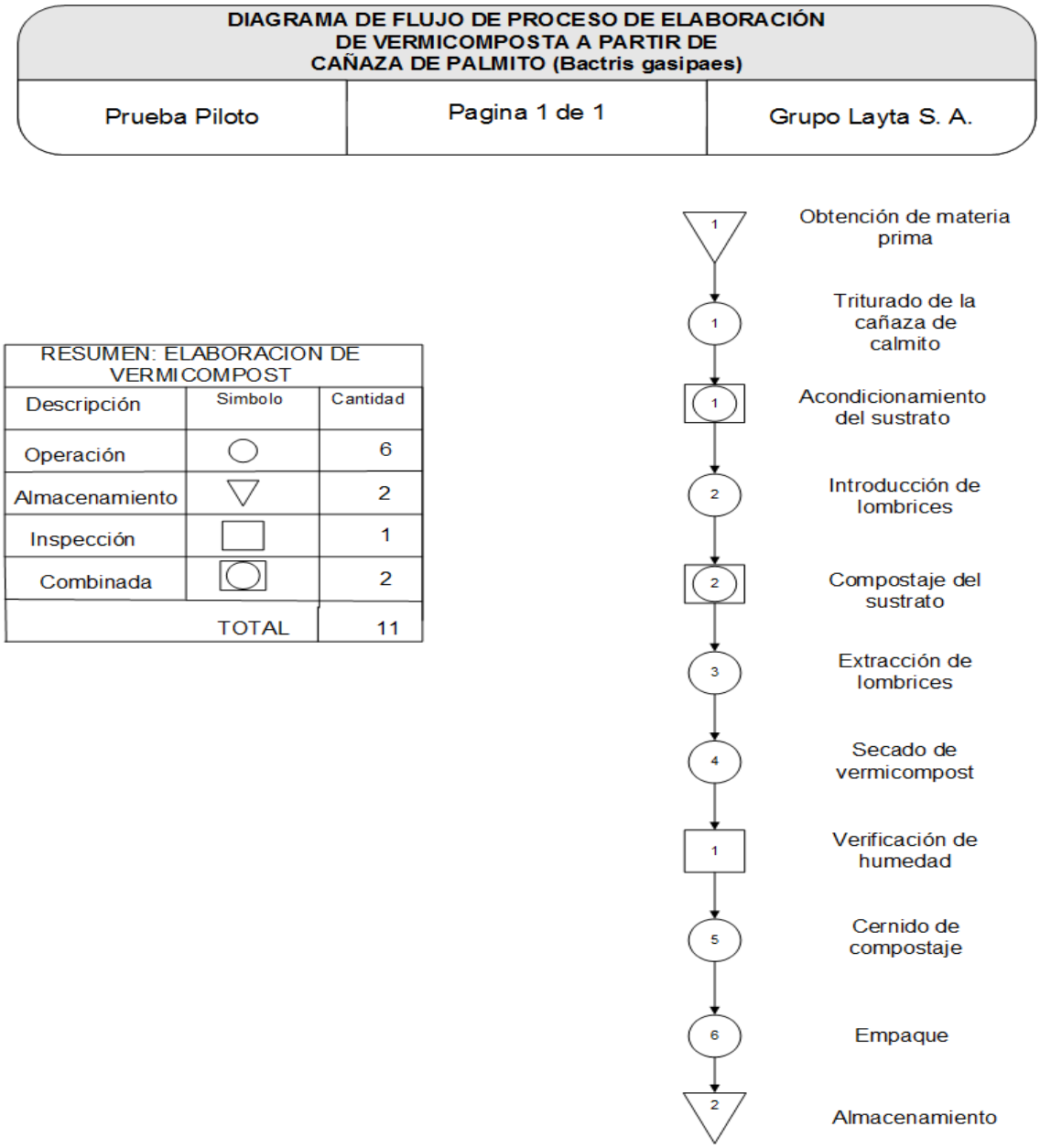
- Extracción de lombrices: la extracción de lombrices debe ser fácil si el proceso de compostaje ya terminó, consiste en colocar una lámina de malla sobre el sustrato en la composta y sobre la lámina se coloca sustrato no procesado, la malla metálica de ser con agujeros suficientemente grandes para que las lombrices pasen con libertad entre sustratos. Este proceso puede servir como indicador si el compostaje ya se terminó de formar, ya que las lombrices buscarán comida fresca.

    - Secado del abono orgánico al aire libre: para realizar este paso el compostaje se deja al aire libre extendido en una capa no mayor de 50 cm de altura, y este proceso duró 5 días.

    - Verificación de humedad: este paso consiste en verificar la humedad de manera práctica en el compostaje si ya perdió la suficiente humedad para ser empacado.

    - Empaque y toma de muestra para laboratorio: para análisis de muestra para el laboratorio se tomó un kilogramo de muestra, fue entregada al laboratorio de análisis de suelo.

Figura 10. **Diagrama de flujo de proceso de elaboración de lombricomposta a partir de cañaza de palmito**




Fuente: elaboración propia.

- Resultados: utilizando palmito triturado para la elaboración de lombricompost se observó, que en la etapa de acondicionamiento hubieron cambios de en pH y temperatura a lo largo de 32 días, hasta la introducción y aceptación de las lombrices en el medio. El pH se estabilizó a los 15 días en 7, casi la neutralidad en la escala del potencial de hidrógeno y la temperatura a 24 °C. El proceso de compostaje duró 5 meses a partir de la siembra de las lombrices, a una densidad de 1 000 lombrices en 15 libras de sustrato acondicionado el cual perdió el 50 % de su volumen en este proceso.

- Costo: están estimados para la producción de 15 libras de sustrato para compostaje y 7,5 libras de lombricompost.

Tabla VI. **Costos del prototipo 1, cañaza de palmito**

| Descripción | Cantidad | Consto unitario | Total |
|---|---|---|---|
| Libras de palmito triturado | 15 | 0,004 | 0,06 |
| Canasta plástica calada | 1 | 39 | 39 |
| Bolsa plástica negra | 1 | 1 | 1 |
| Kilogramos de lombrices | 1 | 100 | 100 |
| Trituradora de forraje (alquiler) | 1 | 10 | 10 |
| Tiras de papel Ph | 6 | 0,35 | 2,1 |
| Agua (m3) | 0,02 | 0,4 | 0,008 |
| Recipiente de 1 galón de capacidad | 1 | 15 | 15 |
| Malla metálica (m2) | 0,16 | 5 | 0,8 |
| Inversión del prototipo | | | 167,968 |

Fuente: elaboración propia.

El costo de la prueba prototipo para elaborar 7,5 libras de lombricompost a partir de palmito triturado fue de Q.168,00, con un costo unitario de Q. 22,4 por libra.

### 2.4.4. Prototipo 2, palmito triturado y bovinaza en proporciones iguales

El prototipo 2 es un sustrato compuesto por una mezcla de estiércol de bovinos procesado llamada bovinaza y palmito triturado en partes igual, lo que indica que se tiene la misma cantidad de ambos insumos.

- Diseño del proceso: el diseño del proceso está compuesto por 12 actividades a nivel prototipo, se trabajó con 30 libras de sustrato, 15 libras de bovinaza y 15 libras de palmito triturado, la mezcla de insumos pasó por un proceso de acondicionamiento y compostaje por medio de lombrices coquetas rojas.

    - Proceso de elaboración de lombricompost, palmito triturado y bovinaza en proporciones iguales: el sustrato para elaboración de vermicomposta está basado en una mezcla de palmito triturado y bovinaza en proporciones iguales, el cual paso por un proceso de predescomposición de 32 días para la siembra de lombrices.

Los pasos realizados son:

- Obtención de la materia prima: los desechos de la línea de producción de palmito en salmuera se depositan en el cuarto de cañuelas y desechos orgánicos de la planta, la cañaza del palmito y otros desechos se introdujeron en costales para ser trasportados y posteriormente triturados.

    - Triturado del palmito: debido a que en la empresa no se cuenta con una picadora de pasto, la cañaza se llevó a la Escuela Nacional Central de Agricultura para ser procesada. Los desechos orgánicos

del palmito fueron procesados en una trituradora de forrajes, paso fundamental, la teoría hace referencia a que mientras más pequeño el tamaño de la partícula de la materia orgánica, tendrá un periodo más corto de descomposición con las condiciones adecuadas.

- Mezcla de estiércol y palmito triturado: esta etapa del proceso consistió en mezclar en las mismas proporciones estiércol y palmito triturado de una forma homogénea.

- Acondicionamiento de la materia prima: manteniendo la humedad en 80 % y monitoreando temperatura y pH. El material triturado reguló la temperatura a los 18 días y su pH a los 15 días del inicio del proceso, sin embargo, las lombrices aceptaron el sustrato hasta los 32 días. Si la humedad no se mantiene o baja del 80 % en el sustrato, se verá presencia de hormigas lo cual se puede tomar como un indicador.

- Introducción de lombrices: consiste en introducir las lombrices coqueta roja en el sustrato; si el sustrato es aceptado, las lombrices, se introducen dentro de este y desaparece de la superficie. Densidad inicial 1 000 lombrices por 30 libras de sustrato.

- Proceso de compostaje: este depende de la digestión de la materia orgánica, la teoría indica que una lombriz digiere y convierte un gramo por día.

- Extracción de lombrices: la extracción de lombrices debe ser fácil si el proceso de compostaje ya terminó. consiste en colocar una lámina de malla sobre el sustrato en la composta y sobre dicha lámina se

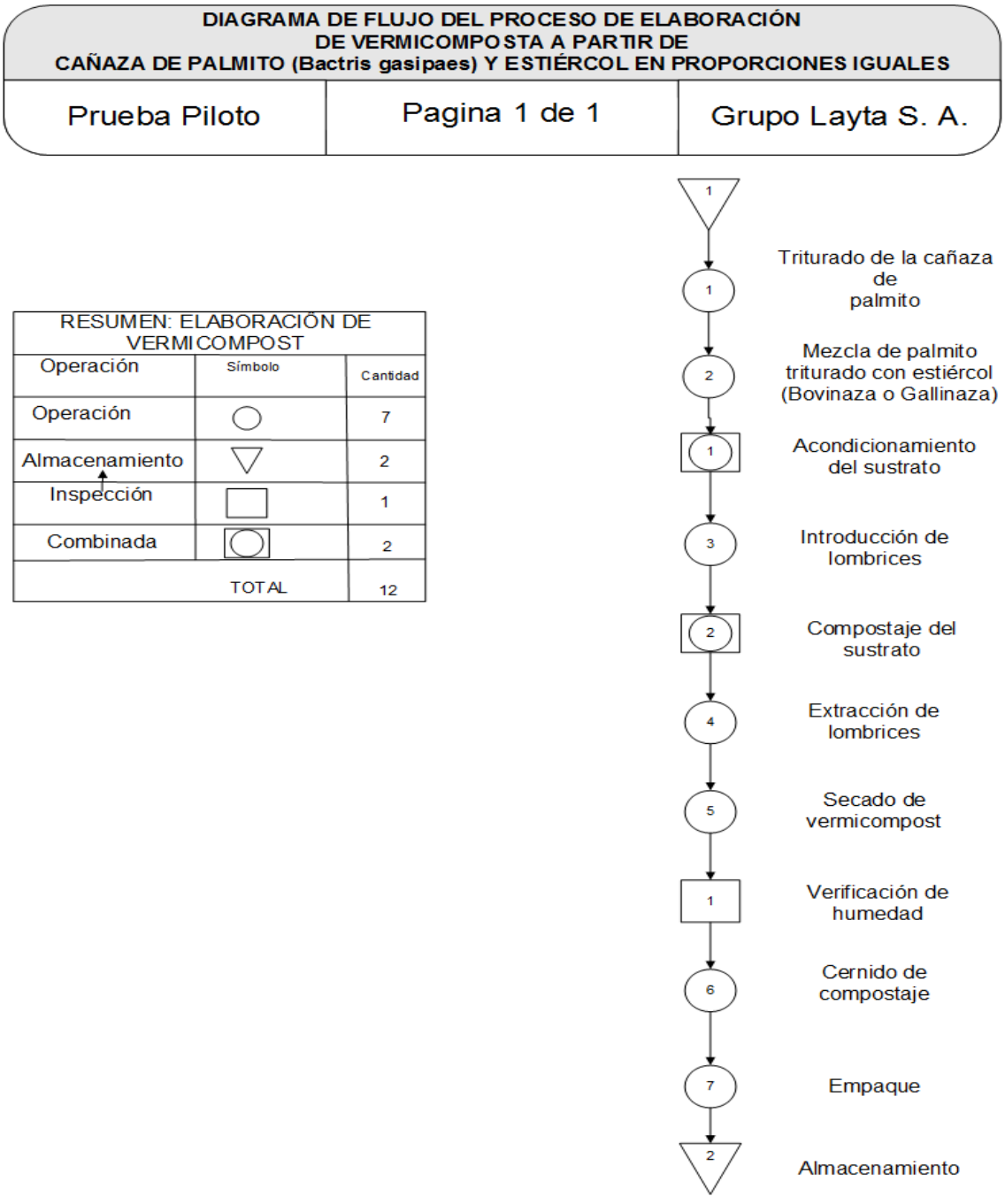
coloca sustrato no procesado. La lámina metálica debe tener agujeros suficientemente grandes para que las lombrices pasen con libertad entre sustratos. Este proceso puedo servir también como indicador si el compostaje ya se terminó de formar, ya que las lombrices buscarán comida fresca.

- Secado del abono orgánico al aire libre: para realizar este paso el compostaje se deja al aire libre extendido en una capa, no mayor de 50 centímetros de altura. Este proceso duró 5 días.

- Verificación de humedad: la humedad debe estar entre 40 a 50 % el cálculo se realizó por medio de una prueba a nivel de campo, presionando un poco de composta en la mano, si no gotea o segrega agua entre los dedos está en el punto de empaque.

- Empaque y toma de muestra para laboratorio: para análisis de laboratorio se tomó un kilogramo de muestra, la cual fue entregada al laboratorio de análisis de suelo.

Figura 11. **Diagrama de proceso. Diseño final. Palmito triturado y bovinaza**




Fuente: elaboración propia.

- Resultados: la mezcla de estiércol y palmito tuvo un proceso de acondicionamiento de 30 días. Este sustrato perdió el 50 % de su masa en el proceso, proceso de compostaje duro 3 meses, para hacer un total de 4 meses de procesamiento para obtener el lombricompost.

- Costos: se detallan en la tabla VII.

