



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

**DISEÑO DE UN EQUIPO DE SECADO COMO MEJORA EN EL PROCESO DE
INDUSTRIALIZACIÓN DE LA PLANTA PRODUCTORA DE MORINGA OLEÍFERA ARVID**

Diego Joaquín Morataya Mérida

Asesorado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León

Guatemala, febrero de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN EQUIPO DE SECADO COMO MEJORA EN EL PROCESO DE
INDUSTRIALIZACIÓN DE LA PLANTA PRODUCTORA DE MORINGA OLEÍFERA ARVID**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

DIEGO JOAQUÍN MORATAYA MÉRIDA

ASESORADO POR LA INGA. SIGRID ALITZA CALDERON DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2018

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 Gracia |
| VOCAL II | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez |
| VOCAL V | Br. Carlos Enrique Gómez Donis |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

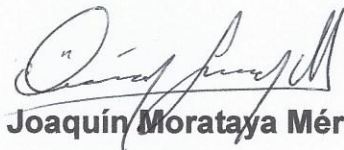
| | |
|-------------|--------------------------------------|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| EXAMINADORA | Inga. Sigrid Alitza Calderon de León |
| EXAMINADOR | Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel |
| EXAMINADOR | Ing. José Francisco Gómez Rivera |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí 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:

DISEÑO DE UN EQUIPO DE SECADO COMO MEJORA EN EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA PLANTA PRODUCTORA DE MORINGA OLEÍFERA ARVID

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 29 de julio de 2015.



Diego Joaquín Morataya Mérida



Guatemala, 09 de noviembre de 2017.
REF.EPS.DOC.781.11.17.

Ingeniera
Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Classon de Pinto:

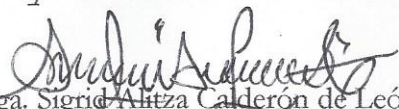
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Diego Joaquín Morataya Mérida, Registro Académico No. 201020501** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN EQUIPO DE SECADO, COMO MEJORA EN EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA PLANTA PRODUCTORA DE MORINGA OLEÍFERA ARVID.**

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. Sigrid Alitza Calderón de León
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SACDL/ra



Guatemala, 09 de noviembre de 2017.
REF.EPS.D.470.11.17

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director a. i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

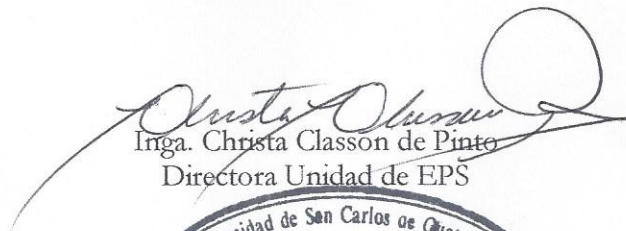
Estimado Ing. Gómez:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UN EQUIPO DE SECADO, COMO MEJORA EN EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA PLANTA PRODUCTORA DE MORINGA OLEÍFERA ARVID**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Diego Joaquín Morataya Mérida** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

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 de 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

CCdP/ra





Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN EQUIPO DE SECADO, COMO MEJORA EN EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA PLANTA PRODUCTORA DE MORINGA OLEÍFERA ARVID**, presentado por el estudiante universitario **Diego Joaquin Morataya Mérida**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2017.

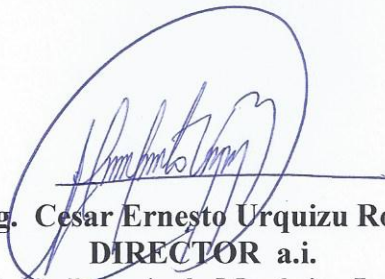
/mgp



REF.DIR.EMI.017.018

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 **DISEÑO DE UN EQUIPO DE SECADO COMO MEJORA EN EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA PLANTA PRODUCTORA DE MORINGA OLEÍFERA ARVID**, presentado por el estudiante universitario **Diego Joaquín Morataya Mérida**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2018.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

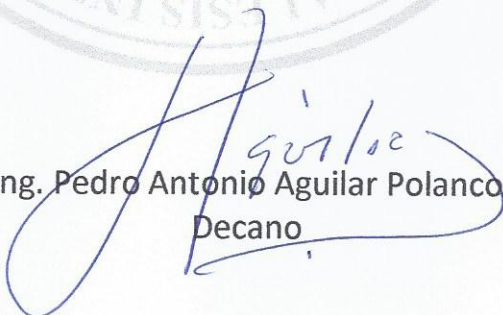


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 047.2018

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: **DISEÑO DE UN EQUIPO DE SECADO COMO MEJORA EN EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA PLANTA PRODUCTORA DE MORINGA OLEÍFERA ARVID**, presentado por el estudiante universitario: **Diego Joaquín Morataya Mérida**, 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, febrero de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por haberme permitido llegar a esta etapa de mi vida y darme la oportunidad de cumplir mi sueño.

Mi familia

Por su amor y apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|-------------------------------|---|
| Mis padres | Mario Morataya y Marta Mérida. Por haberme apoyado, por su amor, sus consejos y su comprensión en todo momento. |
| Mis hermanas | Esmeralda, Karol, Darline, Kennia Morataya y Lourdes Buenafé, por brindarme su ayuda y comprensión incondicionalmente. |
| Facultad de Ingeniería | Por haberme dado la oportunidad de tener una educación de excelencia. |
| Mis amigos | Por el apoyo mutuo en nuestra formación profesional, por su amistad y estar siempre conmigo en buenos y malos momentos. |
| Inga. Sigrid Calderón | Por su tiempo, paciencia y orientación durante el proceso de EPS. |

| | | |
|----------|---|----|
| 1.3.2.5. | Función de los Trabajadores de Arvid | 10 |
| 2. | DISEÑO DE UN EQUIPO DE SECADO, COMO MEJORA EN EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA PLANTA PRODUCTORA DE MORINGA OLEÍFERA ARVID | 11 |
| 2.1. | Diagnóstico de la situación actual | 11 |
| 2.1.1. | Análisis FODA | 11 |
| 2.1.1.1. | Estrategias para la situación actual de Arvid | 15 |
| 2.1.1.2. | Matriz FODA..... | 18 |
| 2.1.2. | Descripción de los procesos actuales de fabricación | 20 |
| 2.1.2.1. | Corte de hojas | 21 |
| 2.1.2.2. | Secado de hojas..... | 22 |
| 2.1.2.3. | Pulverizado..... | 23 |
| 2.1.2.4. | Diagrama de flujo de operaciones de proceso..... | 23 |
| 2.1.3. | Descripción de la maquinaria actual de fabricación | 25 |
| 2.1.3.1. | Bomba de agua para riego | 25 |
| 2.1.3.2. | Pulverizadora | 26 |
| 2.1.4. | Análisis del proceso actual de fabricación..... | 26 |
| 2.1.4.1. | Restricciones del sistema de producción de Arvid..... | 30 |
| 2.1.4.2. | Explotar las restricciones del sistema de Arvid | 31 |
| 2.1.4.3. | Subordinar todo a la restricción identificada | 32 |

| | | | |
|------|----------|---|----|
| | 2.1.4.4. | Elevar las restricciones del sistema..... | 32 |
| | 2.1.4.5. | Reiniciar el ciclo para otra restricción .. | 33 |
| 2.2. | | Resultado de la supervisión realizada del proceso de fabricación de harina | 33 |
| | 2.2.1. | Selección de trabajo a mejorar | 36 |
| | 2.2.2. | Registrar los detalles del trabajo..... | 37 |
| | 2.2.3. | Analizar los detalles del trabajo | 37 |
| | 2.2.3.1. | Secado de hierbas..... | 37 |
| | | 2.2.3.1.1. Secado natural pasivo .. | 38 |
| | | 2.2.3.1.2. Secado natural activo ... | 39 |
| | | 2.2.3.1.3. Secado mecánico | 39 |
| | 2.2.3.2. | Análisis del horno actual de secado | 40 |
| | | 2.2.3.2.1. Deficiencias observadas en el proceso actual de secado | 44 |
| 2.3. | | Diseño de un equipo nuevo de secado como nuevo método para hacer el trabajo..... | 47 |
| | 2.3.1. | Generalidades de los equipos de secado..... | 47 |
| | | 2.3.1.1. Secadero de dos plantas | 48 |
| | | 2.3.1.2. Secadero de cabina, bandejas o compartimientos | 49 |
| | | 2.3.1.3. Secadero de túnel continuo | 50 |
| | 2.3.2. | Descripción del nuevo equipo de secado | 51 |
| | | 2.3.2.1. Planos de diseño del nuevo equipo de secado | 52 |
| | | 2.3.2.1.1. Elementos primarios..... | 54 |
| | | 2.3.2.1.2. Equipos secundarios | 58 |

| | | |
|------------|---|----|
| 2.3.3. | Descripción del funcionamiento del nuevo equipo de secado..... | 59 |
| 2.3.4. | Materiales para la fabricación | 60 |
| 2.3.5. | Análisis económico..... | 61 |
| 2.3.5.1. | Materiales..... | 62 |
| 2.3.5.2. | Mano de obra | 62 |
| 2.3.5.3. | Costos indirectos variables..... | 63 |
| 2.3.5.4. | Hoja técnica..... | 63 |
| 2.4. | Instalación del nuevo equipo de secado al proceso de producción..... | 64 |
| 2.4.1. | Adiestrar a los operadores en el nuevo método de trabajo | 64 |
| 2.4.2. | Aplicar nuevo método de trabajo..... | 65 |
| 2.4.3. | Análisis de las mejoras esperadas en el proceso con el nuevo equipo | 66 |
| 2.4.4. | Comparación del proceso de secado con el nuevo equipo de secado vs el proceso del equipo actual | 68 |
| 3. | PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO.... | 71 |
| 3.1. | Situación actual..... | 71 |
| 3.1.1. | Diagnóstico de la situación actual | 72 |
| 3.1.1.1. | Árbol de problemas | 72 |
| 3.1.1.2. | Recurso hídrico en Arvid | 73 |
| 3.1.1.2.1. | Nivel estático..... | 74 |
| 3.1.1.2.2. | Nivel dinámico o de bombeo | 74 |
| 3.1.1.2.3. | Abatimiento | 75 |
| 3.1.1.2.4. | Gasto o caudal | 75 |