Tabla VII. **Costos a nivel prototipo palmito y bovinaza**

| Descripción | Cantidad | Costo unitario | Total |
|---|---|---|---|
| Libras de palmito triturado | 15 | 0,004 | 0,06 |
| Canasta plástica calada | 1 | 39 | 39 |
| Bolsa plástica negra | 1 | 1 | 1 |
| Kilogramos de lombrices | 1 | 100 | 100 |
| Trituradora de forraje (alquiler) | 1 | 10 | 10 |
| Tiras de papel Ph | 6 | 0,35 | 2,1 |
| Agua (m3) | 0,02 | 0,4 | 0,008 |
| Recipiente de 1 galón de capacidad | 1 | 15 | 15 |
| Libras de bovinaza | 15 | 0,2 | 3 |
| Malla metálica (m2) | 0,16 | 5 | 0,8 |
| Inversión del prototipo | | | 170,968 |

Fuente: elaboración propia.

El costo de producción a nivel prototipo es de Q. 171,00, lo que indica que el costo unitario por libra es de Q. 11,40, la reducción a comparación del palmito puro es casi del 50 %, esto está relacionado con los costos fijos de las pruebas piloto.

### 2.4.5. Prototipo 3 palmito triturado y gallinaza en proporciones iguales

- Diseño del proceso: para este proceso los pasos a seguir son los mismos que en el prototipo 2 a diferencia de que se utiliza gallinaza.

- Resultados: se realizó una mezcla de gallinaza y palmito en proporciones iguales, se dio un proceso de acondicionamiento de 30 días; sin embargo, en este sustrato las lombrices no lograron sobrevivir

- Costos: el costo de producir 30 libras de lombricomposta a partir de un sustrato de cañaza de palmito y gallinaza es de Q 171,00 y el costo por libra de composta húmeda es de Q. 5,70.

Tabla VIII. **Costos a nivel prototipo, Palmito y gallinaza**

| Descripción | Cantidad | Costo unitario | Total |
|---|---|---|---|
| Libras de palmito triturado | 15 | 0,004 | 0,06 |
| Canasta plástica calada | 1 | 39 | 39 |
| Bolsa plástica negra | 1 | 1 | 1 |
| Kilogramos de lombrices | 1 | 100 | 100 |
| Trituradora de forraje (alquiler) | 1 | 10 | 10 |
| Tiras de papel Ph | 6 | 0,35 | 2,1 |
| Agua ($m^3$) | 0,02 | 0,4 | 0,008 |
| Recipiente de 1 galón de capacidad | 1 | 15 | 15 |
| Libras de gallinaza | 15 | 0,2 | 3 |
| Malla metálica (m2) | 0,16 | 5 | 0,8 |
| Inversión del prototipo | | | 170,968 |

Fuente: elaboración propia

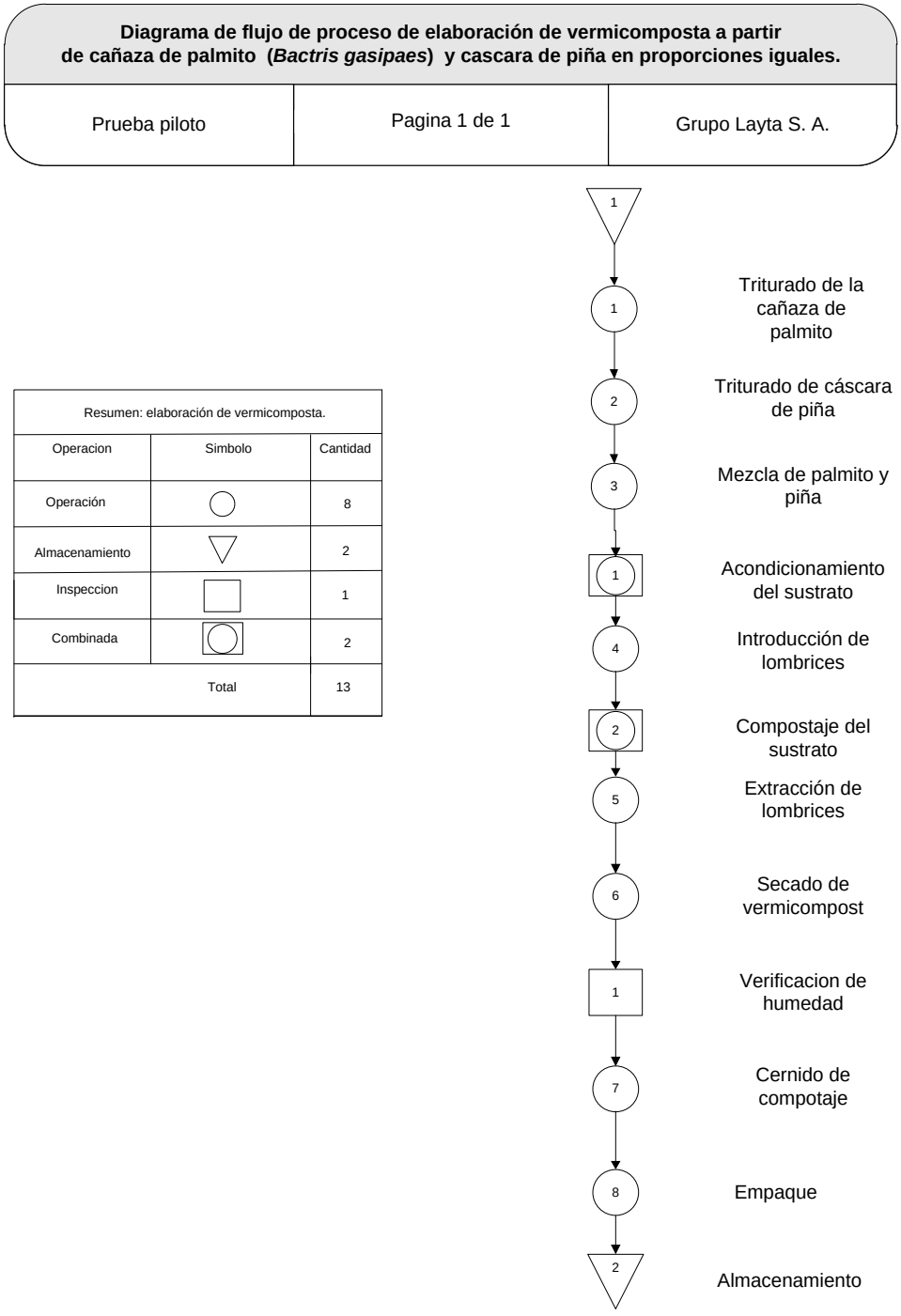
### 2.4.6. Prototipo 4, palmito triturado y cáscara de piña en proporciones iguales

- Diseño del proceso: los pasos para la elaboración de la prueba piloto utilizando palmito y piña, únicamente difieren en el paso de triturado de cáscara de piña. El proceso en general se mantiene.

- Resultados : el tiempo de acondicionamiento fue de 30 días, la principal preocupación fue la regulación del pH ácido de la cáscara de piña, sin embargo, las lombrices aceptaron el sustrato y el proceso de compostaje duró 3 meses. El pH se reguló en 7 a los 11 días y la temperatura se mantuvo en una media de 25 °C.

- Costos: están calculados con base en los insumos utilizados en el proceso, el costo de las lombrices es de mayor monto a nivel de prototipos.

Figura 12. **Diagrama de proceso, palmito y cáscara de piña**




Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Costos a nivel prototipo, palmito y cáscara de piña**

| Descripción | Cantidad | Costo unitario | Total |
|---|---|---|---|
| Libras de palmito triturado | 10 | 0,004 | 0,04 |
| Canasta plástica calada | 1 | 39 | 39 |
| Bolsa plástica negra | 1 | 1 | 1 |
| Kilogramos de lombrices | 1 | 100 | 100 |
| Trituradora de forraje (alquiler) | 1 | 10 | 10 |
| Tiras de papel Ph | 6 | 0,35 | 2,1 |
| Agua ($m^3$) | 0,02 | 0,4 | 0,008 |
| Recipiente de 1 galón de capacidad | 1 | 15 | 15 |
| Libras de cáscara piña | 10 | 0,006 | 0,06 |
| Malla metálica (m2) | 0,16 | 5 | 0,8 |
| Inversión del prototipo | | | 168,008 |

Fuente: elaboración propia.

El costo de producir 20 libras de sustrato es Q 168,00 y el costo unitario es de Q. 16,80 por cada libra de sustrato húmedo.

## 2.5. Diseño final del producto

En cuanto a los resultados obtenidos se tienen tres posibles sustratos a utilizar para la elaboración de lombricomposta, que se describen para el aprovechamiento de todos los desechos orgánicos generados de la línea de producción de palmito en salmuera, las cuales son las siguientes:

- Propuesta 1, lombricomposta a partir de cañaza de palmito.

- Propuesta 2, lombricomposta a partir de cañaza de palmito y bovinaza en proporciones iguales.

- Propuesta 3, lombricomposta a partir de cañaza de palmito y cáscara de piña.

### 2.5.1. Propuesta 1, lombricomposta a partir de cañaza de palmito

La propuesta 1 está constituida básicamente a partir de la utilización de la cañaza de palmito triturado, este al pasar por un proceso de adecuación es digerido por las lombrices para formar una composta.

- Proceso de lombricomposta a partir de cañaza de palmito: el proceso está compuesto por trece actividades definidas, cada una con una duración proyectada según las pruebas a nivel de prototipos, a continuación se describen los pasos:

    - Obtención de materia prima: la cañaza del palmito es obtenida en el cuarto de cañuelas de la empresa, donde es desechada por medio de fajas transportadoras desde la línea de producción.

    - Triturado de materia prima: en el cuarto de cañuelas está propuesta la instalación de una picadora de forrajes a base de gasolina y móvil para hacer el triturado de la cañaza.

- Traslado al centro de compostaje: el palmito triturado debe ser colocado en carretillas para ser trasladados y depositarlos en las cunas o lechos de compostaje en las afueras de la planta a 50 metros de distancia.

- Colocación en la cunas de acondicionamiento: cuando se encuentra en el complejo de compostaje se debe colocar el sustrato en las cunas o lechos que estarán a la altura de piso, para que al vaciar la carreta no sea un esfuerzo desgastante.

- Proceso de acondicionamiento: este paso tendrá una duración de 4 semanas y consiste en mantener la humedad en un rango de 70 % a 80 % para brindar las condiciones apropiadas. El monitoreo de la temperatura y pH es fundamental.

- Introducción de lombrices: pasadas las 4 semanas se estarán introduciendo las lombrices, aproximadamente a una densidad inicial de 5 kilogramos de ellas por metro cuadrado de cuna.

- Proceso de compostaje: en esta parte del proceso se debe controlar la temperatura que no debe ser mayor de 28 grados y no menor de 16 grados. La humedad en un rango de 70 a 80 %. El proceso de compostaje lo realizarán las lombrices, tiene una duración aproximada de 4 meses.

- Extracción de lombrices: al lombricompost se deben sacar las lombrices, para lo cual existen varios métodos, sin embargo, uno de los más recomendados es la utilización de tamices hechos de madera y malla metálica que se colocan sobre la cuna con sustrato

nuevo. Antes de este proceso se debe homogenizar la cuna para que las lombrices se acerquen a la superficie y empiecen a pasar al nuevo sustrato, este paso dura aproximadamente una semana y se debe revisar todos los días, así como cambiar el sustrato a manera de recoger las lombrices.

- Secado de compostaje: una vez que las lombrices se hayan retirado, el producto final es extraído de la cuna y puesto a secar sobre un nylon en una capa no más gruesa de 30 centímetros que debe ser homogenizada todos los días. Este proceso tiene una duración aproximada de 5 días, hasta llegar a un rango de 50 a 40 % de humedad.

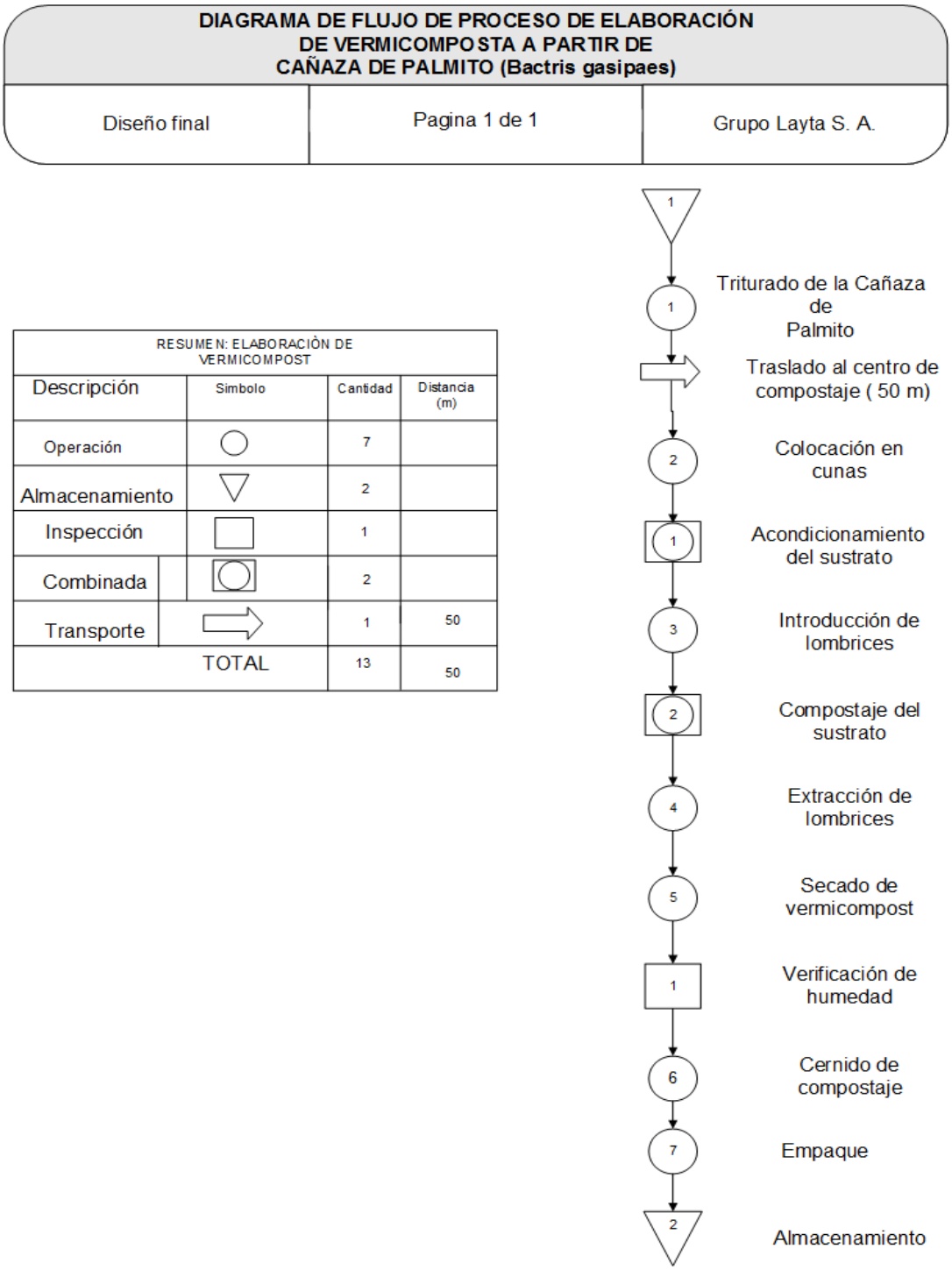
- Verificación de humedad: se debe verificar que la humedad final esté entre 40 a 50 %.