| | | | |
|--------|------------|--|------------------------------------|
| | 3.1.1.2.5. | Nivel de recuperación... | 76 |
| | 3.1.1.2.6. | Recuperación | 76 |
| 3.1.2. | | Cultivos de moringa oleífera | 77 |
| | 3.1.2.1. | Características de la planta | 77 |
| | | 3.1.2.1.1. | Raíz |
| | | 3.1.2.1.2. | Árbol |
| | | 3.1.2.1.3. | Hojas de moringa |
| | | 3.1.2.1.4. | Flor |
| | | 3.1.2.1.5. | Fruto |
| | 3.1.2.2. | Producción de hoja de moringa oleífera..... | 81 |
| | | 3.1.2.2.1. | Riego en moringa oleífera |
| | | | 82 |
| 3.2. | | Sistemas de riego | 82 |
| | 3.2.1. | Objetivos del riego | 83 |
| | 3.2.2. | Tipos de riego | 83 |
| | | 3.2.2.1. | Riego por gravedad |
| | | 3.2.2.2. | Riego por aspersión..... |
| | | 3.2.2.3. | Riego localizado |
| | 3.2.3. | Comparación de los sistemas de riego | 86 |
| 3.3. | | Propuesta de mejora | 87 |
| | 3.3.1. | Justificación | 88 |
| | 3.3.2. | Delimitación de la propuesta..... | 89 |
| | 3.3.3. | Alcances | 89 |
| | 3.3.4. | Partes del sistema de riego | 90 |
| | | 3.3.4.1. | Fuente de agua..... |
| | | 3.3.4.2. | Equipo de bombeo..... |
| | | 3.3.4.3. | Cabezal de riego..... |
| | | 3.3.4.4. | Equipo de filtrado..... |
| | | | 91 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 3.3.4.5. | Red de distribución..... | 91 |
| 3.3.4.5.1. | Tubería de conducción | 91 |
| 3.3.4.6. | Emisores | 92 |
| 3.3.5. | Datos calculados para la nueva propuesta..... | 92 |
| 3.3.5.1. | Fuente de agua de la propuesta..... | 92 |
| 3.3.5.2. | Equipo de bombeo de la propuesta..... | 92 |
| 3.3.5.3. | Red de distribución de la propuesta | 93 |
| 3.3.5.4. | Distancia entre líneas emisoras | 93 |
| 3.3.5.5. | Distancia entre emisores | 94 |
| 3.3.5.6. | Número de líneas emisoras por sector..... | 94 |
| 3.3.5.7. | Cantidad de emisores por línea emisora..... | 94 |
| 3.3.5.8. | Cantidad total de emisores..... | 95 |
| 3.3.5.9. | Intervalo de riego..... | 96 |
| 3.3.5.10. | Horas disponibles para riego | 96 |
| 3.3.6. | Materiales necesarios para la nueva propuesta | 97 |
| 3.3.6.1. | Materiales necesarios para el cabezal de riego y tubería de distribución | 97 |
| 3.3.6.2. | Materiales necesarios para las líneas emisoras de riego y los emisores | 97 |
| 3.3.7. | Costo de materiales necesarios para el sistema de riego propuesto | 98 |
| 3.3.8. | Implementación del sistema de riego propuesto | 99 |
| 3.3.8.1. | Instalar cabezal de riego | 99 |
| 3.3.8.2. | Instalar la línea secundaria y las líneas emisoras de riego | 100 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 4. | FASE DE DOCENCIA: PLAN DE CAPACITACIÓN | 103 |
| 4.1. | Definición..... | 103 |
| 4.2. | Plan de capacitación | 104 |
| 4.2.1. | Justificación | 104 |
| 4.2.2. | Alcance | 104 |
| 4.2.3. | Objetivos..... | 105 |
| 4.2.4. | Capacitaciones | 105 |
| 4.2.5. | Programación | 105 |
| 4.3. | Capacitaciones realizadas en Arvid..... | 106 |
| 4.3.1. | Capacitación 1: secado de hierbas y equipos de secado | 106 |
| 4.3.2. | Capacitación 2: evaluación del proceso actual de secado | 109 |
| 4.3.3. | Capacitación 3: uso del nuevo equipo de secado. | 114 |
| | CONCLUSIONES | 121 |
| | RECOMENDACIONES..... | 123 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 125 |
| | APÉNDICES | 127 |
| | ANEXOS..... | 131 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Ubicación de Balabala S.C..... | 2 |
| 2. | Organigrama de Balabala S.C | 4 |
| 3. | Ubicación de Arvid | 7 |
| 4. | Organigrama Alianza Balabala S.C-Arvid | 8 |
| 5. | Diagrama del proceso de fabricación de harina de moringa | 21 |
| 6. | Diagrama de flujo de operaciones..... | 24 |
| 7. | Bomba de agua para riego..... | 25 |
| 8. | Pulverizadora | 26 |
| 9. | Capacidad de operación de las estaciones de trabajo | 31 |
| 10. | Tubería del horno actual de secado | 41 |
| 11. | Medidas del horno..... | 42 |
| 12. | Estanterías del horno | 43 |
| 13. | Bandeja de secado..... | 43 |
| 14. | Secadero de dos plantas..... | 49 |
| 15. | Secadero de cabina, bandejas o compartimientos..... | 50 |
| 16. | Secadero de túnel continuo..... | 51 |
| 17. | Secador de tornillo transportador | 52 |
| 18. | Elementos que forman el equipo de secado | 53 |
| 19. | Medidas de unidad de secado | 55 |
| 20. | Unidad de secado fabricada..... | 55 |
| 21. | Cilindro transportador..... | 56 |
| 22. | Base de cilindro transportador | 57 |
| 23. | Cilindro elaborado | 57 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 24. | Motor eléctrico | 58 |
| 25. | Caja reductora | 59 |
| 26. | Diagrama del recorrido de la hoja en el nuevo equipo de secado | 60 |
| 27. | Diagrama de flujo de operaciones método mejorado..... | 67 |
| 28. | Capacidad de operación de las estaciones de trabajo del método mejorado..... | 70 |
| 29. | Riego actual en Arvid..... | 71 |
| 30. | Árbol de problemas..... | 73 |
| 31. | Árbol de moringa oleífera..... | 78 |
| 32. | Hojas de moringa oleífera..... | 79 |
| 33. | Flor de moringa oleífera..... | 80 |
| 34. | Fruto del árbol de moringa oleífera | 80 |
| 35. | Semillas de moringa oleífera | 81 |
| 36. | Árbol de objetivos | 88 |
| 37. | Bosquejo del sistema de riego propuesto | 93 |
| 38. | Cabezal de riego propuesto..... | 100 |
| 39. | Sectores de riego..... | 101 |
| 40. | Diagrama de lluvia de ideas de la capacitación | 108 |
| 41. | Entrada a horno de secado..... | 110 |
| 42. | Recolector de aire..... | 111 |
| 43. | Tubería de recorrido de aire | 112 |
| 44. | Bandejas de secado de Arvid | 113 |
| 45. | Adiestramiento: recolectar hoja | 117 |
| 46. | Adiestramiento, pesar hoja | 117 |
| 47. | Adiestramiento: preparar el equipo de secado | 118 |
| 48. | Adiestramiento: colocar hoja..... | 119 |
| 49. | Adiestramiento: recibir hoja seca..... | 119 |
| 50. | Adiestramiento: pesar hoja seca..... | 120 |

TABLAS

| | | |
|-------|---|-----|
| I. | Matriz FODA de Arvid | 19 |
| II. | Tiempo específico para realizar el proceso de secado | 44 |
| III. | Descripción del método de trabajo actual | 45 |
| IV. | Materiales utilizados en la fabricación del equipo de secado..... | 61 |
| V. | Elementos del costo de producción, materiales | 62 |
| VI. | Elementos del costo de producción, mano de obra | 63 |
| VII. | Elemento del costo de producción, costos indirectos variables | 63 |
| VIII. | Comparación de los métodos` | 68 |
| IX. | Materiales utilizados para medir la cantidad de agua..... | 74 |
| X. | Resumen de datos calculados | 76 |
| XI. | Datos calculados..... | 96 |
| XII. | Costo de materiales de sistema de riego | 98 |
| XIII. | Programación de las capacitaciones..... | 106 |
| XIV. | Acciones a implementar | 114 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------|-------------------------|
| hp | Caballos de potencia |
| cm | Centímetros |
| °C | Grados centígrados |
| h | Horas |
| lb | Libras |
| lph | Litros por hora |
| m | Metro |
| min | Minutos |
| mm | Milímetros |
| ' | Pie |
| " | Pulgadas |
| Q | Quetzales |
| Rpm | Revoluciones por minuto |
| V | Voltios |

GLOSARIO

| | |
|---------------------------|---|
| Desecación | Procedimiento físico por el cual se reduce la proporción de agua del producto para evitar la proliferación bacteriana. |
| Equipo de secado | Conjunto de elementos armados de cierta forma que al ponerlo en marcha realice el proceso de extracción del agua del sólido o del cuerpo sometido al proceso. |
| Oleífera | Que contiene aceite. |
| <i>Outsourcing</i> | Subcontratación, externalización o tercerización. En el mundo empresarial se designa al proceso en el cual una organización contrata a otras empresas externas para que se hagan cargo de parte de su actividad o producción. |
| Restricción | Limitación que se produce en alguna cosa, especialmente, en el consumo de algo. |
| Riego | Aportar agua a los cultivos por medio del suelo para satisfacer las necesidades hídricas que no fueron cubiertos mediante la precipitación. |
| Rudimentaria | Que se limita a los rudimentos o aspectos más básicos y elementales. |

Salinización

Acumulación excesiva de sales, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y nitratos de sodio, potasio, calcio y magnesio en aguas y suelos, que provocan el deterioro de esos recursos naturales.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue desarrollado durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) en la empresa Arvid, empresa dedicada a la fabricación de productos de moringa oleífera situada en el municipio de Río Hondo, Zacapa, Guatemala.

Se detalla cómo se realizó el proyecto de diseñar un equipo de secado, como mejora en el proceso de industrialización de Arvid.

El primer capítulo describe cómo surge la necesidad de realizar este proyecto; se describe a Balabala S.C, la encargada de realizar el proyecto para Arvid; se describe la alianza entre ambas organizaciones y la situación actual.

En el segundo capítulo se detalla el servicio técnico profesional realizado durante el ejercicio del EPS: cómo y por qué se diseña un equipo de secado para Arvid; se describe el procedimiento y la metodología utilizada para realizarlo e implementarlo en el proceso actual.

El tercer capítulo plantea el proceso de enseñanza y aprendizaje de los proyectos de EPS; se describe una propuesta de un sistema de riego localizado cuyo objetivo es el uso eficiente del recurso hídrico en Arvid.

El trabajo se complementa con una fase de capacitación, en la cual se describen los temas que ayudaron a realizar el servicio técnico profesional brindado a Arvid. Se presenta en forma de reporte que detallan el trabajo realizado en estas capacitaciones.

OBJETIVOS

General

Diseñar e implementar, al proceso actual, un equipo de secado de hojas de moringa para mejorar el proceso de industrialización de la empresa Arvid.

Específicos

1. Evaluar el proceso de elaboración de harina de moringa e identificar los puntos críticos.
2. Aplicar el procedimiento respectivo del estudio de métodos de trabajo para simplificar el trabajo actual en el proceso de secado.
3. Implementar las acciones de mejora en el proceso de fabricación.
4. Realizar una propuesta de implementación de un sistema de riego para los cultivos de moringa como acción de mejora en el proceso de industrialización de la empresa Arvid.
5. Capacitar a los colaboradores del proyecto sobre el proceso de industrialización de Arvid y de las acciones.

INTRODUCCIÓN

En un inicio, la producción de la mayoría de las organizaciones era una producción artesanal; actualmente, aún es utilizada la denominación de producción artesanal para referirse a aquellos procesos donde no se ha hecho una gran incorporación de tecnología: máquinas, equipos o estudios que organicen la producción de forma industrial.

Cumplir con las demandas de producción es el día a día en cualquier organización, cubrir esta necesidad a lo largo del tiempo ha hecho que personas de ingenio se involucren en el estudio y la creación de nuevos métodos de producción para lograr grandes avances industriales y tecnológicos.

El proyecto que se detalla a continuación se realizó en la Alianza Balabala S.C-Arvid, Balabala S.C, la organización responsable de las acciones realizadas por el epesista; Arvid, la empresa que brindó la oportunidad de realizar este ejercicio profesional supervisado en sus instalaciones.

Arvid es una empresa con una producción artesanal; es una microempresa donde las acciones para mejorar los procesos y procedimientos de trabajo eran nulas; de aquí surge la necesidad de organizar su sistema productivo con medios y métodos industriales.

Diseñar e implementar al proceso actual un equipo de secado como mejora en el proceso de industrialización de Arvid, es el resultado de un diagnóstico y un estudio de métodos de trabajo que se aplicó durante el EPS; esta intervención se presenta en los capítulos que forman este trabajo de

graduación; se detallan la forma como se evaluó la situación actual y el procedimiento del estudio de métodos que fue aplicado al proceso; también, se describe la propuesta de un sistema de riego para los cultivos de moringa de Arvid y las capacitaciones brindadas durante este proyecto y la forma como se realizó la Alianza Balabala S.C-Arvid que permitió realizar y presentar este trabajo.

1. ASPECTOS GENERALES DE LA ORGANIZACIÓN

- Nombre: Balabala Sociedad Civil
- Institución: organización no gubernamental, oenegé
- Director general de la institución: Q.B Héctor Aristondo
- Teléfono: 2250-4877

1.1. Descripción

Balabala S.C es una organización concebida bajo la modalidad de sociedad civil, con el objetivo de ser un instrumento que permita orientar y consolidar proyectos planteados o de desarrollar nuevos proyectos que cumplan con los objetivos que se planteen.

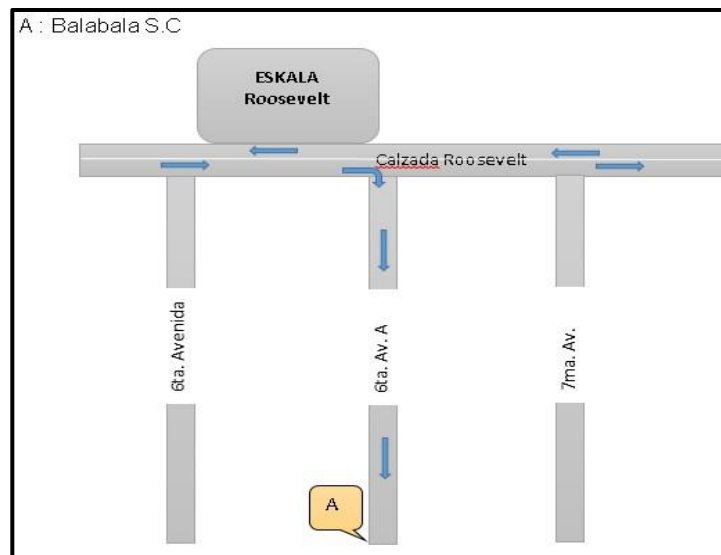
Es una organización pequeña, dirigida y fundada en el año 1995 por el señor Héctor Aristondo, quien siempre se ha interesado en constituir a Balabala como una organización no gubernamental (oenegé) de servicio intelectual y técnico para apoyar a cualquier tipo de organización. Dicho objetivo se propone alcanzarlo realizando y proponiendo servicios como: estudios para el desarrollo rural, formación empresarial y gerencial, formación de cuadros de dirigentes locales, capacitaciones técnicas para el desarrollo, entre otras.

Para llevar a cabo sus acciones, Balabala S.C realiza alianzas estratégicas con empresas que quieran realizar proyectos que agreguen un plus a sus productos, servicios o a la institución.

1.1.1. Ubicación de Balabala S.C

6ta. Avenida A, 1-74, zona 2 de Mixco, colonia El Tesoro; en la figura 1 se muestra el mapa de ubicación.

Figura 1. Ubicación de Balabala S.C



Fuente: elaboración propia.

1.1.2. Visión y misión de Balabala S.C

- Misión: “En el marco de las ONG Balabala S.C, se define como una entidad autónoma multidisciplinaria de pensamiento democrático, que aspira a contribuir en la creación de condiciones que propicien la democracia en el país, de forma que se puedan lograr avances progresivos en el acceso de los distintos sectores culturales y sociales en

la toma de decisiones propias que incidan en su bienestar y desarrollo en general”¹.

- Visión: “Facilitar las relaciones inter institucionales para que puedan ampliar el horizonte de proyectos que aseguren un efecto multiplicador”².

1.1.3. Estructura organizacional

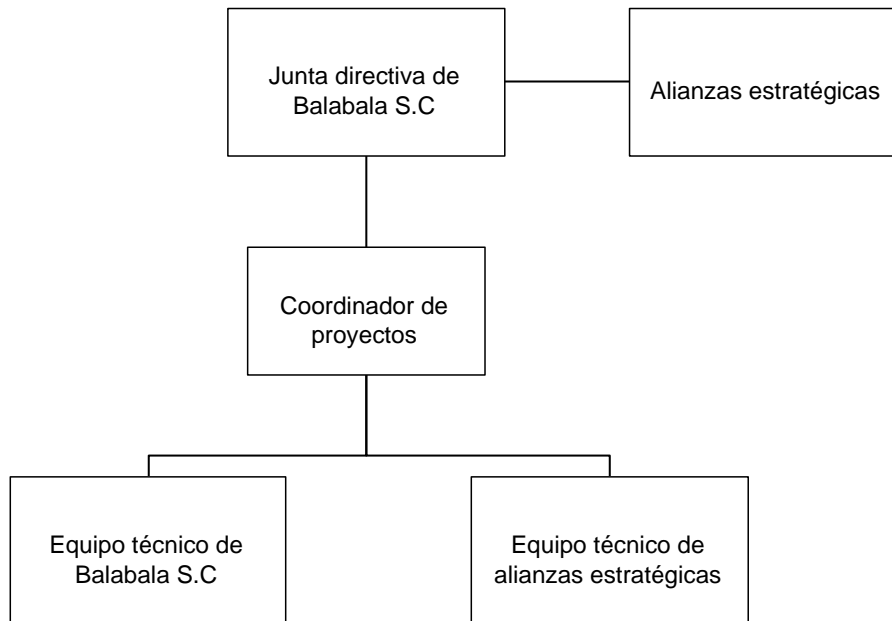
La estructura organizacional de Balabala S.C es lineal; es dirigida por la alta gerencia de Balabala S.C y la alta gerencia de las organizaciones aliadas para los proyectos. Por ser una organización pequeña, la estructura organizacional de Balabala S. C es simple y flexible, lo cual crea una relación cercana entre superiores y subordinados que facilita la toma de decisiones en la realización de los proyectos.

La estructura organizacional de Balabala S.C se muestra en la figura 2, en un organigrama tipo vertical.

¹ Balabala S.C. *Misión y visión*. www.balabalasc.org.uk/opens.php. Consulta: 29 de julio de 2017.

² *Ibíd.*

Figura 2. **Organigrama de Balabala S.C**



Fuente: elaboración propia.

1.1.4. Funciones

Las funciones de Balabala S.C son: promover y establecer relaciones con otras instituciones a nivel rural para brindar el apoyo necesario que mejor la capacidad de respuesta a las necesidades y demandas de los proyectos objetivo.

Balabala S.C ofrece asesoría a los proyectos y a la población objetivo, fundamentalmente en materia organizativa, económica, comercial, educativa y tecnológica.