- Cernido de compostaje: consiste en disminuir el tamaño de las partículas del producto y evitar la existencia de terrones en los sacos. Para realizarlo se debe pasar por un tamiz de malla para cernirlo.

- Empaque: el producto será empacado en sacos de 45 kilogramos, los que serán cocidos con hilo de cáñamo.

- Almacenado: los sacos previamente sellados se almacenarán en el mismo lugar de compostaje, hasta su salida al consumidor.

Figura 13. **Diagrama de proceso, diseño final, palmito triturado**



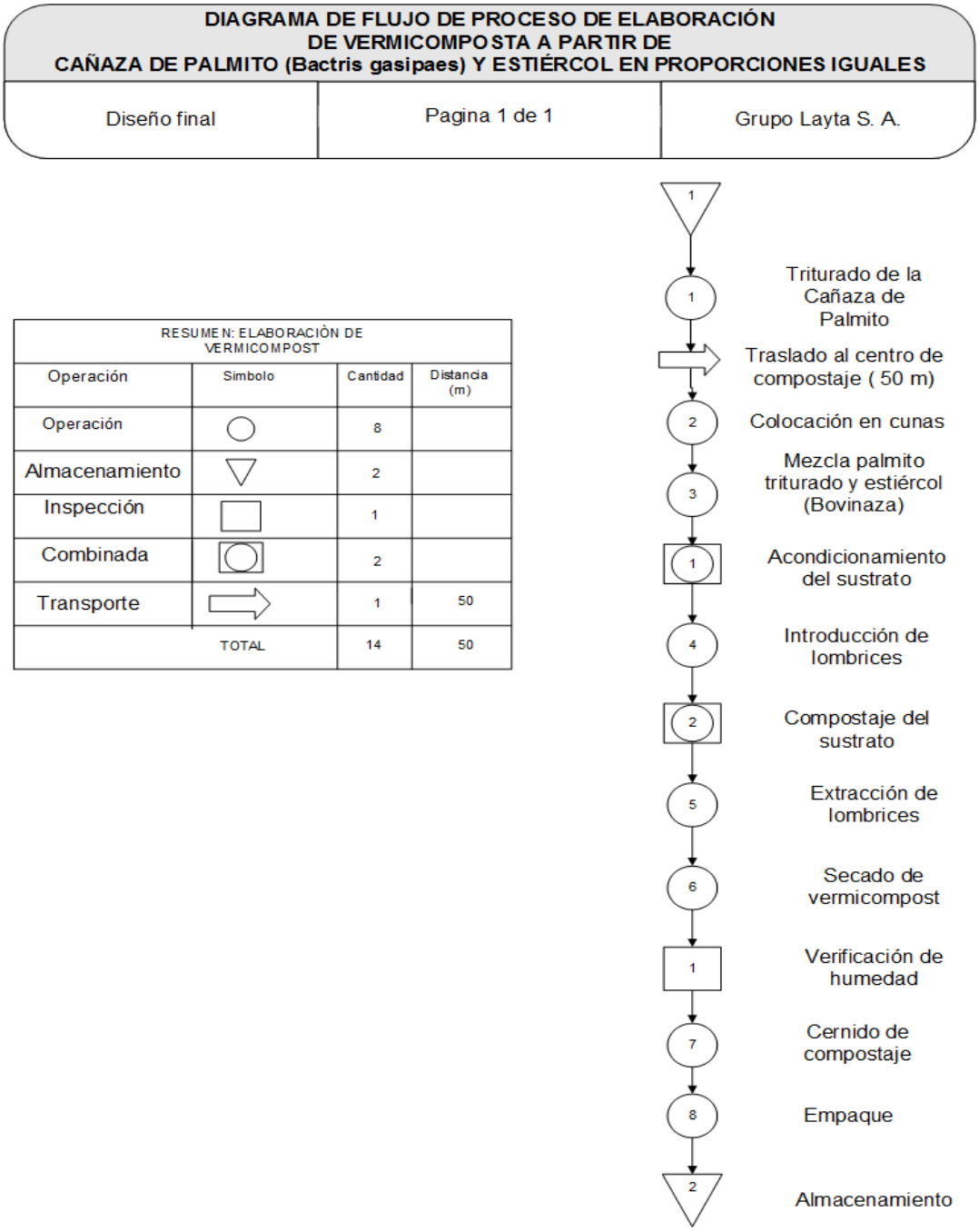

Fuente: elaboración propia.

### 2.5.2. Propuesta 2. lombricomposta a partir de cañaza de palmito y bovinaza en proporciones iguales

La diferencia de esta propuesta es el uso de la bovinaza como insumo en el sustrato, que por medio de las lombrices será digerido y secretado como compostaje.

- Proceso de elaboración de lombricomposta a partir de cañaza de palmito y estiércol: el proceso es básicamente igual al de producción de la cañaza de palmito triturado puro, la única variación es el paso donde se mezclan los sustratos antes del proceso de acondicionamiento.

Figura 14. **Diagrama de proceso, diseño final, palmito y estiércol**



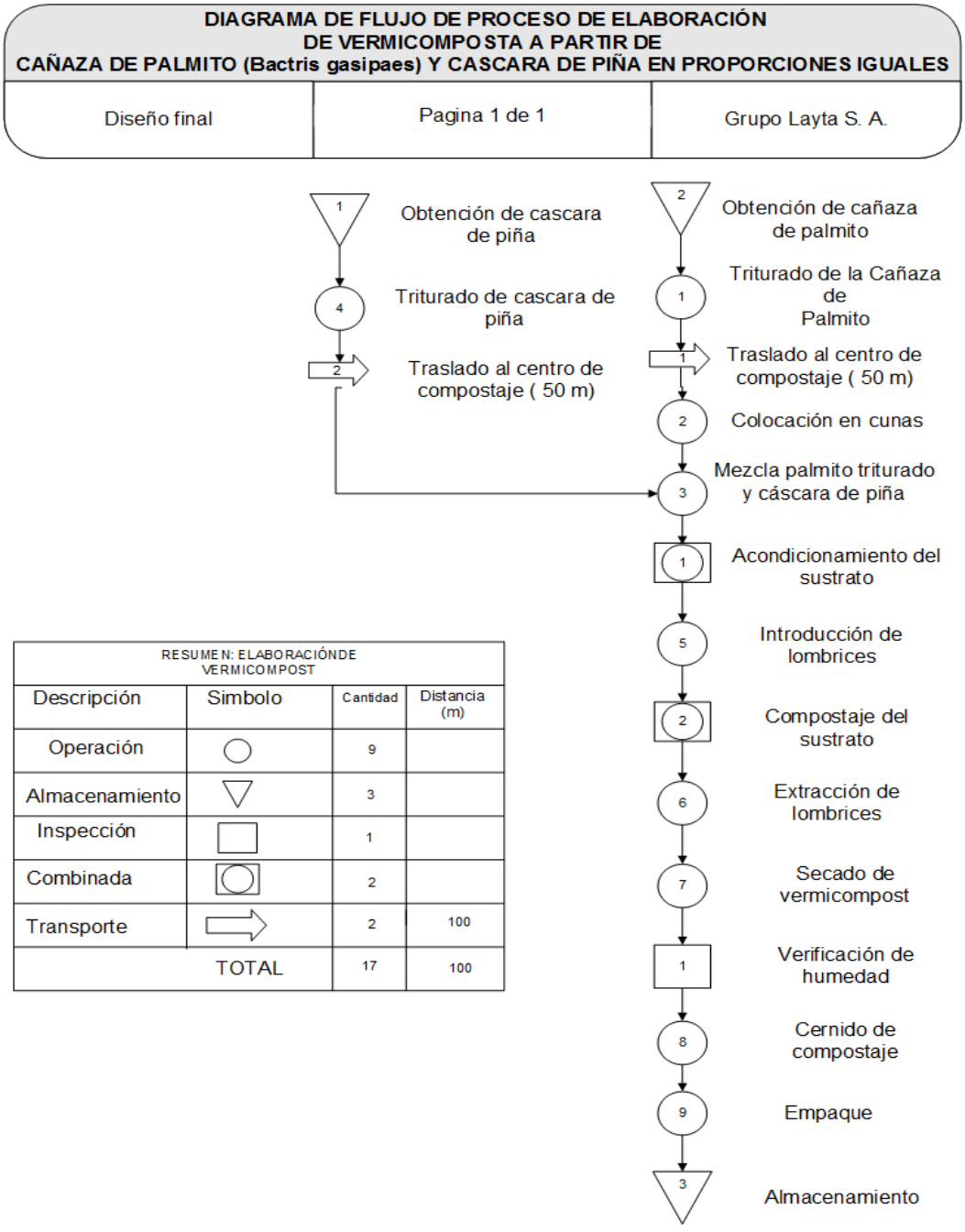

Fuente: elaboración propia.

### 2.5.3. Propuesta 3. Lombricomposta a partir de cañaza de palmito y cáscara de piña

Esta combina la utilización de los desechos que se generan en mayor cantidad en la empresa, como resultado de las principales líneas de productos elaborados, utilizando ambos insumos se pretende hacer un adecuado manejo de desechos sólidos.

- Proceso de elaboración de lombricompost a partir de cañaza de palmito y cáscara de piña: para el caso de este sustrato, antes del proceso de acondicionamiento se agregan dos pasos importantes; uno es la obtención de la cáscara de piña, resultado de la línea de producción de piña en almíbar, y luego triturarla para ser llevada y mezclada en el centro de compostaje con la cañaza de palmito.

Figura 15. **Diagrama de proceso, diseño final, palmito triturado y cáscara de piña**




Fuente: elaboración propia.

## 2.6. Diseño del complejo de compostaje

Para el diseño del complejo de compostaje de lombricompost se tiene estimada una estructura de madera y techo de nylon tipo invernadero, lo que indica una estructura de tercer grado. Estará compuesta de 3 naves de 10 metros de ancho por 22 metros de largo.

### 2.6.1. Maquinaria y equipo

La maquinaria y equipo descrito a continuación es el necesario para montar el complejo de compostaje.

- Picadora de pasto: debe tener la capacitad de procesar tanto granos y material vegetal húmedo, como es el caso de la corteza de palmito. Las especificaciones se describen a continuación:

Tabla X. **Especificaciones picadora de pasto**

| Descripción | Especificación |
|---|---|
| Modelo | Picadora de forraje antarix |
| Potencia | 10 hp |
| Producción | Molienda (maíz) 200-250 kg/h<br>picado en verde 2,000-2,500 kg/h |

Fuente: elaboración propia,

Figura 16. **Picadora de pasto**

Fuente: elaboración propia.

- Tamiz rotativo para biomasa: la función del tamiz rotativo es separar las partículas más grandes del sustrato, esta máquina tiene como objetivo estandarizar el tamaño de las partículas de la lombricomposta que se producirán. Para el proyecto son necesarias las siguientes especificaciones:

**Tabla XI. Especificaciones tamiz rotativo**

| Descripción | Descripción |
|---|---|
| Modelo | CLR 1 200 x 3 000 |
| Potencia | 2HP |
| Produción | 10 - 18m³/h |
| Diámetro del Tambor | 1 200 x 3 000mm |
| Tamaño del Tamiz | 40 x 40mm |
| Costo | Q. 12,000 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 17**.** **Tamiz**

Fuente: elaboración propia.

- Cunas de madera: estarán al nivel del piso, deben tener 1,2 metros de ancho, 10,5 metros de largo y una altura de 0,6 metros. Para cada nave se construirá 10 cunas para hacer un total de 30 cunas para el complejo.

- Manguera: tendrá la función de agregar agua a los sustratos para mantener la humedad y regular la temperatura cuando sea necesario será de 50 metros de longitud y diámetro interior: 3/8", tipo de conexión: 1/4 "MNPT, presión nominal: 300 psi, rango de temperatura: -20 °F a 165 °F.

Figura 18. **Manguera**

Fuente: elaboración propia.

- Palas: estas ayudarán a llenar los sacos de lombricomposta y las carretillas para sacar los residuos del cuarto de cañuelas.

Figura 19. **Pala**

Fuente: elaboración propia.

- Termómetro/ Higrómetro: este instrumento servirá para medir la temperatura en las cunas de compostaje y la humedad en las distintas fases.

Figura 20. **Termómetro/higrómetro**

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Especificaciones del termómetro e higrómetro**

| Descripción | Descripción |
|---|---|
| Modelo | Marca Zilla. Digital |
| Temperatura | 0 – 80 °c. |
| Humedad | 0 - 90 % |

Fuente: elaboración propia.

- Botas de hule: de color negro serán utilizadas para protección de los operarios encargados en el área de compostaje.

- Bieldos: sirven para homogenizar el sustrato, son más adecuados que una pala para el manejo de forrajes.

Figura 21**.** **Bieldo**

Fuente: elaboración propia.

- Guantes: debido a que la cañaza de palmito tiene espinas es indispensable el uso de guantes para su manipulación, y así no tener accidentes laborales.

- Lentes: se utilizan para la protección de los operarios y se usarán siempre que se tritura el material vegetal.

- Tamiz de malla: de 20 mm de espesor que se usará para extraer las lombrices de compostaje. Se requieren 5 yardas y el costo por yarda es de Q.25,00.

- Depósitos para el humus líquido: los depósitos deben tener una capacidad de 5 galones para la colecta de lixiviado de lombriz.

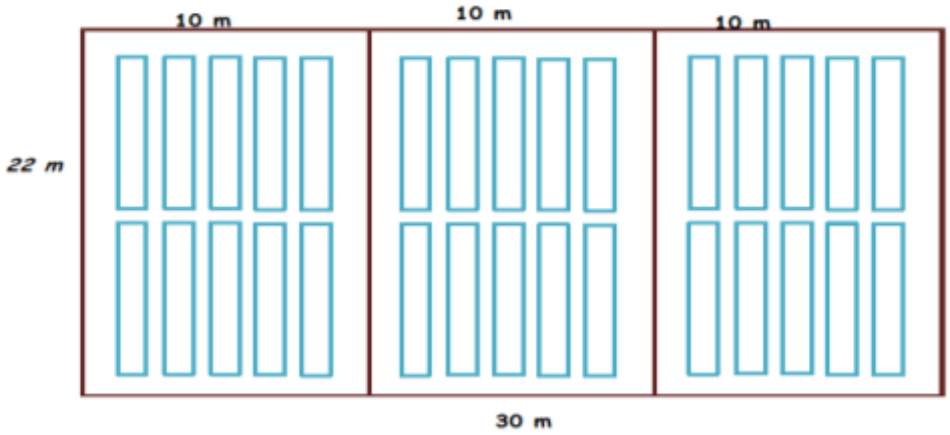
- Tubos de PVC: se colocarán en la parte baja de las cunas para colectar el lixiviado de lombriz.