Basa su política de acción bajo tres funciones principales:

- Facilitador: por la naturaleza y carácter institucional, Balabala S.C se compromete a facilitar, a través de la realización de acciones conjuntas, el logro de las metas y los objetivos propuestos en diferentes proyectos.
- Informador: generalmente, los proyectos que atiende Balabala S.C se ubican en áreas rurales y la información que llegan hasta esas comunidades es considerablemente inadecuada y deficiente; por lo tanto, dentro del quehacer de la organización, es de alta prioridad la necesidad de ser el medio informador que en forma periódica y sistematizada lleve a los proyectos, a la población y a los diferentes niveles de la organización en que se esté trabajando, toda la información requerida para la consolidación de los proyectos en ejecución correspondiente a sus fases y etapas de desarrollo.
- Multiplicador: la organización se encarga de promover por todos los medios posibles todas las acciones necesarias para desarrollar en las comunidades, empresas u otras organizaciones; la plataforma mínima de infraestructura física que permita en el menor tiempo posible convertirse en proyectos autosuficientes y multiplicadores.

1.2. Información general de Arvid

- Nombre: Arvid
- Tipo de empresa: microempresa
- Director general de la empresa: Sergio Garzaro
- Teléfono: 5737-1623

1.2.1. Descripción de Arvid

Es una empresa familiar con fines de lucro dedicada a comercializar productos derivados de la moringa oleífera como aceite, champú, crema facial y, principalmente, harina de moringa.

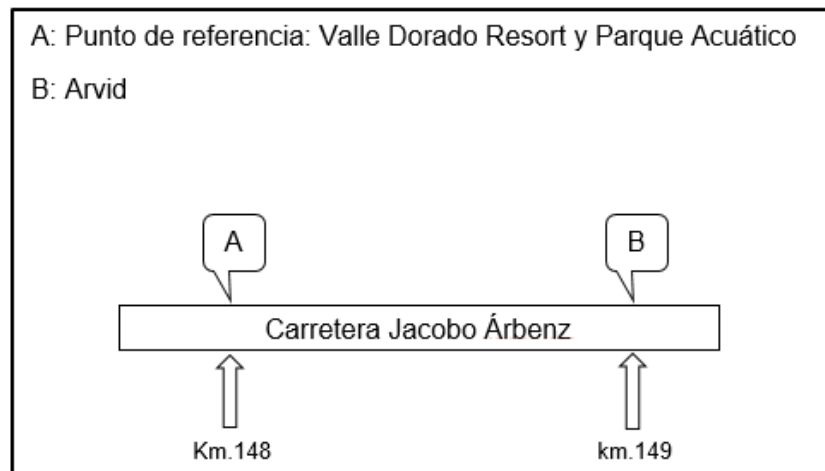
Inició sus actividades de cultivo y procesamiento de productos a base de moringa oleífera en 2012. Cuenta con una extensión territorial de 14000 m² y posee una estructura organizacional simple: el dueño funge como gerente general y representante. Sus instalaciones se ubican en la aldea El Rosario de Río Hondo, Zacapa; trabaja con pequeños comerciantes y distribuidores de la región

Arvid realiza los productos de aceite, champú y crema facial por *outsourcing* con laboratorios y empaquetadoras en Guatemala; en las instalaciones de la finca principal únicamente se realizan los procesos de cultivo y la fabricación de harina de moringa. Su producción no es automatizada y su organización es empírica por parte del propietario.

Los procesos para transformar las hojas del árbol en harina se realizan en su mayoría de forma manual ya que posee pocos equipos industriales para realizarlos. La finca principal tiene dos pozos de agua dentro de sus instalaciones y posee una capacidad de energía eléctrica de 110 v. Cuando se necesita una capacidad de 220 voltios, se utiliza una planta eléctrica que utiliza combustible para funcionar.

1.2.2. Ubicación

Figura 3. Ubicación de Arvid



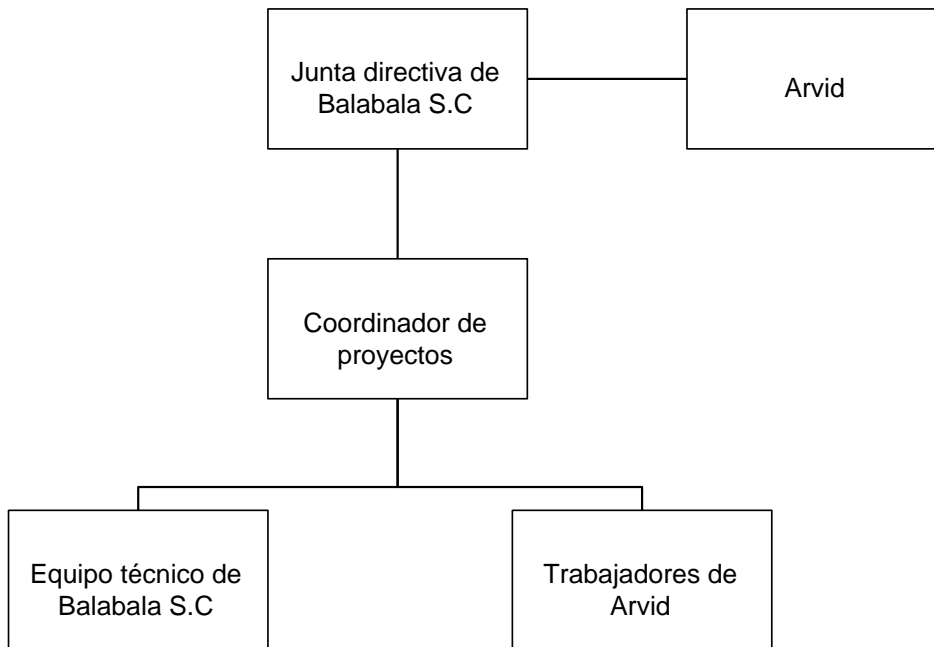
Fuente: elaboración propia.

1.3. Alianza Balabala S.C – Arvid

Se promueve y se establece una alianza entre Balabala S.C y Arvid que tiene el proyecto de industrializar y mejorar su producción actual con el objetivo de asentarse más en las industrias procesadoras de este producto. Para lograrlo, Balabala S.C ofrece una asesoría técnica a Arvid con el objetivo de mejorar su capacidad de respuesta ante las necesidades y demandas.

La Alianza Balabala S.C – Arvid, mantiene la estructura organizacional de Balabala S.C; queda estructurada como se muestra en la siguiente figura:

Figura 4. **Organigrama Alianza Balabala S.C-Arvid**



Fuente: elaboración propia.

1.3.1. Objetivos de la Alianza Balabala S.C – Arvid

Se realiza con el objetivo de que Balabala S.C sea la organización que proporcione las herramientas y el personal adecuado a Arvid para lograr su proyecto objetivo: la creación y adaptación al proceso, de acciones de mejora que optimicen los procesos actuales de producción de harina de moringa.

La intervención de personal capacitado por parte de Balabala S.C al proceso de Arvid brinda, principalmente, soluciones a problemas de administración de recursos, administración de personal, mejora en la producción, mejoras en equipos actuales y del proceso en general.

1.3.2. Funciones

Cada miembro involucrado en este proyecto trabaja para alcanzar los objetivos personales trazados y los objetivos del proyecto.

1.3.2.1. Funciones de Balabala S.C

- Organizar, aprobar y apoyar al equipo técnico asignado al proyecto.
- Ordenar, sistematizar y mantener actualizada la información de los proyectos entre la alianza.
- Facilitar la comunicación entre las organizaciones aliadas.

1.3.2.2. Función de Arvid

- Brindar recursos de apoyo, cooperación y monetarios necesarios para las acciones de mejora.

1.3.2.3. Funciones de coordinador de proyectos

- Responsable de las decisiones, acciones y resultados que se logren con el equipo técnico de Balabala y el equipo técnico de Arvid.
- Facilitar la comunicación entre los equipos técnico y junta directiva de Balabala S.C.

1.3.2.4. Funciones de equipo técnico de Balabala S.C

- Identificar problemas y proponer soluciones
- Coordinar y realizar acciones de mejora
- Diseñar un equipo de secado
- Proponer un sistema de riego
- Capacitación técnica de voluntarios

1.3.2.5. Función de los trabajadores de Arvid

- Brindar acciones de apoyo y cooperación necesarios para realizar las acciones de mejora propuestas por el equipo técnico de Balabala S.C.

2. DISEÑO DE UN EQUIPO DE SECADO, COMO MEJORA EN EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA PLANTA PRODUCTORA DE MORINGA OLEÍFERA ARVID

2.1. Diagnóstico de la situación actual

El proceso de industrialización de la empresa Arvid consiste en organizar la fabricación de harina de moringa oleífera a través de medios y métodos industriales. Parte de este proceso es la creación y adaptación al proceso actual de un equipo de secado que optimice su proceso de producción.

Para iniciar con este proyecto se realiza un diagnóstico, el cual proporciona las bases para los trabajos técnicos que se realizarán a lo largo del proyecto.

Las herramientas que se utilizaron para conocer la situación actual de la empresa Arvid fueron el análisis FODA, análisis de los procesos actuales de producción por medio de la teoría de restricciones y los datos obtenidos por observación, fotos, investigación y charlas con los trabajadores encargados de los procesos de fabricación de harina de moringa.

2.1.1. Análisis FODA

Con esta herramienta se analizará la situación actual de Arvid; con base en los datos que se obtengan se plantearán las estrategias de acción en la matriz FODA.

La información para el análisis FODA se recabó por observación directa del proceso de producción, fotos, investigación sobre la producción de moringa oleífera, entrevistas con la junta directiva de Balabala S.C y pláticas con los trabajadores de Arvid encargados de los procesos de fabricación de harina de moringa.

El personal inmerso en el proceso de elaboración del análisis FODA fue el equipo técnico de Balabala S.C, la junta directiva de Balabala S.C y los trabajadores de Arvid.

- Fortalezas
 - F1. Excelente visión empresarial por parte del dueño al invertir en la producción de productos a base de moringa oleífera, planta que por sus demostradas propiedades nutricionales se ha elevado su comercialización en años recientes.
 - F2. Posee grandes extensiones territoriales, ideales para el cultivo de moringa oleífera como materia prima principal.
 - F3. Instalaciones ubicadas estratégicamente en un clima óptimo para el desarrollo del cultivo de la moringa oleífera. Se ha demostrado en estudios agronómicos que es un árbol que crece mejor en zonas donde pueda recibir la luz del sol directa y esté en temperaturas entre 22 °C y 35 °C.
 - F4. Experiencias en el cultivo, personal con experiencia en el cultivo y procesamiento de plantas.