### 2.6.2. Infraestructura

Las instalaciones para el alojamiento de la compostera se llevarán un tiempo total del proceso de 4 meses, con una media de producción de 8 días por mes y generación de 5,91 metros cúbicos en desechos orgánicos húmedos. Con estos datos las dimensiones serán 3 naves de 10 metros de ancho, 22 metros de largo y 2,5 metros de alto, con techo, sin paredes y columnas a cada 4,4 metros de distancia en los laterales y 2,5 metros a lo ancho.

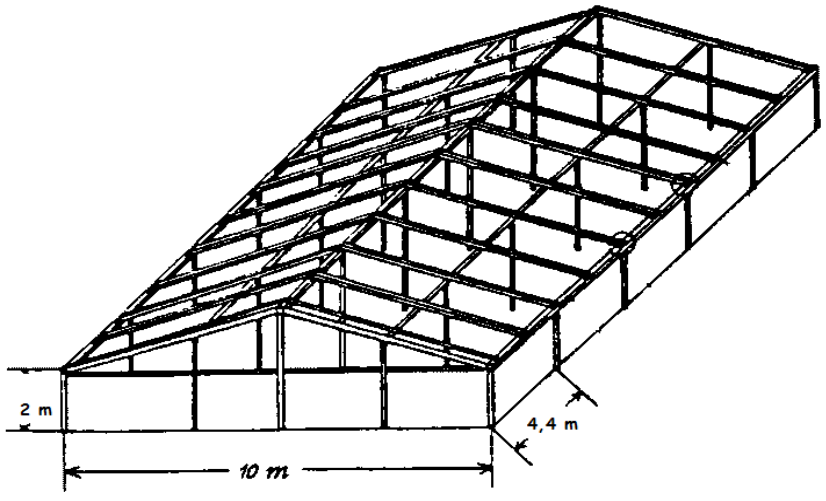
Con una producción de 5,91 metros cúbicos de desechos en un día de producción, es necesario contar con cunas de descomposición lo suficientemente grandes para aprovechar todo el desecho. Según especificación que la teoría propone, el diseño fina de cunas debe ser de 10,5 metros de largo, 0,6 metros de alto y 1,2 metros de ancho.

Figura 22. **Distribución de cunas y naves del complejo de compostaje**




Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Diseño de nave**




Fuente: elaboración propia.

### 2.6.3. Ubicación del complejo

El complejo estará situado en las afueras de la planta de producción, donde se acumulan los desechos del palmito. Se escogió esta área porque la garita de seguridad se encuentra frenta a dicha planta, asimismo está a 50 metros de distancia del cuarto de cañazas, y se le suma el hábito de depositar los residuos en el lugar.

Figura 24. **Ubicación para el complejo de elaboración de lombricomposta**

Fuente: elaboración propia.

## 2.7. Costos de la propuesta

Los costos de producción se estimarán para un año, esto quiere decir que se calcularán bajo el supuesto que la producción de palmito en salmuera se mantendrá sin variar año con año.

### 2.7.1. Cunas de compostaje

Las cunas para el proceso de compostaje serán de madera y estarán a nivel del suelo, tendrán una pendiente de 1 % y recubiertas de nylon negro para evitar la fuga de las lombrices.

Para cada cuna se necesitan 4 tablas de madera con un grosor de 7/8 de pulgadas, 4 pies de largo y 1 pie de ancho, con un costo de Q. 60.00 cada una, 12 tablas de 7/8 de pulgadas de grosor, 14 pies de largo y 1 pie de ancho con costo de Q. 20,00 y 12 estacas que servirán de soporte para las tablas y le darán estabilidad con un costo de Q. 3,00.

Cada cuna tendrá un costo de Q. 836,00. Las cunas se recubrirán con nylon negro, el área interna es de 30 metros cuadrados con un costo aproximado de Q. 2,84/$m^2$. El recubrimiento costará Q. 85,22

Tabla XIII. **Costos de las cunas de compostaje**

| Material | Cantidad | Unidad de medida | Especificación | Costo unitario | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| Madera | 12 | Unidades | Tabla de 7/8 pulgadas de grosor. 12 pies de largo y 1 pie de ancho. | 60 | 720 |
| Madera | 4 | Unidades | Tabla de 7/8 pulgadas de grosor. 4 pies de largo y 1 pie de ancho. | 20 | 80 |
| Madera | 12 | Unidades | Tabla de 2 pulgadas de ancho, 2 pulgadas de grosor, 2 pies de largo. | 3 | 36 |
| Clavos | 4 | Libras | 2 pulgadas | 15 | 60 |
| Tachuelas para nailon | 200 | Unidades | Tachuelas metálicas | 0,1 | 20 |
| Recubrimiento | 30 | Metro cuadrado | Nailon negro | 2,84 | 85,2 |
| Total | | | | | 1 001,2 |

Fuente: elaboración propia.

Cada una de las cunas recubiertas con nylon tendrá un costo de Q.1001.20 y se deben construir un total de 30 cunas, ubicadas 10 en cada nave del complejo, al costo total de Q. 30 036,00

### 2.7.2. Obra civil

La obra civil es de tercer grado, la estructura será de madera y techo de nailon, muy parecido a un invernadero, sin paredes y con doble capa de nailon

el techo. La vida útil está estimada para 10 años con cambios del techo cada 5 años con trabajo de mantenimiento cuando sea conveniente. El techo será de dos aguas con un ángulo de 20° y 1,6 metros de altura, 24 metros de largo 24 y estará compuesto por tres naves de 10 metros de ancho y 24 metros de largo para hacer un total de 30 metros de ancho y las paredes con una altura de 1,8 metros.

La estructura de madera de cada nave debe tener 6 vigas con las siguientes dimensiones: 12 pies de largo, 12 de 9 pies de largo y 12 de 6 pies, todas de 4 pulgadas de grosor y 4 pulgadas de ancho. Para la estructura del techo se necesitan 15 vigas de 15 pies de largo y 40 de 10 pies de largo con un grosor de 2 pulgadas y ancho de 4 pulgadas.

Tabla XIV. **Costos de estructura del techo**

| Descripción | Cantidad | Costo Unitario | Total |
|---|---|---|---|
| Tablones de 6 pies de largo, 4 pulgadas de ancho y grosor. | 12 | 30,00 | 360,00 |
| Tablones de 9 pies de largo, 4 pulgadas de ancho y grosor. | 12 | 28,00 | 336,00 |
| Tablones de 12 pies de largo, 4 pulgadas de ancho y grosor. | 6 | 25,00 | 150,00 |
| Reglas de 15 pies de largo, 4 pulgadas de ancho y 2 pul. De grosor, | 25 | 21,00 | 525,00 |
| Reglas de 10 pies de largo, 4 pulgadas de ancho y 2 pul. De grosor, | 40 | 16,00 | 640,00 |
| Clavos de 2 pulgadas. | 1 000 | 0,50 | 500,00 |
| Total | | | 2 511,00 |

Fuente: elaboración propia.

El costo de madera para una nave del complejo de compostaje será de Q2 511,00 y el complejo tiene 3 naves con un costo total de Q 7 533,00.

Tabla XV**.** **Costo de techo**

| Descripción | cantidad | Costo Unitario | Total |
|---|---|---|---|
| Nylon para techo a doble capa | 440 | 2,84 | 1 249,60 |
| Tachuelas | 1 000 | 0,4 | 400,00 |
| Total | | | 1 649,60 |

Fuente: elaboración propia.

Para el techo que tendrá doble capa de nilón se requiere un total de 220 metros cuadrados de nailon para cada nave y él un costo de cada metro cuadrado de nylon es de Q. 2,84, el total por nave es de Q.1 649,60 y en total por el complejo completo es Q 4 948,80.

Para el complejo de 30 cunas y tres naves el costo de infraestructura es de Q 42 517,80 y para cada una de las naves es de Q. 14 172,60.

### 2.7.3. Costo de la materia prima y otros insumos

A continuación se realizará la descripción del costo que de materia prima y otros insumos.

- Cañuela de palmito: la cañaza de palmito tiene un costo de Q. 0,004 por libra en materia húmeda que es desechada, este costo fue calculado sobre el costo total de mano de obra que es necesaria para trasladar el

material de las instalaciones al patio de descomposición, en el 2014 se generaron 1 719 916 libras húmedas de desecho.

Tabla XVI. **Costo de cañuela de palmito**

| Insumo | Unidad de medida | Cantidad | Costo unitario | Costo total anual |
|---|---|---|---|---|
| Desechos de palmito | Libras | **1 719 916** | 0,004 | 7 200,00 |

Fuente: elaboración propia.

- Cáscara de piña: es un desecho de la línea de producción de piña en almíbar en sus distintas presentaciones, con un rendimiento medio de 35 % asumimos el costo del desecho en Q.0,006, este costo calculado sobre mano de obra, el cual es necesario para trasladar los desechos fuera de la empresa.

Tabla XVII. **Costo Cáscara de piña**

| Insumo | Unidad de medida | Cantidad | Costo unitario | Costo total anual |
|---|---|---|---|---|
| Cáscara de piña | Libras | **1 719 916** | 0,006 | 10 800,00 |

Fuente: elaboración propia.

- Lombrices coquetas roja: tiene un costo de Q. 200,00 el kilogramo y un peso medio de una lombriz adulta de 1 gramo, por lo que se puede estimar que el precio unitario es de Q.0,20 y la población de estas se duplica cada tres meses. Inicialmente se compraron 2 kilogramos de

lombrices aproximadamente 2 000 lombrices adultas con un costo total de Q.400,00, sin embargo se aconseja para una producción industrial inicial un pie de cría de 10 kilogramos y estas según la teoría aumentan su número 10 veces cada 3 meses con condiciones apropiadas.

- Estiércol de res (bovinaza): el saco de 40 kilogramos está a Q. 15,00 cada uno, el lugar de compra más cercano es la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA).

Tabla XVIII**.** **Costo de bovinaza**

| Insumo | Unidad de medida | Cantidad | Costo unitario | Costo total anual |
|---|---|---|---|---|
| Bovinaza | Libras | **1 719 916** | 0,17 | 292,385,72 |

Fuente: elaboración propia.

- Agua

El costo de un metro cúbico de agua potable para la empresa tiene un costo de Q. 0,40.

Tabla XIX. **Costo de agua**

| Insumo | Unidad de medida | Cantidad | Costo unitario | Costo total anual |
|---|---|---|---|---|
| Agua | Metro cúbico | 1 563,50 | 0,40 | 625,40 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.7.4. Costos de maquinaria y equipo

La maquinaria mínima para echar a andar el proyecto la definimos como el conjunto de máquinas que son requeridas para el fin de producción de lombricomposta, y el equipo es definido como todos aquellos instrumentos, utensilios y herramientas necesarias para llevar a cabo el proceso.

- Costo de maquinaria y equipo. La maquinaria mínima para echar a andar el proyecto se define como el conjunto de máquinas que son requeridas para el fin de producción de lombricomposta, y el equipo es definido como todos aquellos instrumentos, utensilios y herramientas necesarias para llevar a cabo el proceso.

Tabla XX. **Costo de equipo y maquinaria**

| Descripción | Cantidad | Costo unitario | Costo total |
|---|---|---|---|
| Cortadora de pasto de 15 hp | 1 | 13 000,00 | 13 000,00 |
| Carretillas trupper | 2 | 400,00 | 800,00 |
| Bieldo | 2 | 175,00 | 350,00 |
| Tamiz rotativo | 1 | 12 000,00 | 12 000,00 |
| Termómetro/ higrómetro | 1 | 900,00 | 900,00 |
| Pala | 2 | 80,00 | 160,00 |
| Cosedora de sacos | 1 | 5 000,00 | 5 000,00 |
| Manguera | 2 | 500,00 | 1 000,00 |
| Depósitos de residuos líquidos | 30 | 20,00 | 600,00 |
| Tubo pvc 1/2, 315 psi (metro) | 10 | 5,00 | 50,00 |
| Malla metalica | 5 | 25,00 | 125,00 |
| **Total de costo en equipo** | | | **33 985,00** |

Fuente: elaboración propia.

- Costo de indumentaria para el personal: por medidas de seguridad para todo el personal es necesario que se utilicen un traje especial para trabajar, que estará compuesto por guantes, lentes y botas de hule, como medidas mínimas de protección personal, para los colaboradores que estén involucrados en el proceso de producción directamente.

Tabla XXI. **Costo de indumentaria del personal**

| Descripción | Cantidad | Costo unitario | Costo total |
|---|---|---|---|
| Guantes para jardinería | 2 | 20,00 | 40,00 |
| Lentes para jardinería | 2 | 20,00 | 40,00 |
| Botas | 2 | 60,00 | 120,00 |
| Total | | | 200,00 |

Fuente: elaboración propia.

La indumentaria del personal se tomará como una inversión, ya que esta se estará generando al principio y antes de poner en marcha el proyecto.

- Costo de mano de obra: el costo de mano de obra está calculada para dos personas a tiempo completo en una jornada diurna de 8 horas.

Tabla XXII. **Costos mano de obra anual**

| Cargo | Núm. Puestos | Unitario | Bono | Total | Unidad |
|---|---|---|---|---|---|
| Operario | 2 | 2 500,00 | 250,00 | 5 500,00 | Mensual |
| Encargado de proyectos | 1 | 5 000,00 | 250,00 | 5 250,00 | Mensual |
| Total | | | | 10,750,00 | Mensual |
| **Total anual** | | | | **150 500,00** | **Anual** |

Fuente: elaboración propia.

- Costos de empaque: el lombrocompost se empacará en presentación de sacos, en costales de 100 libras de nailon con el logotipo de la empresa, para diferenciar el producto en el mercado.

Tabla XXIII. **Costos de empaque**

| Descripción | Unidades | Costo unitario | Costo total anual |
|---|---|---|---|
| Costales de nailon de 100 libras. | 10 319 | 2,50 | 25 798,74 |
| Libras de Cáñamo | 322,5 | 10,00 | 3 225,00 |
| Total | | | 29 023,74 |

Fuente: elaboración propia.

El costo de la adquisición de costales para un año de producción proyectado será de Q. 29 023,74.

- Costo de combustible: será gasolina para el funcionamiento de la picadora de pasto, que servirá para trituras la corteza del palmito y la cáscara de piña, que son desechadas en los procesos de producción.

Tabla XXIV. **Costo anual de combustible**

| Descripción | Cantidad | Costo Unitario | Total Anual |
|---|---|---|---|
| Galones de gasolina | 110 | 27,00 | 2970,00 |

Fuente: elaboración propia.

- Costo de mantenimiento: se calculó estimando el 5 % de la inversión inicial para cada año, asumiendo que será constante.