- Oportunidades
 - O1. Crece el mercado de productos de moringa oleífera. El consumo de moringa oleífera como producto de suplemento nutricional o bien medicinal, en los últimos años, ha tenido un crecimiento de comportamiento exponencial, debido a las propiedades que se ha demostrado tiene la planta y el interés de varias organizaciones de convertir a la moringa en un recurso primario que combata la desnutrición y las enfermedades humanas desarrolladas por la carencia de ciertas vitaminas en la alimentación.
 - O2. Fuente de empleo para pobladores locales.
 - O3. Diferentes organizaciones gubernamentales y no gubernamentales financian proyectos de innovación en moringa oleífera.
 - O4. Generación de diferentes tipos de investigaciones científicas.
- Debilidades
 - D1. La producción de la moringa hasta el momento no es estable. Existen pocos registros para determinar la producción de este cultivo.
 - D2. El conocimiento en cuanto al manejo del proceso de producción es limitado. No se cuenta con puestos y funciones definidos para realizar los procesos.

- D3. La poca automatización o industrialización de Arvid para procesar la harina de moringa hace que la producción sea lenta y escasa. La ausencia de equipos mecánicos, en el proceso productivo causa que la producción se realice por métodos de trabajo totalmente manuales.
- D4. Escasos recursos para la inversión. Se limita el acceso al financiamiento de acciones de mejora para la producción de moringa.
- D5. Mala utilización del recurso hídrico. No se utiliza con eficiencia el recurso hídrico disponible; el proceso de riego es manual o por medio de lluvia lo cual lleva a la pérdida de producto.
- Amenazas
 - A1. Monopolio del mercado; no existe un precio establecido para el producto final.
 - A2. Variaciones del clima; cambio climático afecta las plantaciones o al producto en proceso, ya sea por inundación o por sequía extrema.
 - A3. Problemas de plagas; la contaminación ambiental causa aumento de coliformes en el producto.

2.1.1.1. Estrategias para la situación actual de Arvid

Los cuatro conjuntos de estrategias que se analizarán son:

- Estrategia DA (mini-mini): en general, su objetivo, es minimizar las debilidades y las amenazas.
- Estrategia DO (mini-maxi): intenta minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades.
- Estrategia FA (maxi-mini): esta se basa en las fortalezas de la institución que pueden acabar con las amenazas del medio ambiente externo. Su objetivo es maximizar las fortalezas mientras se minimizan las amenazas.
- Estrategia FO (maxi-maxi): intenta maximizar sus fortalezas y sus oportunidades; es decir, utilizar las fortalezas de la institución para aprovechar de mejor forma sus oportunidades.

Las estrategias anteriores se priorizaron de acuerdo a los recursos y alcances de este proyecto; con estas se crearon las bases con las cuales se llevaron a cabo los trabajos técnicos que se realizaron en Arvid.

Como acciones principales se establecieron las de la estrategia DO (mini-maxi) y las de la estrategia DA (mini-mini), por ser las acciones más viables de realizar en un corto plazo o durante el tiempo de duración del EPS.

Las acciones de las estrategias FO (maxi-maxi) y FA (maxi-mini) fueron consideradas en un segundo plano, por ser acciones a realizar en proyectos futuros.

El orden como se priorizaron las estrategias planteadas es el siguiente:

- Estrategia DO (mini-maxi): la estrategia debilidades-oportunidades intenta minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades.
 - Invertir en un proyecto de industrialización para procesar la harina de moringa. (D1, D3, O2, O3)
 - Diseñar y aplicar nuevos métodos de trabajo que faciliten y optimicen el proceso de producción. (D1, D2, D5, O1, O2, O3)
 - Aplicar conocimientos sobre equipos industriales y métodos de trabajo en el proceso productivo. (D3, O3)
- Estrategia DA (mini-mini): el objetivo de la estrategia DA (debilidades–amenazas) es minimizar las debilidades y las amenazas.
 - Definir, registrar y mejorar el proceso de producción con un nuevo método de trabajo. (D1, D2, A1)
 - Realizar acciones de mejora continua en las diferentes etapas del proceso actual. (D1, D2, D3, D5, A1, A2,)
 - Involucrar equipos industriales en el proceso de fabricación de harina de moringa oleífera. (D2, D3, A2, A3)

- Estrategia FO (maxi-maxi): maximizar sus fortalezas y sus oportunidades.
 - Aumentar la capacidad de proceso de harina de moringa oleífera. (F1, O1, O2, O3)
 - Fortalecer la empresa como una de las principales productoras de harina de moringa. (F1, F2, F3, O2, O3)
 - Invertir en sistemas y equipos industriales que optimicen el cultivo de moringa. (F1, F3, O3)

- Estrategia FA (maxi-mini): la estrategia FA (fortalezas-amenazas) se basa en maximizar las fortalezas de la empresa y minimizar las amenazas del medio ambiente externo.
 - Aumentar la publicidad de los productos Arvid. (F1, A1)
 - jornadas de limpieza en las orillas del área de cultivo para reducir la contaminación por desechos sólidos existente. (F1, F2, A2)
 - Instalar procesos controlables para aprovechar la energía calorífica del lugar. (F3, A2, A3)

Las estrategias planteadas son el resultado del análisis FODA realizado en Arvid.

2.1.1.2. Matriz FODA

En la tabla I se muestra el FODA realizado en Arvid; muestra también las estrategias que se plantearon con el equipo técnico y los colaboradores de Arvid. Estas estrategias se refieren a las acciones que se pueden realizar a través de proyectos técnicos en Arvid para alcanzar los objetivos deseados.

Tabla I. Matriz FODA de Arvid

| Factores internos | Fortalezas | | Debilidades | | |
|---|---|--|---|--|---|
| | 1. | 2. | 1. | 2. | |
| Factores externos | 1. | Excelente visión empresarial. | 1. | La producción de la moringa hasta el momento no es estable. | |
| | 2. | Gran extensión territorial para cultivo de moringa. | 2. | El conocimiento en cuanto al manejo del proceso de producción es limitado. | |
| | 3. | Clima óptimo para la moringa oleífera en sus instalaciones de cultivo. | 3. | Poca industrialización de la planta para procesar la harina. | |
| Oportunidades | | | | | |
| FO (maximizar fortalezas- maximizar oportunidades) | | | | | |
| 1. | Crece el mercado de productos de moringa oleífera. | 1. | Aumentar la capacidad de proceso de harina de moringa oleífera. | 1. | Invertir en un proyecto de industrialización para procesar la harina de moringa. |
| 2. | Fuente de empleo para pobladores locales. | 2. | Fortalecer la empresa como una de las principales productoras de harina de moringa. | 2. | Diseñar y aplicar nuevos métodos de trabajo que faciliten y optimicen el proceso de producción. |
| 3. | Generación de diferentes tipos de investigaciones científicas. | 3. | Invertir en sistemas y equipos industriales que optimicen el cultivo de moringa. | 3. | Aplicar conocimientos acerca de equipos industriales y métodos de trabajo en el proceso productivo. |
| Amenazas | | | | | |
| FA (maximizar las fortalezas-minimizar las amenazas) | | | | | |
| 1. | Monopolios del mercado, no existe un precio establecido para el producto final. | 1. | Aumentar la publicidad de los productos Arvid. | 1. | Definir y registrar actividades con un nuevo método de trabajo. |
| 2. | Problemas de plagas, contaminación ambiental en el lugar. | 2. | Jornadas de limpieza en las orillas del área de cultivo para reducir la contaminación por desechos sólidos existente. | 2. | Realizar acciones de mejora continua en las diferentes etapas del proceso actual. |
| 3. | Variaciones del clima. | 3. | Instalar procesos controlables para aprovechar la energía calorífica del lugar pero que estos no dependientes totalmente del clima. | 3. | Involucrar equipos industriales en el proceso de fabricación de harina de moringa oleífera. |
| DA (minimizar debilidades-minimizar amenazas) | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Descripción de los procesos actuales de fabricación

En Arvid la producción moringa, se maneja desde la producción de la semilla de moringa. Esta semilla se obtiene del fruto de los árboles de moringa; el fruto es una vaina que mide de 20 cm a 45 cm de largo, en su interior contiene la semilla del árbol. Con esta semilla se realizan almácigos y se definen períodos para cultivar árboles de moringa.

Las hojas del árbol moringa pueden utilizarse como alimento para animales y para la elaboración de harina proteica de moringa, el otro proceso de producción en Arvid; la fabricación de harina de moringa como materia prima para crear diferentes productos. Entonces, las acciones productivas de Arvid se dividen en dos procesos:

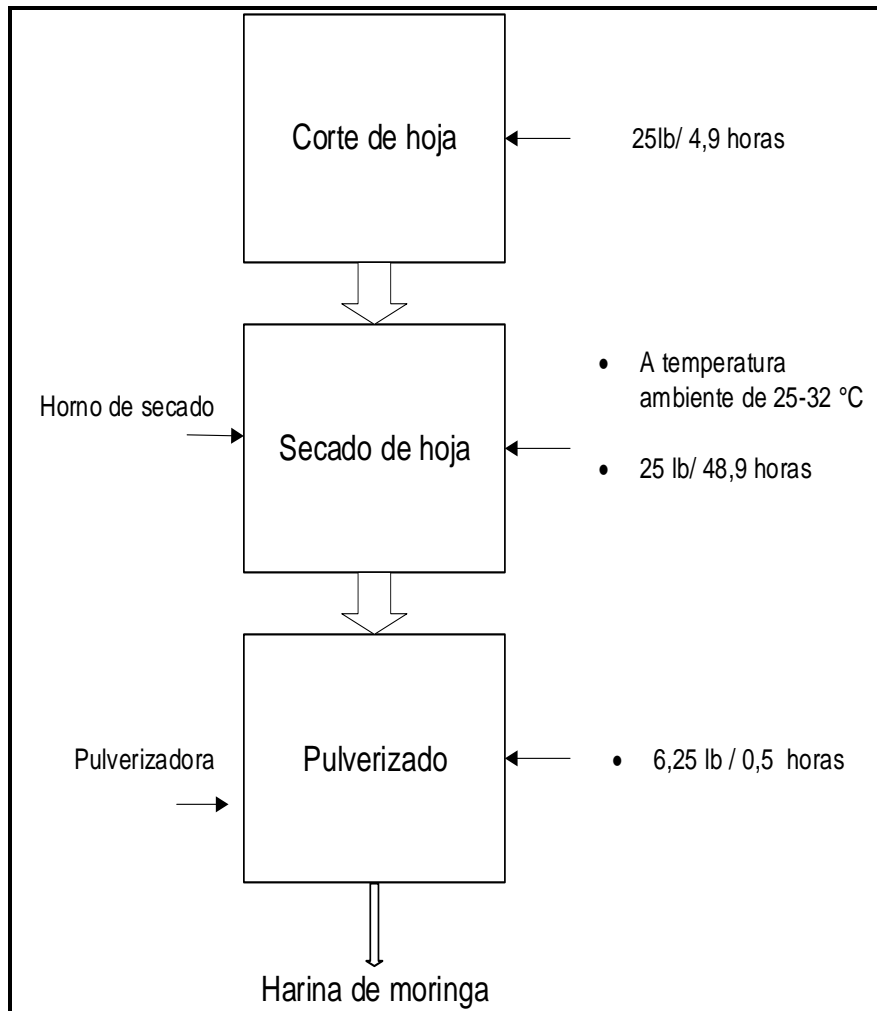
- La producción de semilla de árboles de moringa
- La fabricación de harina de moringa

Las acciones y el trabajo técnico para este trabajo se delimitaron específicamente al proceso de fabricación de harina de moringa.

La producción actual de harina de moringa oleífera en la empresa Arvid se realiza en 3 procesos a partir de la siembra:

- Corte de hoja
- Secado
- Pulverizado

Figura 5. **Diagrama del proceso de fabricación de harina de moringa**



Fuente: elaboración propia.

2.1.2.1. **Corte de hojas**

Es la primera etapa del proceso de fabricación. Para el corte de hojas, el encargado desinfecta sus manos, botas, machete y el recipiente plástico en donde coloca la hoja.

Se cortan las hojas de mejor calidad para lograr una calidad adecuada de producto; son las hojas con un buen tamaño y que sean de color verde, se descartan las hojas marchitas de color amarillo o con manchas amarillas; solamente se cortan las hojas y no las ramas del árbol de moringa.

Se cortan entre 20 y 25 libras de hoja, la capacidad del horno actual para secar hojas. El proceso de corte finaliza cuando las hojas se colocan en las bandejas de secado del horno.

2.1.2.2. Secado de hojas

Esta es la etapa más prolongada del proceso; la hoja cortada se coloca en las bandejas del horno de secado que se deshidratan por el calor del ambiente. El encargado de llevar a cabo el secado de las hojas, distribuye las hojas cortadas en las bandejas, cierra el horno de secado y espera alrededor de 48 horas para el secado de las hojas.

Por ser una hierba con poca agua, el punto final de secado se determina sencillamente por la textura del producto; el proceso de secado ha terminado cuando las hojas se ven marchitas y se quiebran con facilidad.

Una vez la hoja seca, el encargado riega en una manta en el interior del horno las hojas de las bandejas y las coloca en una bolsa para pesarlas y llevarlas a la pulverizadora. Por registros del encargado, la hoja pierde aproximadamente 4 veces su peso después del proceso de secado.

2.1.2.3. Pulverizado

Este es el proceso en el que la hoja se convierte en harina; para lo cual el encargado prepara previamente la pulverizadora, limpiándola y desinfectándola con alcohol.

La hoja seca que proviene del proceso de secado, se vacía en el embudo de la pulverizadora y por gravedad cae en las aspas de la pulverizadora e inicia el pulverizado.

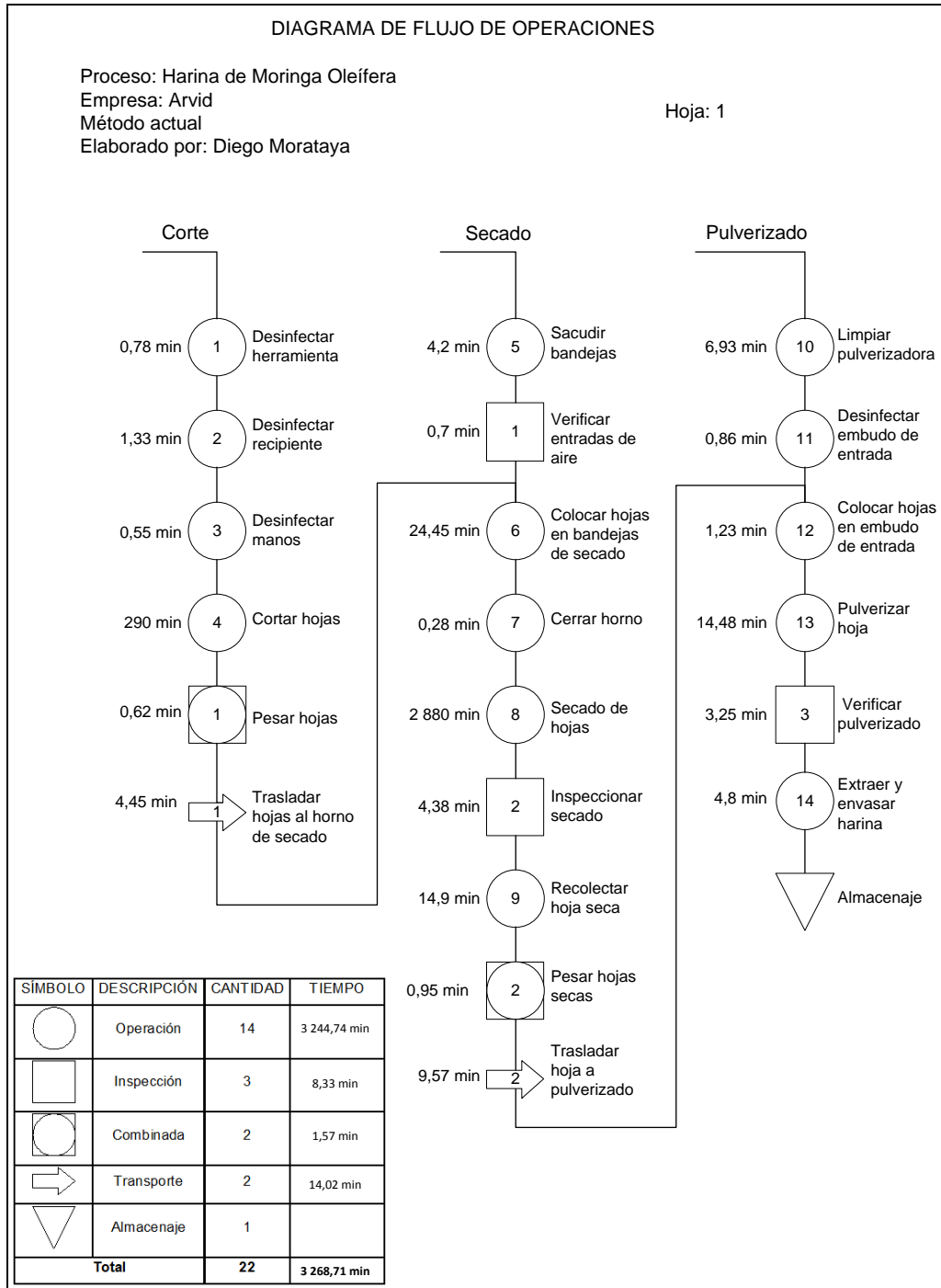
La hoja seca ya convertida en harina de moringa, se envasa en un bote de capacidad para 25 lb; se guarda en la bodega de producto terminado y se distribuye al laboratorio donde se continúa con el proceso de transformación de los diferentes productos que se realizan con la harina.

2.1.2.4. Diagrama de flujo de operaciones de proceso

Para registrar los detalles del proceso actual de fabricación se utilizó el diagrama de flujo de operaciones del proceso el cual muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, las inspecciones y el transporte del proceso de elaboración de harina de moringa oleífera.

Los tiempos que se muestran en el diagrama, son los tiempos promedios de observaciones reales que se tomaron en el campo, el detalle de las observaciones y los cálculos realizados para definir los tiempos se muestran en los anexos 1, 2 y 3.

Figura 6. Diagrama de flujo de operaciones



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

2.1.3. Descripción de la maquinaria actual de fabricación

En el proceso de producción actual, equipo industrial prácticamente solo se utiliza para el riego de los cultivos y el pulverizado de la hoja.

La siembra, el riego de los árboles de moringa, el proceso de corte de hoja, el proceso de secado y pulverizado la producción de harina de moringa oleífera en la empresa Arvid se realiza en un 60 % de forma manual.

La utilización de una maquinaria eficiente y confiable sería de gran utilidad en la producción de harina de moringa, pues en gran parte, los métodos manuales-naturales de producción generan una producción lenta y rudimentaria.

2.1.3.1. Bomba de agua para riego

Máquina que se encarga de bombear el agua del pozo para el riego de los cultivos. La máquina se pone en marcha por un accionamiento mecánico de cuerda y utiliza gasolina para su funcionamiento.

Figura 7. Bomba de agua para riego



Fuente: elaboración propia.

2.1.3.2. Pulverizadora

Esta máquina se utiliza para convertir la hoja del proceso de secado en harina de moringa.

La hoja se coloca en el embudo de entrada y por gravedad cae en el interior para ser pulverizada por las aspas que son giradas por el motor que se acciona con el interruptor.

Para extraer la harina se abre la llave de paso y la harina cae en el recipiente para almacenarse.

Figura 8. Pulverizadora



Fuente: elaboración propia.

2.1.4. Análisis del proceso actual de fabricación

Se han descrito las actividades y los equipos involucrados en la fabricación de harina, ahora estos datos se analizarán para un mejor entendimiento de la situación actual.

Los datos de la tabla resumen del diagrama de operaciones de la figura 6 indican que el tiempo de fabricación de harina de moringa en Arvid es muy prolongado, un tiempo total de 3 268,66 minutos para transformar 25 lb de hoja de moringa en harina, en 22 actividades.