Tabla XXV. **Costo de mantenimiento**

| Descripción | costo | Costo de mantenimiento 5 % costo inicial |
|---|---|---|
| Infraestructura | 42 517,80 | 2 125,89 |
| Tamiz rotativo | 12 000,00 | 600,00 |
| termómetro/ higrómetro | 900,00 | 45,00 |
| Cosedora de sacos | 5 000,00 | 250,00 |
| Cortadora de pasto | 13 000,00 | 650,00 |
| **Total** | | **3 670,89** |

Fuente: elaboración propia.

El costo por mantenimiento anual es de Q3 670,90 correspondiente al 5 % de la inversión inicial en maquinaria.

### 2.7.5. Inversión inicial en activo fijo y diferido

Los activos fijos son todos los bienes tangibles que no variarán en un periodo de producción, lo que da la certeza que son bienes duraderos. Los activos diferidos son aquellos bienes que son necesarios para el funcionamiento del proyecto, comúnmente intangibles y se pagan por anticipado.

Tabla XXVI. **Activos fijos de producción**

| Cantidad | Activo Fijo | Costo Unitario | Costo Total |
|---|---|---|---|
| **Maquinaria** | | | |
| 1 | Tamiz rotativo | 12 000,00 | 12 000,00 |
| 1 | termómetro/ higrómetro | 900,00 | 900,00 |
| 1 | Cosedora de sacos | 5 000,00 | 5 000,00 |
| 1 | Cortadora de pasto | 13 000,00 | 13 000,00 |
| Subtotal | | | 30 900,00 |
| **Equipo** | | | |
| 2 | Bieldo | 175,00 | 350,00 |
| 2 | Pares de botas | 60,00 | 120,00 |
| 2 | Lentes de protección | 20,00 | 40,00 |
| 2 | Guantes de jardinería | 20,00 | 40,00 |
| 2 | Pala | 80,00, | 160,00 |
| 2 | Manguera | 500,00 | 1000,00 |
| 30 | Depósitos de residuos líquidos | 20,00 | 600,00 |
| 10 | Tubo PVC 1/2, 315 PSI (metro) | 5,00 | 50,00 |
| 5 | Malla metálica | 25,00 | 125,00 |
| 2 | Carretillas trupper | 400,00 | 800,00 |
| Sub total | | | 3 285,00 |
| **Otro** | | | |
| 1 | Vehículo | 30 000,00 | 30 000,00 |
| Subtotal | | | 30 000,00 |
| **Total** | | | **64 185,00** |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Activos fijos de infraestructura**

| Cantidad | Activo fijo | Costo unitario | Costo total |
|---|---|---|---|
| 30 | Cunas de compostaje | 1 001,20 | 30 036,00 |
| 3 | Estructura de madera para una nave del complejo | 2 511,00 | 7 53,003 |
| 3 | Techo para una nave del complejo | 3 512,20 | 10 536,60 |
| Total | | | 48 105,60 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Total de activos fijos**

| Rubro | Costo |
|---|---|
| Activo fijo de producción | 64 185,00 |
| Activos fijos de infraestructura | 48 105,60 |
| **Total** | **112 290,60** |

Fuente: elaboración propia.

El total del rubro de activos fijos es de Q. 112 290,60.

- Activos diferidos: los activos diferidos se calcularon con base en el total de los activos fijos, para los gastos legales. Se utilizó el 5%, para la planeación e integración el 4 % y para supervisión y administración del proyecto se utilizó el 2 %.

Tabla XXIX. **Activos diferidos**

| Rubro | Costo |
|---|---|
| Gastos legales de instalación y operación. | 5 614,53 |
| Planeación e integración. | 4 491,62 |
| Supervisión y administración del proyecto. | 2 245,81 |
| Total | 12 351,96 |

Fuente: elaboración propia.

El rubro de activos diferidos por cuestión de activos diferidos es de Q.12351, 96.

### 2.7.6. Depreciaciones y amortización

La vida media de las inversiones varía, sin embargo, el promedio es de 5 años para efectos de cálculo.

Tabla XXX. **Depreciaciones y amortización**

| Rubro | Valor | % anual | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | VR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Maquinaria | 30 900 | 0,25 | 7 725 | 7 725 | 7 725 | 7 725 | 0 | 0 |
| Equipo | 3 285 | 0,25 | 821 | 821 | 821 | 821 | 0 | 0 |
| Vehículo | 30 000 | 0,20 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 0 |
| Infraestructura | 48 106 | 0,10 | 4 811 | 4 811 | 4 811 | 4 811 | 4 811 | 24 053 |
| Activos diferidos | 112 291 | 0,10 | 11 229 | 1 703 | 1 703 | 1 703 | 1 703 | 94 250 |
| **Total** | | | **30 587** | **21 062** | **21 063** | **21 064** | **12 518** | **118 303** |

Fuente: elaboración propia.

### 2.7.7. Financiamiento del proyecto

Para financiar el proyecto se asumirá que se debe hacer un préstamo de Q.90 000,00 con una tasa de interés del 17 % anual que el Banco de Guatemala (BANGUAT) sugiere para el 2015 y con un periodo de 5 años.

Tabla XXXI. **Financiamiento y pago de deuda**

| Deuda | Cuota | Interés | Amortización |
|---|---|---|---|
| 90 000,00 | 28 131,00 | 15,300,00 | 12,831,00 |
| 74 700,00 | 28 131,00 | 12,699,00 | 15,432,00 |
| 62 001,00 | 28 131,00 | 10,540,00 | 17,591,00 |
| 51 461,00 | 28 131,00 | 8,748,00 | 19,382,00 |
| 42 712,00 | 28 131,00 | 7,261,00 | 20,870,00 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.7.8. Costos fijos

Los costos fijos son aquellos desembolsos económicos que se harán sin importar la cantidad de producción. Lo cual indica que son independientes a la cantidad de sacos producidos de compostaje.

Tabla XXXII. **Costos fijos**

| Rubro | Costo anual |
|---|---|
| Mano de obra | 150 500,00 |
| Depreciación de maquinaria | 7 725,00 |
| Depreciación de equipo | 821,00 |
| Depreciación de vehículo | 6 000,00 |
| Depreciación de infraestructura | 4 811,00 |
| Total | 169 857,00 |

Fuente: elaboración propia.

Los costos fijos son para todo un año, los cuales serán independientes a la cantidad de sacos producidos.

## 2.8. Análisis de costos de la propuesta 1

Los costos fijos serán los mismos para las tres propuestas presentadas, sin embargo, como cada uno tiene diferentes insumos para ser procesada se requiere un análisis para cada una.

### 2.8.1. Costos variables

Los costos variables anuales ascienden a Q41 819,00, esto será para la producción de 1 719 916 libras de palmito triturado.

Tabla XXXIII. **Costo variable**

| Rubro | Cantidad | Costo unitario | Costo anual |
|---|---|---|---|
| Lombrices | 10 000 | 0,2 | 2 000,00 |
| Desechos de palmito | 1 719 916 | 0,004 | 7 200,00 |
| Agua | 1 563,5 | 0,4 | 625,40 |
| Costales de 100 libras | 10 319 | 2,5 | 25 798,74 |
| Libras de Cáñamo | 322,5 | 10 | 3 225,00 |
| Galones de Gasolina | 110 | 27 | 2 970,00 |
| Total | | | 41 819,00 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.8.2. Costo total anual

Los costos totales para la primera propuesta que es de solo palmito triturado es de Q211 676,00. Asumiendo que la producción sea de 10 319 sacos de lombricomposta con un precio de venta de Q.45,00, considerando una pérdida de masa entre 40 a 50 %, debido al secado del producto final.

Tabla XXXIV. **Costo total anual**

| | |
|---|---|
| **Costos fijos** | **169 857,00** |
| Costos variables | 41 819,14 |
| Total | 211.676 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.8.3. Rentabilidad

Asumiendo que la producción de 10 319 sacos de lombricomposta sea a un precio de venta de Q. 45,00.

Tabla XXXV. **Rentabilidad propuesta 1**

| | |
|---|---|
| Costo total | 211.67 |
| Costo unitario | 20,51 |
| Precio de venta | 45 |
| Sacos producidos | 10 319 |
| Ingreso total | 464 377,32 |
| Ganancia | 252.701 |
| Rentabilidad | 119,3% |

Fuente: elaboración propia.

La rentabilidad proyectada es de 119 %, indicando que por cada unidad producida de lombricompost se estará recuperando el quetzal invertido, más 1,19 quetzales de ganancia.

### 2.8.4. Flujo de efectivo

El flujo de efectivo proyectado, trata de describir el comportamiento de los ingresos y egresos del proyecto en base a un periodo determinado de tiempo; lo que indicará el posible comportamiento del flujo de efecto.

Tabla XXXVI. **Flujo de efectivo propuesta 1**

| Año/rubro | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ingreso | | 463 950 | 463 950 | 463 950 | 463 950 | 463 950 |
| Costos variables | | -41 819 | -41 819 | -41 819 | -41 819 | -41 819 |
| Costos fijos | | -169 857 | -169 857 | -169 857 | -169 857 | -169 857 |
| Intereses | | -15 300 | -12 699 | -10 540,17 | -8 748,34 | -7 261,12 |
| Depreciación construcción | | -4 811 | -4 811 | -4 811 | -4 811 | -4 811 |
| Depreciación maquinaria | | -7 725 | -7 725 | -7 725 | -7 725 | 0 |
| Depreciación equipo | | -821 | -821 | -821 | -821 | 0 |
| Depreciación vehículo | | -6 000 | -6 000 | -6 000 | -6 000 | -6 000 |
| Utilidad | | 217 618 | 220 220 | 222 380 | 224 173 | 234 207 |
| Impuesto | | 10 881 | 11 011 | 11 119 | 11 209 | 11 710 |
| Utilidad neta | | 206 738 | 209 209 | 211 261 | 212 964 | 222 497 |
| Depreciación construcción | | 4 811 | 4 811 | 4 811 | 4 811 | 4 811 |
| Depreciación maquinaria | | 7 725 | 7 725 | 7 725 | 7 725 | 0 |
| Depreciación equipo | | 821 | 821 | 821 | 821 | 0 |
| Depreciación vehículo | | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 |
| Infraestructura | **-48 106** | | | | | |
| Maquinaria y equipo | -30 900 | | | | | |
| Activos diferidos | -12 352 | | | | | |
| Préstamo | 90 000 | | | | | |
| Amortización | | -25 720 | -29 318 | -32 304 | -34 783 | -46 885 |
| Valor de desecho | | | | | | **32 567** |
| Flujo | -1 358 | 200 375 | 199 248 | 198 314 | 197 538 | 218 990 |

Fuente: elaboración propia.

El flujo de efectivo proyectado nos indica que a partir del año uno (1) se pueden ver resultados positivos, indicado que en el año 1 se recuperará la inversión inicial.

## 2.9. Análisis de costos de la propuesta 2

La propuesta 2 difiere en la cantidad de insumos utilizados. Este sustrato tiene una mezcla de palmito triturado y estiércol de bovinos en proporciones iguales.

### 2.9.1. Costo variable

Los costos variables están estimados en Q.363 854,00, para la utilización de los desechos generados en un año de producción en la empresa.

Tabla XXXVII. **Costos variables, propuesta 2**

| Rubro | Cantidad | Costo unitario | Costo anual |
|---|---|---|---|
| Lombrices | 10 000 | 0,2 | 2 000,00 |
| Desechos de palmito | 1 719 916 | | 7 200,00 |
| Agua | 3 127 | 0,4 | 1 250,80 |
| Costales de 100 libras | 20 639 | 2,5 | 51 597,48 |
| Libras de cáñamo | 645 | 10 | 6 450,00 |
| Galones de gasolina | 110 | 27 | 2 970,00 |
| Bovinaza | **1 719 916** | 0,17 | 292 385,72 |
| Total | | | 363 854,00 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.9.2. Costo total anual

El costo total anual para la propuesta número dos es de Q. 533 711,00. La diferencia de costos está definida por los costos variables. La descripción de costos se puede observar en la tabla XXXVIII.

Tabla XXXVIII. **Costo total anual, propuesta 2**

| **Costos Fijos** | **169 857,00** |
|---|---|
| Costos variables | 363 854,00 |
| Total | 533 711,00 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.9.3. Rentabilidad

La rentabilidad de la segunda propuesta es de 74 %. Lo que indica que por cada quetzal invertido se recuperan 74 centavos de quetzal. En la tabla XXXIX, se observan los detalles de los costos utilizados para el cálculo.

Tabla XXXIX. **Rentabilidad**

| | |
|---|---|
| Costo total | 533,711 |
| Costo unitario | 25,8593448 |
| Precio de venta | 45 |
| Sacos producidos | 20639 |
| Ingreso total | 928754,64 |
| Ganancia | 395.044 |
| **Rentabilidad** | **74,0183303** |

Fuente: elaboración propia

### 2.9.4. Flujo de caja

El flujo de caja para la propuesta dos, muestra que al igual que la propuesta uno, la inversión es recuperada en el primer año de producción.

Tabla XL. **Flujo de caja, propuesta 2**

| **Año/rubro** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ingreso | | 928 755 | 928 755 | 928 755 | 928 755 | 928 755 |
| Costos variables | | -363 854 | -363 854 | -363 854 | -363 854 | -363 854 |
| costos fijos | | -169 857 | -169 857 | -169 857 | -169 857 | -169 857 |
| intereses | | -15 300 | -12 699 | -10 540,17 | -8 748,34 | -7 261,12 |
| Depreciación construcción | | -4 811 | -4 811 | -4 811 | -4 811 | -4 811 |
| Depreciación maquinaria | | -7 725 | -7 725 | -7 725 | -7 725 | 0 |
| Depreciación equipo | | -821 | -821 | -821 | -821 | 0 |
| Depreciación vehículo | | -6 000 | -6 000 | -6 000 | -6 000 | -6 000 |
| Utilidad | | 360 388 | 362 990 | 365 150 | 366 943 | 376 977 |
| Impuesto | | 18 019 | 18 150 | 18 258 | 18 347 | 18 849 |
| Utilidad neta | | 342 369 | 344 841 | 346 893 | 348 596 | 358 128 |
| Dep. Construcción | | 4 811 | 4 811 | 4 811 | 4 811 | 4 811 |
| Depreciación maquinaria | | 7 725 | 7 725 | 7 725 | 7 725 | 0 |
| Depreciación equipo | | 821 | 821 | 821 | 821 | 0 |
| Depreciación vehículo | | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 |
| Infraestructura | **-48 106** | | | | | |
| Maquinaria y equipo | -30 900 | | | | | |
| Activos diferidos | -12 352 | | | | | |
| Préstamo | 90 000 | | | | | |
| Amortización | | -25 720 | -29 318 | -32 304 | -34 783 | -46 885 |
| Valor de desecho | | | | | | **32 567** |
| Flujo | -1 358 | 336 006 | 334 880 | 333 945 | 333 170 | 354 622 |

Fuente: elaboración propia.