Para analizar el proceso actual de fabricación de harina en Arvid se utilizará como base la teoría de las restricciones o de cuellos de botella; en esta teoría a los factores limitantes de un proceso de producción se le denomina restricciones, embudos o cuellos de botella.

La teoría de restricciones está basada en el simple hecho de que los procesos de cualquier ámbito solo se mueven a la velocidad del paso más lento y la manera de balancear un proceso es utilizar un acelerador en este paso para lograr que el sistema trabaje hasta el límite de su capacidad.

Cuellos de botella se les denomina a las actividades que disminuyen la velocidad de los procesos, incrementan los tiempos de espera y reducen la productividad. Estos producen una caída considerable de la eficiencia en un área determinada del sistema de producción y se presentan en el personal, el método o la maquinaria. Puede ser un individuo, un equipo o la pieza de un aparato.

Se generan debido a diferentes factores como la falta de preparación, entrenamiento o capacitación en el caso del personal; la falta de mantenimiento apropiado para las máquinas y los equipos o la inexistencia de estos equipos en el proceso.

- Ejemplos de restricciones
 - Restricción de mercado: la demanda máxima de un producto está limitada por el mercado; satisfacerla depende de la capacidad para cubrir los factores de éxito establecidos como el precio, la oportunidad de entrega, etc.
 - Restricción de materiales: se limita por la disponibilidad de materiales en cantidad y calidad adecuadas. La falta de material en el corto plazo es el resultado de la mala programación, asignación o calidad.
 - Restricción de capacidad: es el resultado de tener un equipo con una capacidad que no satisface la demanda requerida.
 - Restricción logística: restricción inherente en el sistema de planeación y control de producción. Las decisiones y parámetros establecidos en éste sistema pueden afectar desfavorablemente el flujo de producción.
 - Restricción administrativa: estrategias y políticas definidas por la empresa que limitan la generación de ingresos y fomentan la optimización local.
 - Restricción de comportamiento: actitudes y comportamientos desfavorables por parte del personal.
- Pasos para solucionar un cuello de botella o restricciones del sistema

- Identificar las restricciones del sistema: se debe determinar la capacidad de cada proceso en volumen de producción por unidad de tiempo.
- Decidir cómo explotar las restricciones del sistema: buscar la forma de obtener la mayor producción posible de la restricción. Un ejemplo para la restricción en una máquina: se le deberían asignar los operarios más hábiles, se debería hacer control de calidad antes de que procese las piezas, se la debería dotar de un programa óptimo con el cual cada minuto se aproveche para cumplir los compromisos con los clientes, etc.
- Subordinar todo a la restricción identificada: este paso consiste en obligar al resto de los recursos a funcionar al ritmo que marcan las restricciones del sistema.
- Elevar las restricciones del sistema: ejemplos de como elevar las restricciones del sistema son: la compra de una nueva máquina similar a la restricción, la contratación de más personas con las habilidades adecuadas, la incorporación de un nuevo proveedor de los materiales que actualmente representan restricción, el cambio de ubicación para satisfacer una demanda en crecimiento, etc.
- Reiniciar el ciclo para buscar la próxima restricción: una vez que se elimina una restricción, puede seguirse mejorando el sistema total buscando la nueva restricción y empezando nuevamente el ciclo.

La regla más importante para solucionar las restricciones de un sistema es solucionar solo un cuello de botella a la vez; una vez solucionado se sigue con el próximo.

2.1.4.1. Restricciones del sistema de producción de Arvid

Con base en los pasos para solucionar cuellos de botella de la teoría de restricciones descrita en el inciso anterior, se analizará la capacidad de operación de las estaciones de trabajo involucradas en el proceso de fabricación de harina en Arvid para determinar las restricciones o cuellos de botella del proceso de producción.

Del diagrama de bloques de la figura 5 se obtiene el volumen de hojas que se procesa en cada estación de trabajo:

- Proceso de corte: 25 lb de hoja de moringa
- Proceso de secado: 25 lb de hoja de moringa
- Proceso de pulverizado: 6.25 lb de hoja seca de moringa

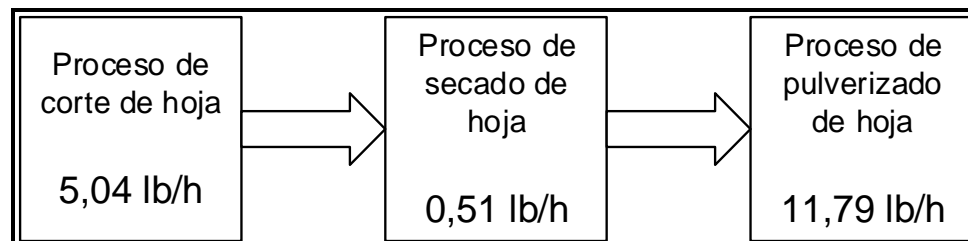
Del diagrama de flujo de operaciones de la figura 6 se toman los tiempos para realizar las actividades en cada estación de trabajo; se suman los tiempos de las actividades en cada parte del proceso se obtiene:

- Proceso de corte: 297,73 min = 4,96 horas
- Proceso de secado: 2939,43 min = 48,99 horas
- Proceso de pulverizado: 31,55 min = 0,53 horas

Los datos de la capacidad de producción de cada estación del proceso se calculan por la cantidad de libras de hoja de moringa que se procesa en cada estación, respecto al tiempo en horas cuando se realiza.

La capacidad de operación de cada estación de trabajo en Arvid se presenta en la siguiente figura.

Figura 9. **Capacidad de operación de las estaciones de trabajo**



Fuente: elaboración propia.

Como se ve en la figura 9, el proceso o estación con menor capacidad de operación es el proceso de secado; por lo tanto, este proceso es la restricción o cuello de botella del proceso de producción de Arvid.

2.1.4.2. Explotar las restricciones del sistema de Arvid

Una vez que se encontró la restricción, el próximo paso es explotarla. Se deben concentrar todos los esfuerzos para ver cómo puede mejorarse el proceso de secado actual.

Una manera de explotar la restricción del sistema de Arvid es mejorando el estado del horno actual que puede realizarse por mantenimientos correctivos programados o modificaciones al horno actual.

2.1.4.3. Subordinar todo a la restricción identificada

Es esencial tener en cuenta las interdependencias si se quiere realizar con éxito la subordinación.

Debido a que existe interdependencia entre los procesos de producción, al mejorar el proceso de secado, definido como la restricción del sistema, la capacidad de operación del proceso de corte y del proceso de pulverizado seguirá el ritmo que tome el proceso de secado después de ser intervenido con las acciones de mejora que se definan.

2.1.4.4. Elevar las restricciones del sistema

En general, la tendencia de las empresas es realizar este paso sin haber completado los pasos descritos en 2.1.4.2 y 2.1.4.3. Procediendo de ese modo, se aumenta la capacidad del sistema sin haber obtenido aún su máximo provecho.

Dado que normalmente este paso implica acciones que exigen mucho esfuerzo, tiempo y dinero, se recomienda no llevarlo a cabo hasta estar seguros de que se hayan implementado con éxito los pasos anteriores.

En el caso de Arvid, que está dispuesto a invertir en un proceso de industrialización, este paso es obligatorio realizarlo y es donde se utilizarán las

acciones de las estrategias planteadas en el análisis FODA del capítulo 2.1.1.1, las cuales fueron priorizadas para minimizar las debilidades del proceso de Arvid que maximizan las oportunidades que se tiene con los recursos disponibles.

2.1.4.5. Reiniciar el ciclo para otra restricción

Es un proceso de mejora continua. El proceso de focalización propuesto por la teoría de restricciones está diseñado para orientar los esfuerzos de mejora hacia el logro del máximo impacto en cada momento del proceso. Una vez que se elimina una restricción, puede seguirse mejorando el sistema total buscando la nueva restricción y empezando nuevamente el ciclo.

2.2. Resultado de la supervisión realizada del proceso de fabricación de harina

Una vez realizado el diagnóstico de la situación actual de Arvid se analizarán los resultados obtenidos.

Uno de los principales resultados obtenidos en el diagnóstico es el tiempo de operación para la fabricación de harina de moringa. Es un tiempo muy prolongado; como se demuestra en el inciso 2.1.4.1, la mayor parte se involucra en el proceso de secado.

El prolongado tiempo para realizar el secado de la hoja representa una producción de harina de moringa lenta y escasa; solamente se procesan 25 lb de hoja cada 2 días que a su vez representa 6,25 lb de harina de moringa cada 2 días; una producción considerablemente pequeña en comparación al tamaño y la cantidad de materia prima (hojas de moringa) disponible para procesar.

Otro resultado importante del diagnóstico es el que se obtuvo con base en la teoría de restricciones. Se definió como restricción principal la capacidad de operación del proceso de secado, con una capacidad de operación de 0,51 lb/h.

Está en una restricción de capacidad se define como el resultado de tener un equipo con una capacidad que no satisface la demanda requerida.

Una vez definida la restricción y siguiendo con los pasos para eliminar esta restricción o cuello de botella, se debe proceder a explotarla o elevarla o mejorarla, para esto, se utilizarán las estrategias planteadas en el análisis FODA del capítulo 2.1.1. Las estrategias planteadas fueron las siguientes:

Estrategia DO (mini-maxi): la estrategia debilidades-oportunidades intenta minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades. Las acciones que se realizan en esta estrategia son:

- Invertir en un proyecto de industrialización para procesar la harina de moringa.
- Diseñar y aplicar nuevos métodos de trabajo que faciliten y optimicen el proceso de producción.
- Aplicar conocimientos acerca de equipos industriales y métodos de trabajo en el proceso productivo.
- Estrategia DA (mini-mini): el objetivo de la estrategia DA (debilidades–amenazas), es minimizar las debilidades y las amenazas.

- Definir, registrar y mejorar el proceso de producción con un nuevo método de trabajo.
- Realizar acciones de mejora continua en las diferentes etapas del proceso actual.
- Involucrar equipos industriales en el proceso de fabricación de harina de moringa oleífera.