## 2.10. Análisis de costos de la propuesta 3

Esta propuesta consiste en la utilización de un sustrato elaborado de desechos de palmito triturado y cáscara de piña.

### 2.10.1. Costo variable propuesta 3

Para la propuesta 3, que consiste en la elaboración de lombricompost, a partir de un sustrato de corteza de palmito y cáscara de piña en proporciones iguales, se incurrirá en un costo anual de Q. 82 268,28. En la tabla XLI se observan los costos variables de la propuesta 3.

Tabla XLI. **Costo variable, propuesta 3**

| Rubro | Cantidad | Costo unitario | Costo Anual |
|---|---|---|---|
| Lombrices | 10 000 | 0,2 | 2 000 |
| Desechos de palmito | 1 719 916 | 0,004 | 7 200 |
| Agua | 3 127 | 0,4 | 1 250,8 |
| Costales de 100 libras | 20 639 | 2,5 | 51 597,48 |
| Libras de cáñamo | 645 | 10 | 6 450 |
| Galones de gasolina | 110 | 27 | 2 970 |
| Cáscara de piña | **1 719 916** | 0,006 | 10 800 |
| Total | | | 82 268,28 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.10.2. Costo total anual

El costo total anual asciende a la suma de Q252 125,00. Esta propuesta es dé menor costo de producción, comparado con las otras dos opciones. Se observan los costos en la tabla XLII.

Tabla XLII. **Costo total anual**

| | |
|---|---|
| Costos fijos | 169,857.00 |
| Costos variables | 82,268.28 |
| Total | 252,125.00 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.10.3. Rentabilidad

Para la propuesta número 3, las materias primas son los desechos orgánicos de las dos principales líneas de producción; por lo tanto los costos de producción se reducen y la rentabilidad aumenta, es por tal razón que esta propuesta tiene una rentabilidad de 268 %.

Tabla XLIII. **Rentabilidad**

| | |
|---|---|
| Costo total | 252 125 |
| Costo unitario | 12,2159595 |
| Precio de venta | 45,00 |
| Sacos producidos | 20 639 |
| Ingreso total | 928 754,64 |
| Ganancia | 676,630 |
| Rentabilidad | 268,370574 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.10.4. Flujo de efectivo

En la siguiente tabla, se observa el flujo de efectivo proyectado considerando la propuesta 3, para 5 años a partir de la puesta en marcha.

Tabla XLIV. **Flujo de efectivo, propuesta 3**

| Año/Rubro | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ingreso | | 928 755 | 928 755 | 928 755 | 928 755 | 928 755 |
| Costos variables | | -82 268 | -82 268 | -82 268 | -82 268 | -82 268 |
| Costos fijos | | -169 857 | -169 857 | -169 857 | -169 857 | -169 857 |
| Intereses | | -15 300 | -12 699 | -10 540,17 | -8 748,34 | -7 261,12 |
| Depreciación construcción | | -4 811 | -4 811 | -4 811 | -4 811 | -4 811 |
| Depreciación maquinaria | | -7 725 | -7 725 | -7 725 | -7 725 | 0 |
| Depreciación equipo | | -821 | -821 | -821 | -821 | 0 |
| Depreciación vehículo | | -6 000 | -6 000 | -6 000 | -6 000 | -6 000 |
| Utilidad | | 641 974 | 644 576 | 646 736 | 648 529 | 658 563 |
| Impuesto | | 32 099 | 32 229 | 32 337 | 32 426 | 32 928 |
| Utilidad neta | | 609 875 | 612 347 | 614 399 | 616 102 | 625 635 |
| Depreciación construcción | | 4 811 | 4 811 | 4 811 | 4 811 | 4 811 |
| Depreciación maquinaria | | 7 725 | 7 725 | 7 725 | 7 725 | 0 |
| Depreciación equipo | | 821 | 821 | 821 | 821 | 0 |
| Depreciación vehículo | | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 |
| Infraestructura | **-48 106** | | | | | |
| Maquinaria y equipo | -30 900 | | | | | |
| Activos diferidos | -12 352 | | | | | |
| Préstamo | 90 000 | | | | | |
| Amortización | | -25 720 | -29 318 | -32 304 | -34 783 | -46 885 |
| Valor de desecho | | | | | | **32 567** |
| Flujo | -1 358 | 603 512 | 602 386 | 601 452 | 600 676 | 622 128 |

Fuente: elaboración propia.

## 2.11. Resumen de costos de las tres propuesta finales

Las tres opciones difieren principalmente en las materias primas del sustrato que se convertirá en lombricompost, a continuación se presenta una tabla descriptiva:

Tabla XLV**.** **Resumen de costos de las tres propuestas finales**

| Descripción | Propuesta 1 | Propuesta 2 | Propuesta 3 |
|---|---|---|---|
| Costos fijos | 169 857,00 | 169 857,00 | 169 857,00 |
| Costos variables | 41 819,14 | 363 854,00 | 82 268,28 |
| Costo total | 211 676,00 | 533 711,00 | 252,13 |
| Costo unitario | 20,51 | 25,85 | 12,22 |
| Precio de venta | 45,00 | 45,00 | 45,00 |
| Sacos producidos | 10 319,00 | 20 639,00 | 20 639,00 |
| Ingreso total | 464 377,32 | 928 754,64 | 928 754,64 |
| Ganancia | 252 701,00 | 395 044,00 | 67 663,00 |
| **Rentabilidad** | **119,3%** | **74,02%** | **268,37%** |

Fuente: elaboración propia.

# 3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE MEDIANTE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL

## 3.1. Diagnóstico situacional del consumo de agua potable en la empresa

La empresa cuenta con su propia fuente de agua, la cual es potabilizada, el abastecimiento de agua no es selectivo, es ingresada a la planta y es de la misma calidad que la que suministra al sistema de sanitarios y vestidores de la empresa. Para dicha área no se requiere tener parámetros microbiológicos tan exigentes como los requeridos en la línea de producción y del agua que está en contacto con los alimentos.

### 3.1.1. Consumo de agua potable

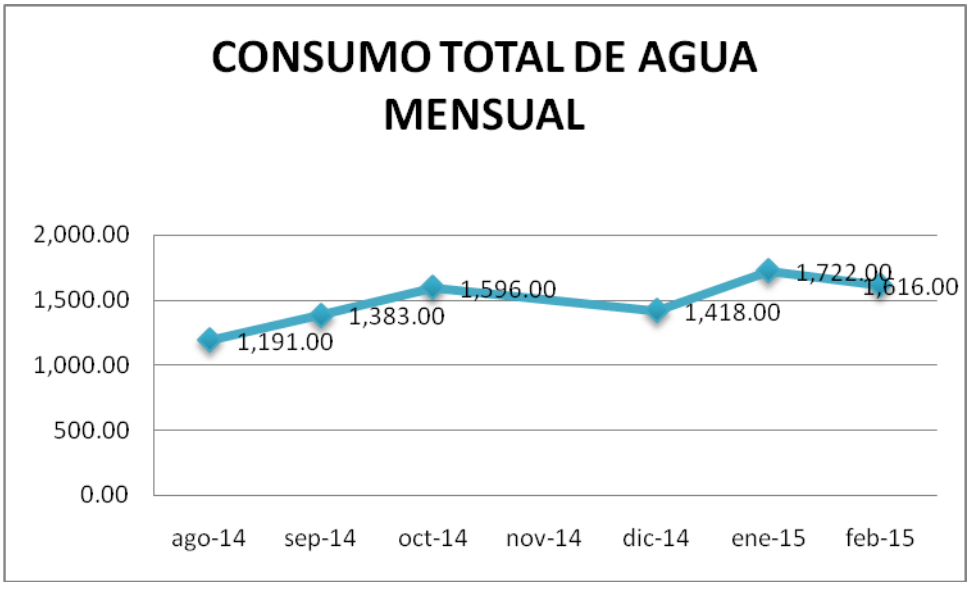
La empresa tiene un consumo medio mensual de 1 488 metros cúbicos, con un costo unitario de Q. 0,40 en promedio. Los datos son del contador de agua potable de la empresa que fueron proporcionados por el departamento de producción, al igual que el costo por metro cúbico utilizado. Los datos pueden ser observados en la tabla XLVI y en la figura 25 que a continuación se presentan a continuación:

Tabla XLVI. **Consumo mensual de agua potable**

| Mes | Metros cúbicos utilizados |
|---|---|
| agosto 2014 | 1 191,00 |
| septiembre 2014 | 1 383,00 |
| octubre 2014 | 1 596,00 |
| diciembre 2014 | 1 418,00 |
| enero 2015 | 1 722,00 |
| febrero 2015 | 1 616,00 |
| **Total** | **8 926,00** |
| **Media** | **1 487,67** |

Fuente: Grupo Layta S.A.

Figura 25. **Consumo de mensual de agua potable**




Fuente: elaboración propia.

## 3.2. Costo de utilización de agua potable en la empresa

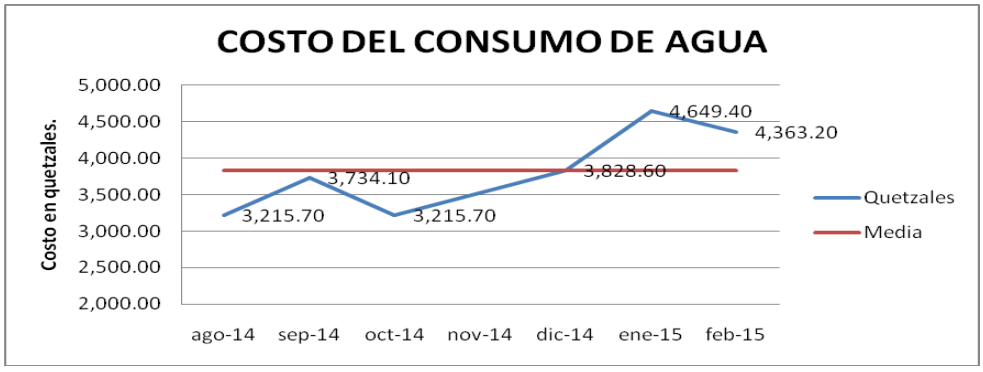
La empresa al tener su propia fuente de agua, la cual es potabilizada in situ, no tiene costos elevados por uso de agua potable, dicho comportamiento se puede observar en la tabla XLVII y figura 26 que se presentan a continuación:

Tabla XLVII. **Costo mensual del consumo de agua potable**

| MES | Quetzales |
|---|---|
| agosto 2014 | 3 215,70 |
| septiembre 2014 | 3 734,10 |
| octubre 2014 | 3 215,70 |
| diciembre 2014 | 3 828,60 |
| enero 2015 | 4 649,40 |
| febrero 2015 | 4 363,20 |
| **Media** | **3 834,45** |

Fuente: Grupo Layta S.A.

Figura 26. **Costo de consumo de agua**




Fuente: elaboración propia.

## 3.3. Análisis del consumo de agua para el área externa de la planta de producción

La instalación externa a la planta de producción está comprendida por el área de sanitarios, vestidores y comedor. El agua que se utiliza en área de sanitarios no está destinada para consumo humano, por lo que se puede utilizar agua pluvial tratada.

El área cuenta con 2 mingitorios, 8 sanitarios, una sección de lavamanos; comúnmente son utilizados a la hora del descanso de media mañana, en el almuerzo y la hora de la salida, cuenta con una media de personal de 40 colaboradores.

En la tabla XLVIII se puede observar el consumo de agua potable para el área externa de la planta, que se presenta a continuación:

Tabla XLVIII. **Consumo de agua para el area externa de la planta de producción**

| Descripción | Cantidad | Litros utilizados | Días laborales | Litros anuales | Volumen en metros cúbicos ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Consumo sanitarios | 80 | 10 | 246 | 196 800 | 196,8 |
| Agua para limpieza | 1 | 1 000 | 246 | 246 000 | 246 |
| Agua para lavado de manos y dientes | 80 | 7 | 246 | 137 760 | 137,76 |
| **Total** | | **1 017** | | | **580,56** |

Fuente: elaboración propia.

La cantidad de agua consumida anualmente es aproximadamente de 581 metros cúbicos con un costo unitario de Q. 0, 40, lo que en limpieza y uso de sanitarios genera un costo de Q. 232,40 anuales.

La precipitación pluvial cubre el 75 % del requerimiento anual, quedando de la siguiente forma: se utilizan 435.75 metros cúbicos de agua pluvial, lo que disminuye el costo del agua potable a Q 58.10.

## 3.4. Diseño de las instalaciones para la captación de agua pluvial

La propuesta consiste en captar el agua pluvial por medio de los techos de las instalaciones de la empresa, utilizando el sistema de captación de agua que ya está instalado, almacenándolo con el mínimo tratamiento para el uso del servicio sanitario de la empresa.

### 3.4.1. Análisis de datos históricos de precipitación pluvial en el área

Los datos obtenidos para el cálculo de la media de lluvia anual se adquirieron del historial de lluvias en el área con base en los registros del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala. Insivumeh.

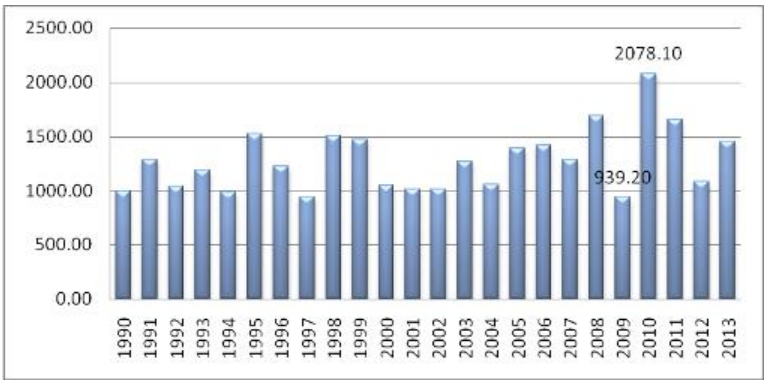
Tabla XLIX. **Datos históricos de precipitación pluvial**

| No. | Año | milímetros de agua | Núm. | Año | milímetros de agua |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1990 | **998,30** | 13 | 2002 | **1 012,40** |
| 2 | 1991 | **1 286,50** | 14 | 2003 | **1 268,50** |
| 3 | 1992 | **1 036,50** | 15 | 2004 | **1 060,60** |
| 4 | 1993 | **1 190,50** | 16 | 2005 | **1 392,80** |
| 5 | 1994 | **988,20** | 17 | 2006 | **1 417,70** |
| 6 | 1995 | **1 523,70** | 18 | 2007 | **1 282,60** |
| 7 | 1996 | **1 228,40** | 19 | 2008 | **1 691,00** |
| 8 | 1997 | **940,70** | 20 | 2009 | **939,20** |
| 9 | 1998 | **1 508,50** | 21 | 2010 | **2 078,10** |
| 10 | 1999 | **1 475,30** | 22 | 2011 | **1 659,50** |
| 11 | 2000 | **1 049,20** | 23 | 2012 | **1 079,50** |
| 12 | 2001 | **1014,50** | 24 | 2013 | **1450,90** |

Fuente: INSIVUMEH.

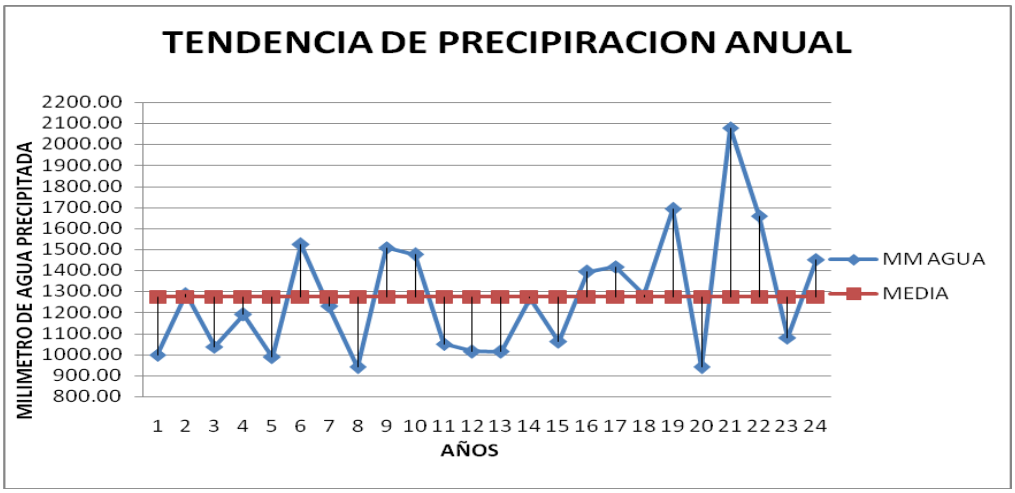
La media de precipitación anual es de 1273,87917 milímetros para el área de la aldea Bárcenas, Villa Nueva de Guatemala.

Figura 27**.** **Historial de precipitación pluvial anual**




Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Tendencia de precipitación anual**




Fuente: elaboración propia.

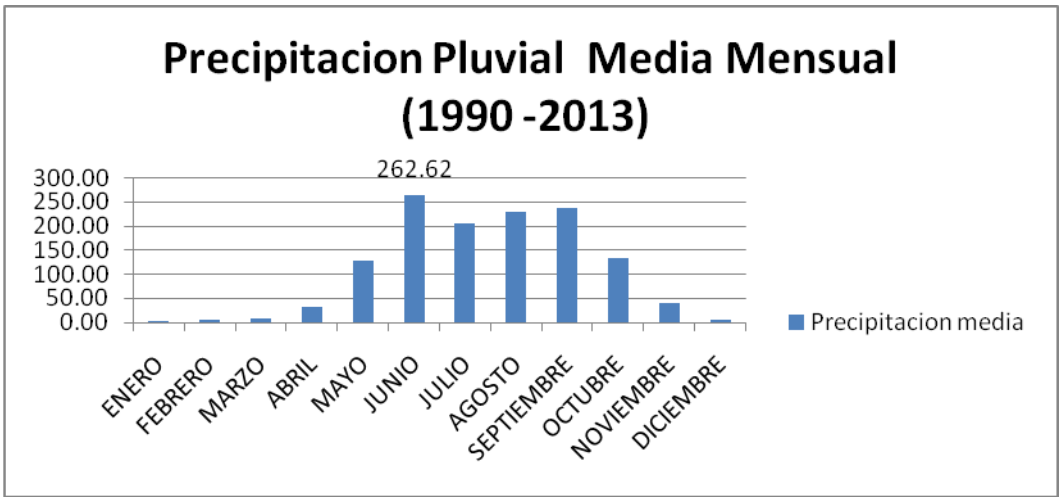
Es evidente que el año con mayor precipitación pluvial es el 21, correspondiente al 2010 y el de menor es el año 20 correspondiente al 2009.

Tabla L. **Precipitación media mensual**

| Mes | Precipitación media | Cosecha de agua (l) | Cosecha de agua (m3) | Mes | Precipitación media | Cosecha de agua (l) | Cosecha de agua (m3) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| enero | 3 | 7 728 | 8 | julio | 206 | 612 508 | 613 |
| febrero | 6 | 16 890 | 17 | agosto | 228 | 678 763 | 679 |
| marzo | 8 | 23 001 | 23 | septiembre | 236 | 702 076 | 702 |
| abril | 32 | 94 438 | 94 | octubre | 134 | 398 660 | 399 |
| mayo | 128 | 382 053 | 382 | noviembre | 40 | 119 248 | 119 |
| junio | 263 | 782 570 | 783 | diciembre | 4 | 12 354 | 2 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Precipitación pluvial media mensual (1990 -2013)**




Fuente: elaboración propia.

### 3.4.2. Instalaciones para la captación de agua pluvial

La propuesta consiste en captar el agua pluvial por medio de los techos de las instalaciones de la empresa, utilizando el sistema de captación de agua que ya está instalado en esta y tan solo almacenándolo con el mínimo tratamiento para el uso de esa agua en los servicios sanitarios de la empresa.

- Análisis de área de captación: para la captación de agua pluvial se aprovecharán las instalaciones de la empresa. Cuenta con un sistema de captación de agua instalada funcionando en los techos de la institución. El agua pluvial es desechada al drenaje, con el objetivo de no provocar erosión en el área donde se encuentran las instalaciones. En la figura 30 se observa el área de captación de agua pluvial.

Figura 30. **Instalaciones de planta de producción**

| TOPOGRAFIA | COLINDANCIAS | AREA CONSTRUIA |
|---|---|---|
| Perímetro regular<br>Superficie plana | Norte: Terreno baldío<br>Sur: Calle a Bárcenas<br>Este: Colonia<br>Oeste: Calle de acceso | 3,311 metros cuadrados aproximadamente. |
| **OPERACIÓN** | **GEOGRAFIA** | **TERRENO** |
| Planilla laboral:<br>75 personas operativas<br>5 personas administrativas<br>Horario de trabajo producci<br>Un turno 8 horas | Latitud: 14º 32' 18.93"<br>Longitud: 14º 32' 18.93"<br>Altitud: 1,420 m.s.n.m. | Área Total: 13,750 metros cuadrados |

Alimentos Montesol, S.A.

Fuente: Grupo Layta S.A.

El área que puede servir para la captación de agua pluvial es de 3 311 metros cuadrados. Los edificios de la empresa ya cuentan con una instalación de canaletas para la captación de agua pluvial, las cuales son desechadas al drenaje.

Tabla LI**.** **Captacion de agua pluvial**

| Superficie en metros cuadrado (m2) | Precipitación anual en milímetros | Volumen teórico (litros anuales) | Volumen teórico en m3 | Volumen ajustado (m3) |
|---|---|---|---|---|
| 3 311,00 | 1 273,88 | 4 217 813,92 | 4 217,81 | 3 796,03 |

Fuente: elaboración propia.

La precipitación media en la zona es de 1 273,87917 milímetros anuales, se puede interpretar que el total de agua que se puede captar es de 3 796,00 metros cúbicos anuales, con un ajuste de 0,8 por factor de pérdidas de escorrentía y evaporación.

## 3.5. Costos de la propuesta

Para captar las aguas pluviales se debe considerar que la empresa con antelación diseñó e instaló en sus techos un sistema de captación de agua pluvial, tanto en la planta de procesamiento, como en el área de vestidores y comedor. El agua captada es desechada al drenaje de aguas pluviales que no pasan por el mismo tratamiento que las aguas residuales de la planta.

Para implementar el sistema de captación de agua se necesitan los siguientes insumos y materiales.

Tabla LII. **Costos de las instalaciones de captacion de agua pluvial**

| Descripción | Costo |
|---|---|
| Depósito de agua Rotoplas ® de 5 000 litros | 2 000 |
| Mano de obra | 200 |
| Accesorios (tubería de PVC, malla para falto, codos y otros) | 200 |
| Mantenimiento | 100 |
| Total | 2 500 |

Fuente: elaboración propia.

La inversión inicial para el sistema de captación de agua pluvial es de Q. 2 500,00. El promedio de vida útil de un depósito de agua es de 15 años, aunque se habla teóricamente de hasta 25 años.

Para efectos de cálculo se aplicó un criterio de depreciación del equipo lineal por quince años, lo que resulta en una depreciación anual de Q. 166,67 en la tabla LIII se describe la inversión necesaria:

Tabla LIII**.** **Valor de la inversión**

| Año | Valor de la Inversión |
|---|---|
| 0 | 2 500 |
| 1 | 2 333,33 |
| 2 | 2 166,66 |
| 3 | 1 999,99 |
| 4 | 1 833,32 |
| 5 | 1 666,65 |
| 6 | 1 499,98 |
| 7 | 1 333,31 |
| 8 | 1 166,64 |
| 9 | 999,97 |
| 10 | 833,3 |
| 11 | 666,63 |
| 12 | 499,96 |
| 13 | 333,29 |
| 14 | 166,62 |
| 15 | 0 |
| **Tasa de descuento** | **3 %** |
| **Van** | **814,81** |

Fuente: elaboración propia.

Con una depreciación anual durante quince años de Q. 166,67 y una inversión inicial de Q. 2 500,00 se tiene un valor actual neto de Q. 814,81 con una tasa de retorno de 3 %.

## 3.6. Comparación de costos entre la propuesta y la situación actual de uso de agua potable

El costo en que incurre la empresa para la limpieza y uso de sanitarios en el área de vestidores y comedor anualmente es de Q. 232,40 anual con un gasto diario de 1 017 litros de agua. El agua pluvial captada pretende cubrir el 75 % de agua utilizada con un costo de Q. 174,30.

La inversión inicial para el sistema de cosecha de agua es de Q. 2 500,00 utilizando una depreciación lineal; el costo anual sería de Q. 166,67 y un valor actual neto de la inversión de Q. 814,81.

La diferencia entre costo de agua pluvial captada y potable será de Q. 7,63, tan solo cubriendo el 80 % del agua requerida para los vestidores y el comedor, con un margen positivo a nivel ambiental y sus ventajas de hacer la producción más amigable con el ambiente.

# 4. FASE DE DOCENCIA. PLAN ANUAL DE CAPACITACIÓN SOBRE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

## 4.1. Diagnóstico situacional

La empresa Layta S.A, cuenta con su propia finca de producción de palmito, sin embargo, esta tiene su propia administración y es apoyada por la gerencia de Alimentos Montesol S. A., como un proveedor de materia prima que toma en consideración las observaciones emitidas por los auditores a la finca.

El fin de las auditorías es la verificación del manejo correcto de los alimentos para minimizar su posible contaminación y así mantenerlos inocuos.

Por medio de la hoja de verificación sobre cumplimiento y conocimiento de las buenas prácticas agrícolas, se verificó a nivel de campo el cumplimiento y conocimiento de los principios que rigen la producción bajo las buenas prácticas agrícolas, para armar dicho diagnóstico, previamente se realizó una pequeña reunión con la gerencia.

Para la fase de diagnóstico se entrevistó a la alta gerencia de la empresa y la finca con la interrogante de las dificultades que se han presentado en cuanto a capacitación del personal de la finca. Con la información recabada, se prosiguió a armar una matriz FODA para identificar los temas de mayor relevancia.

La hoja de verificación utilizada dio como resultado que los principios más debilitados y de mejor conocimiento son:

- Higiene del personal
- Uso de plaguicidas
- Condiciones de los empleados
- Uso del agua
- Proceso de cosecha

Respecto al anterior resultado se prosiguió a armar una matriz FODA para evidenciar y respaldar el diagnóstico realizado.

Tabla LIV. **Matriz Foda**

| **Fortalezas** | **Oportunidades** |
|---|---|
| 1. La empresa cuenta con el personal y recursos para implementar un plan de capacitación para el personal de la finca de palmito.<br><br>2. La experiencia en el tema de inocuidad y calidad en la planta de procesamiento, se puede replicar y adecuar en la finca. | 1. Fortalecer los conocimientos del personal que labora en la finca.<br><br>2. Mejorar la calidad de las palmas cosechadas.<br><br>3. Implementar un plan de capacitación que esté en constante cambio, según las necesidades del mercado. |
| **Debilidades** | **Amenazas** |
| 1. La resistencia del personal a manejar adecuadamente los pesticidas.<br><br>2. El consumo de agua de dudosa calidad.<br><br>3. Resistencia a trabajar correctamente al momento de la cosecha. | 1. Que al momento de una auditoría externa a la finca, evidencian el desconocimiento de temas puntuales de las buenas prácticas agrícolas.<br><br>2. Que las normativas internacionales cambien y se vuelvan exigentes. |

Fuente: elaboración propia.

La necesidad de capacitación es evidente ante un panorama externo e interno en la empresa, por lo que se prosiguió a armar un plan anual de capacitaciones.

## 4.2. Responsable o encargado

La responsabilidad de las capacitaciones que se encuentran en el informe será de la gerencia de Alimentos Montesol, S.A. juntamente con el encargado de la finca, quienes deben coordinar las capacitaciones y el cumplimento de estas.

Entre las responsabilidades de la gerencia se encuentra que la gerencia de Alimentos Montesol S.A., tiene como responsabilidad realizar una visita anual a la finca, para levantar la auditoria de proveedores como parte del plan de certificación de la planta y línea de producción.

## 4.3. Plan anual de capacitación

Entre las capacitaciones más necesarias para el personal se encuentran las siguientes:

- Uso de pesticidas: esta capacitación tiene como objetivo cubrir los temas del uso correcto de los pesticidas en finca, el almacenamiento y correcta identificación de cada uno, según el grado de toxicidad del producto, dentro del uso correcto de los productos es importante el uso del equipo de protección para los operarios, y así evitar intoxicaciones, en caso de intoxicaciones debe buscar asistencia médica.

- Salud e higiene del personal: el personal debe cuidar su salud e higiene personal por medio de prácticas sencillas, como el correcto lavado de manos, el uso de sanitarios o letrinas y el baño personal diario, para evitar contaminación con algún pesticida en los alimentos y en sus hogares.

- Enfermedades transmitidas por los alimentos: el manejo inadecuado de alimentos, puede ocasionar enfermedades a las personas, puede enfermar al personal, así como concientizar a las personas de la importancia de inocuidad de los alimentos, para evitar que el palmito sea contaminado por cualquier bacteria (física, biológica, química).

- Presencia de animales domésticos: la presencia de animales domésticos o de producción debe estar restringidas a lugares donde no se encuentre producción, como el casco central o caminos, ya que pueden contaminar las plantaciones con sus excretas.

- Utilización de agua para riego y consumo humano: el agua de consumo humano debe ser potable, por lo que en la finca debe haber disponibilidad de agua para los trabajadores, debe cumplir con los mínimos requerimientos de la legislación del país y para la utilización de pesticidas se debe tener agua libre o bajo recuento de E. Coli y coliformes totales.

- Buenas prácticas de cosecha y transporte: los alimentos cosechados no deben de tocar el suelo, y no ser transportados bajo condiciones no aptas, las buenas prácticas que tiene el personal que labora en la finca, cumplen con este fin, sin embargo, se considera importante concientizar a los empleados a ser mejores cada día.

Tabla LV. **Cuadro descriptivo del plan de capacitación**

| Fecha | Tema/Capacitación | Encargado | Duración | Temas |
|---|---|---|---|---|
| **mes 1** | Uso de pesticidas y recomendaciones generales. | Gerencia de Montesol, S. A./ Encargado de la finca | 3 horas | • Definición de pesticidas.<br>• Grado de toxicidad.<br>• Medidas de seguridad a la hora de la aplicación (Equipo de protección).<br>• Correcto almacenamiento.<br>• Tiple lavado.<br>• Condiciones ambientales correctas para la aplicación.<br>• Síntomas y signos de intoxicación por pesticidas.<br>• ¿Qué hacer en caso de intoxicación?<br>• Recomendaciones generales a la finca (resultado de la auditoría). |
| **mes 2** | Salud e higiene del personal. | Encargado de la finca/ gerencia de Montesol, S.A. | 2 horas | • Definición de salud e higiene.<br>• Prácticas de higiene personal.<br>• Importancia del correcto lavado de manos y baño diario.<br>• Uso de letrinas o sanitarios. |
| **Fecha** | **Capacitación** | **Encargado** | **Duración** | **Temas** |
| **mes 3** | Enfermedades transmitidas por los alimentos –ETA´S) | Encargado de la finca/ Gerencia de Montesol | 1.5 horas | • Definición de las enfermedades transmitidas por los alimentos.<br>• Tipos de contaminación de alimentos.<br>• Fuentes de contaminación.<br>• Como evitar las ETA´S. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **mes 4** | Presencia de animales en los predios de producción. | Encargado de la finca/ gerencia de Montesol S. A. | 1,5 horas | • Definición de animal de producción y doméstico o de compañía.<br>• Principales razones para la delimitación de animales en los predios de producción.<br>• Delimitación de las áreas donde puedan estar animales domésticos.<br>• Importancia de evitar la contaminación por excretas de animales domésticos. |
| **mes 5** | Utilización de agua para riego y cosechas | Encargado de la finca/ gerencia de Montesol | 1.5 horas | • Definición de agua potable o para consumo humano.<br>• Importancia de la hidratación del personal.<br>• Diferencia entre agua potable y agua aparentemente limpia. |
| **Fecha** | **Capacitación** | **Encargado** | **Duración** | **Temas** |
| **mes 6** | Buenas prácticas de cosecha y transporte de la cosecha. | Encargado de la finca/ gerencia de Montesol S. A. | 2 horas | • Definición de cosecha.<br>• Características que deben de tener las palmas para ser cosechadas.<br>• Procedimiento para la cosecha.<br>• Equipo de protección para la cosecha.<br>• Puntos clave para evitar la contaminación de la cosecha.<br>• Condiciones del transporte para mantener la inocuidad del alimento. |
| Total de horas capacitadas. | | | | 11,5 |

Fuente: elaboración propia.

## 4.4. Resultados de la capacitación

Al personal de campo se le impartió la capacitación sobre uso de pesticidas y se reforzaron las prácticas higiénicas que deben realizar antes y después de la cosecha, la actividad se realizó en la finca de palmito ubicada en las afueras de Cobán, Alta Verapaz. Se capacitó a un total de 25 empleados.

En la capacitación realizada en la finca se brindaron demostraciones prácticas del color y significado de las etiquetas de los pesticidas y el triple lavado de los recipientes de almacenamiento de los productos químicos.

Se capacitó al personal sobre la importancia del lavado de manos y se motivó a que todos los participantes demostraran su conocimiento de forma práctica y se sometieran a una evaluación.

En cuanto a la salud de los empleados se les hace la recomendación e indicación de la importancia del baño personal diario de las personas que estén en contacto con pesticidas, el uso de los sanitarios y letrinas de la finca y los buenos hábitos de salud básica para el bienestar de las personas.

En la empresa de enlatados se realizó una inducción sobre enfermedades de transmisión sexual, con el apoyo del personal del centro de salud del municipio de Villa Nueva, con énfasis en la importancia de la buena salud de las personas que estén en contacto con la elaboración de alimentos.

Se realizaron capacitaciones para los visitantes de la empresa, llamadas también capacitación cero, sobre las normas de ingreso a la empresa, que son las buenas prácticas de manufactura y concientización a los visitantes sobre la importancia del cumplimiento de las reglas establecidas.

# CONCLUSIONES

1. La cantidad de desechos sólidos generados por la línea de producción de palmito en salmuera, para el 2014 fue de 781,78 toneladas en peso húmedo. Se asume que la producción se mantendrá constante para efectos de cálculos.

2. EL proceso de acondicionamiento de los sustratos fue de 32 días para la propuesta 1 y 30 para las propuestas 2 y 3, en este periodo se producen cambios en las condiciones del sustrato en temperatura y pH, al estabilizarse y las lombrices son sembradas. El proceso de compostaje para la propuesta 1 fue de 5 meses y 3 para las propuestas 2 y 3.

3. La infraestructura para el complejo de compostaje será de grado tres. La obra civil estará construida de madera y techo de plástico; tendrá tres naves de 10 metros de ancho por 22 metros de largo, para hacer un total de superficie utilizada de 30 metros de ancho por 22 de largo. En cada nave habrán 10 cunas de compostaje.

4. Para la producción de lombricompost a partir de sustrato de los desechos de palmito en salmuera, es necesario contar con la obra civil que consiste en un área techada y cunas de compostaje para las lombrices, una picadora de forrajes, palas, carretas, bieldos, y tamices para la separación de las partículas.

5. La necesidad de producir alimentos inocuos está latente en la empresa por lo que las principales debilidades de capacitación detectadas en la finca fueron: higiene del personal, uso de pesticidas, condiciones de los empleados y uso correcto del agua para consumo, y también para las actividades agrícolas. Además de seguir fortaleciendo el proceso de cosecha de palmito.

6. La utilización óptima de los recursos naturales como el agua es vital para una empresa que sea sostenible y sustentable con el medio ambiente. El área de captación de agua pluvial de la empresa es de 3 311 metros cuadrados y pueden captar 3 796,03 metros cúbicos anuales. El sistema de sanitarios utiliza 580,56 metros cúbicos de agua la que puede ser cubierta sin ningún problema con la lluvia captada.

# RECOMENDACIONES

1. Cuantificar los otros desechos orgánicos generados en la empresa como la cantidad de papel, cartón y los desechos de las otras líneas de producción para utilizarlos en las composteras para aumentar la producción de abono orgánico y disminuir la producción de desechos al ambiente.

2. El proceso de acondicionamiento de los sustratos es de 30 días, en este periodo se producen cambios en las condiciones de temperatura y pH, al estabilizarse y las lombrices son sembradas. El proceso de compostaje dura 120 días, para hacer un total de 150 días.

3. Evaluar a nivel de finca el abono orgánico producido en planta y así replicar el proceso en la finca para aprovechar los desechos que se generan a la hora de realizar la cosecha.

4. La prueba piloto que consistió en una mezcla en proporciones iguales de palmito y gallinaza, no fue apto para las lombrices y están muriendo, se recomienda a la gerencia que replique las pruebas con proporciones más pequeñas de gallinaza, ya que no se debe pasar por alto que la gallinaza es el mejor abono orgánico por excelencia según la literatura.

5. La infraestructura por ser de grado tres, debe ser sometida a mantenimiento regular y con el tiempo a cambio total, se recomienda mejorar las instalaciones cuando el proyecto lo amerite y genere el suficiente capital para hacer dichos cambios.

6. Someter a una evaluación constante el programa de capacitaciones para finca y concientizar tanto a trabajadores sobre la importancia de la producción de alimentos inocuos, para no descuidar los puntos que actualmente están bien atendidos.

7. Considerar otro uso para el agua pluvial que se puede captar además de abastecer el sistema sanitario de la planta de producción, debido a que es evidente que la capacidad de captación es mayor a utilizada anualmente.

# BIBLIOGRAFÍA


1. ANACAFÉ. *Guía Técnica de Caficultura.* Guatemala s.n., 2006. 85 p.

2. CEDICAFÉ. *Abonos orgánicos en la caficultura: propiedades, preparación, manejo y usos, guía técnica.* Guatemala : 2009. 49 p.

3. CASTILLO, Armando. *Caracterización química y física de lombricompuesto elaborado a partir de residuos orgánicos puros y combinado.* Universidad Nacional del Nordeste., Argentina. 1999. 25 p.

4. CRUZ S, J R. *Clasificación de zonas de vida en Guatemala, basado en el sistema Holdridge.* Guatemala: Instituto Nacional Forestal, 1976. 85 p.

5. JARA, Oswaldo. *Para sistematizar experiencias ALFORJA.* San José, Costa Rica: Morata, 1990. 110 p.

6. MARTINEZ, Fabio. *La lombricultura una alternativa de producción de humus utilizando los deshechos*. [en línea] htpp//www.eidenar.univall.edu.co/martinez.html. [Consulta: 5 de marzo de 2015.]

7. PÉREZ ESTRADA, Carlos Alberto. *Desarrollado en los temas de lombricultura y agroecoturismo, realizado en finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla.* Guatemala. Trabajo de graduación de Ing.

Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 2007. 69 p.

8. SCHULDT, Miguel.Lombricultura en Argentina y algunas proyecciones para América Latina. [En línea]. htpp//www.engormix.com.lombricultura. 116 htm. Argentina., 2001. 89 p. [Consulta: 8 de 12 de 2014.]

9. SIMMONS, Carlos, TÁRANO, Jose Manuel y PINTO, Jose Humberto. *Clasificación de reconocimiento de suelos de Guatemala.* Guatemala: José de Pineda Ibarra, 1959. 1 000 p.

# APÉNDICES

Apéndice 1. **Acumulación de cáscara de palmito en las afueras de las empresa**

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Recepción de palmas para la producción de palmito en salmuera**

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Cuarto de cachazas**

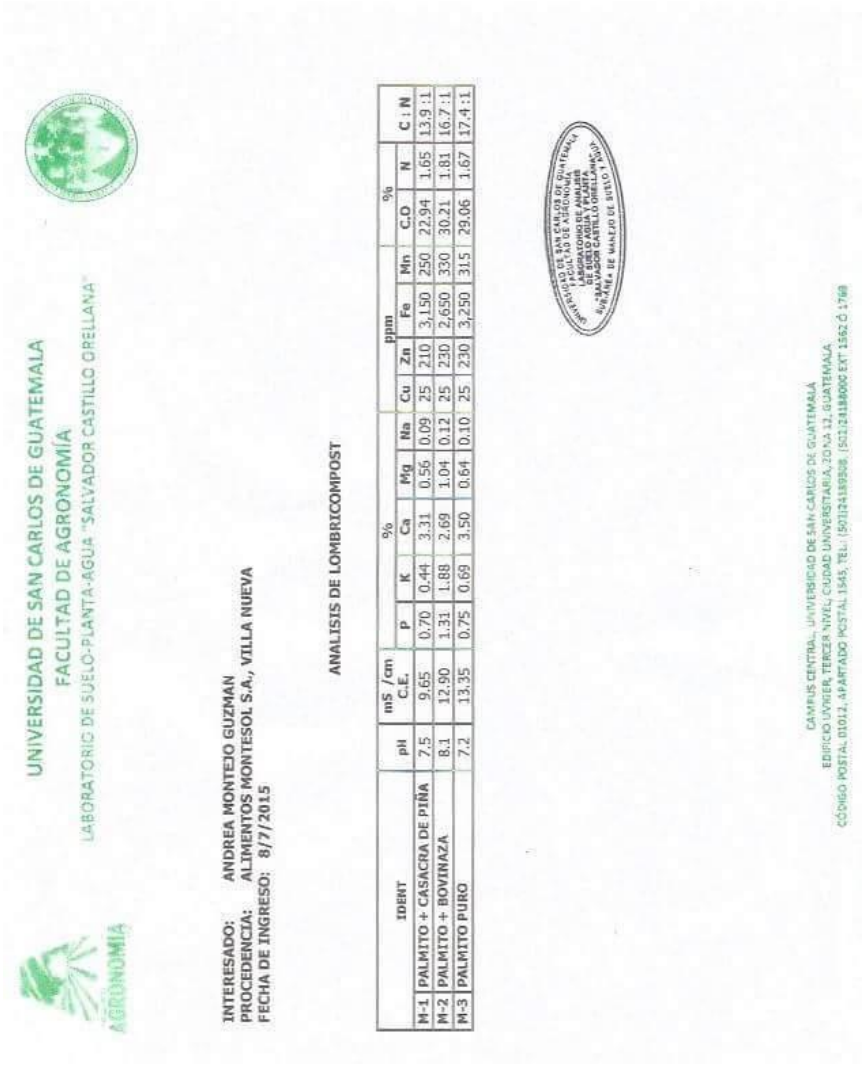
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Traslado de la corteza de palmito a las afueras de la empresa**

Fuente: elaboración propia.

# ANEXOS

Anexos 1. **Resultados de laboratorio del compostaje obtenido**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"

INTERESADO: ANDREA MONTEJO GUZMAN
PROCEDENCIA: ALIMENTOS MONTESOL S.A., VILLA NUEVA
FECHA DE INGRESO: 8/7/2015

ANALISIS DE LOMBRICOMPOST

| | IDENT | pH | mS /cm C.E. | % | | | | | ppm | | | | % | | C : N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | P | K | Ca | Mg | Na | Cu | Zn | Fe | Mn | C.O | N | |
| M-1 | PALMITO + CASACRA DE PIÑA | 7.5 | 9.65 | 0.70 | 0.44 | 3.31 | 0.56 | 0.09 | 25 | 210 | 3,150 | 250 | 22.94 | 1.65 | 13.9 :1 |
| M-2 | PALMITO + BOVINAZA | 8.1 | 12.90 | 1.31 | 1.88 | 2.69 | 1.04 | 0.12 | 25 | 230 | 2,690 | 330 | 30.21 | 1.81 | 16.7 :1 |
| M-3 | PALMITO PURO | 7.2 | 13.35 | 0.75 | 0.69 | 3.50 | 0.64 | 0.10 | 25 | 230 | 3,250 | 315 | 29.06 | 1.67 | 17.4 :1 |

CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
EDIFICIO USAC, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
CÓDIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL.: (502) 24189808 | (502) 24188000 EXT. 1562 Ó 1768

Fuente: elaboración propia.