Al analizar las estrategias planteadas y la restricción principal definida, las acciones se pueden resumir concretamente en una acción específica:

Diseñar e implementar al proceso de secado un nuevo método para su realización con el objetivo principal de mejorar el proceso actual de producción para reducir el tiempo de producción y aumentar la producción actual de harina de moringa.

Para crear una nueva metodología de trabajo para el proceso de secado se utilizarán los pasos para un estudio de métodos:

- Seleccionar el trabajo que debe mejorarse
- Registrar los detalles del trabajo
- Analizar los detalles del trabajo seleccionado
- Desarrollar un nuevo método para hacer el trabajo
- Adiestrar a los operadores en el nuevo método de trabajo
- Aplicar el nuevo método de trabajo

2.2.1. Selección de trabajo a mejorar

La selección del trabajo a mejorar se puede realizar desde varios puntos de vista:

- Desde el punto de vista humano: seleccionando los trabajos cuyo método debe mejorarse por ser de alto riesgo de accidentes.
- Desde el punto de vista económico: seleccionando los trabajos que representen un alto porcentaje del costo del producto terminado.
- Desde el punto de vista funcional del trabajo: seleccionando los trabajos que constituyen cuellos de botella y retrasan el resto de la producción

La selección del trabajo a mejorar en Arvid se tomó desde el punto de vista funcional del trabajo, es decir, la importancia e influencia en los diferentes procesos para la producción de harina de moringa.

Para definir la importancia y la influencia de los procesos de producción se analiza la capacidad de operación de cada estación del proceso de elaboración de la harina; la estación con una menor capacidad de operación será el trabajo seleccionado a mejorar por ser la restricción. Como se explicó anteriormente, la interdependencia de los procesos obliga al resto de los procesos a funcionar al ritmo que marca la restricción del sistema.

Esta selección de trabajo se realizó en el inciso 2.1.4.1 Restricciones del sistema de producción de Arvid, donde se definió el proceso de secado como la restricción del sistema y, por lo tanto, el trabajo a mejorar.

2.2.2. Registrar los detalles del trabajo

Para registrar los detalles del proceso se utilizan los diagramas de bloques del proceso, diagrama de operaciones del proceso y los diagramas de hilos. Para el registro de las relaciones hombre-máquina en las estaciones de trabajo, se emplean las formas llamadas diagramas hombre-máquina y el diagrama de proceso bimanual.

Para registrar los detalles del trabajo en la fabricación de harina de moringa en Arvid se utilizó un diagrama de bloques descrito en la figura 5 y un diagrama de flujo de operaciones descrito en la figura 6.

También, para registrar los detalles del trabajo, se realizó una descripción de los procesos de fabricación de harina en los incisos 2.1.2.1, 2.1.2.2 y 2.1.2.3.

2.2.3. Analizar los detalles del trabajo

Los detalles del proceso de secado se analizarán con base en la teoría de los métodos para el secado de hierbas.

2.2.3.1. Secado de hierbas

La razón más importante, desde el punto de vista técnico, por la que se secan las hierbas es por su conservación; con el secado de las hojas, se mantienen los componentes del vegetal fresco y se evita la proliferación de microorganismos.

La desecación debe llevarse a cabo en las mejores condiciones para que las hierbas no pierdan nada del aspecto que deben presentar. Cada producto

reclama una desecación diferente, no solamente por la cantidad de agua que contiene, sino por el aspecto que debe presentar.

Para la fabricación de harina de moringa, el secado de la hoja de moringa debe hacerse a tal punto que la hoja esté reseca y quebradiza, de tal manera que al manipularla se convierta en polvo.

El aire es el que absorbe el vapor de agua que se retira de las plantas por lo que no debe estar saturado; es decir, su humedad relativa debe ser baja, que utilice secado al aire libre o secado natural o secado mecánico; deberá renovarse a medida que sea necesario.

Se pueden utilizar diversos métodos para el secado:

- Secado natural pasivo
- Secado natural activo
- Secado mecánico

2.2.3.1.1. Secado natural pasivo

El secado natural pasivo es muy conveniente si se cuenta con condiciones climáticas adecuadas: baja humedad relativa y temperaturas elevadas, el secado natural requiere poco gasto y es sencillo de realizar.

El secado natural pasivo se puede realizar colocando el material a secar sobre el suelo, exponiéndolo al sol y removiéndolo en intervalos de tiempo, pero así se obtendrá un producto de mala calidad, contaminado y de bajo valor comercial.

Es conveniente disponer de las hierbas en capas delgadas sobre catres o bandejas que se exponen al aire libre durante algunos días, con la precaución de removerlos frecuentemente y de cubrirlos o guardarlos bajo techo durante la noche para evitar que el rocío dañe el producto. Las medidas de los catres deben ser adecuadas para ser manipulados por una persona.

El principal inconveniente del secado natural es que no se pueden controlar las condiciones climáticas, por lo tanto, el tiempo de secado dependerá de las condiciones climáticas y de la naturaleza del material a secar. Durante el proceso de secado con el método natural activo, puede tocar días de alta humedad, lluvia, baja temperatura, etc., que no permitirán un buen secado.

2.2.3.1.2. Secado natural activo

En zonas donde se dispone de energía solar abundante y la humedad relativa del aire es baja, una inversión económica muy conveniente es la instalación de plantas de secado en las que un volumen grande de aire es recogido y calentado previamente a ser dirigido a las hierbas.

Se consiguen así altas calidades de producto a costos reducidos. Combina las ventajas del secado natural pasivo con las ventajas del secado mecánico (control de variables, velocidad de secado, limpieza del producto, entre otros).

2.2.3.1.3. Secado mecánico

El secado artificial o mecánico determina mayores gastos, pero tiene ventajas, pues al controlarse las variables del tratamiento, en el lapso de unas horas, es posible obtener un producto homogéneo y de excelente calidad.

Hay diversos métodos para deshidratar las hierbas, que pueden clasificarse, entre otras formas, de la siguiente manera:

- Desecación por aire caliente
- Desecación por contacto directo con una superficie caliente
- Desecación por aporte de energía de una fuente radiante de microondas

2.2.3.2. Análisis del horno actual de secado

De acuerdo a los conceptos descritos en los incisos anteriores, la forma como se realiza el secado de las hojas en Arvid es con el método de secado natural activo.

Se realiza a través de una estructura grande, fabricada de lámina y costaneras con 8 m de longitud y 3 m de ancho; su techo es una pendiente con 2,80 m de altura en un extremo y 2,50 m en el otro extremo; cuenta en la parte superior con una tubería para recolectar un volumen de aire que se dirige hacia el interior del horno para secar las hojas.

Se dispone de energía solar abundante con una temperatura diaria entre 22 °C y 30 °C. el flujo de aire se recoge por medio de una boquilla en la parte superior del horno y se calienta previamente al ingresar al horno por la tubería expuesta al sol.

El recorrido que realiza el aire que ingresa al horno de secado es aproximadamente de 9 m de longitud y se realiza con el propósito de alcanzar la temperatura crítica del aire hasta los 35 °C que se necesitan para secar las hojas de moringa.

El aire precalentado entra al horno por dos entradas ubicadas en la parte inferior lateral del horno; circula dentro del horno con el objetivo de realizar el secado de las hojas; sale del horno por otro ducto ubicado en la parte superior opuesta a donde se encuentra el recolector del aire para renovar el aire de secado.

Figura 10. **Tubería del horno actual de secado**



Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Medidas del horno**



Fuente: elaboración propia.

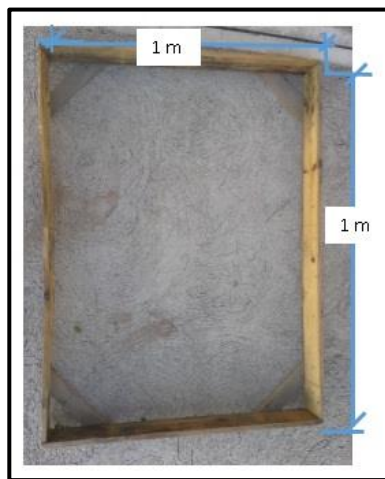
En el interior del horno se encuentran 8 estanterías con 5 bandejas donde se dispersan las hojas a secar. Como lo sugiere la teoría del secado natural activo, es conveniente exponer las hojas al aire del lugar en capas delgadas sobre catres o bandejas. Estas bandejas tienen una medida de 1 metro por cada lado ya que las medidas deben ser adecuadas para ser manipuladas por una persona.

Figura 12. **Estanterías del horno**



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Bandeja de secado**



Fuente: elaboración propia.

Este método de secado es muy conveniente en Arvid ya que requiere poco gasto, es sencillo de realizar y las condiciones climáticas son adecuadas para realizarlo: zona de baja humedad relativa y temperaturas elevadas.

2.2.3.2.1. Deficiencias observadas en el proceso actual de secado

Al analizar el diagrama de flujo de operaciones del proceso de elaboración de harina de moringa de la figura 6, se observa que el proceso de secado es el proceso que mayor tiempo de operación requiere (ver tabla III).

Tabla II. **Tiempo específico para realizar el proceso de secado**

| Operación | Tiempo en minutos |
|---|------------------------------|
| Sacudir bandejas | 4,2 |
| Verificar entradas de aire | 0,7 |
| Colocar hojas en las bandejas de secado | 24,45 |
| Cerrar horno | 0,28 |
| Secado de hojas | 2 días de secado = 2 880 min |
| Inspeccionar secado | 4,38 |
| Recolectar hoja | 14,9 |
| Pesar hojas secas | 0,95 |
| Transporte de hoja | 9,57 |
| Tiempo total en minutos : 2 939,43 | |

Fuente: elaboración propia.

De los tiempos parciales del proceso descritos en la tabla III, el tiempo mayor es el de 2 880 minutos; tiempo en minutos que se le da a la hoja de moringa que está en las bandejas del horno para su secado.

La principal causa de este tiempo es por el tipo de secado que se realiza en Arvid: secado natural activo.

Si bien es un método de secado muy conveniente en Arvid, ya que requiere poco gasto, es sencillo de realizar y las condiciones climáticas son adecuadas para realizarlo; es un método en el que no se controlan las variables de tratamiento: temperatura del flujo de aire y fuente calorífica para el secado.

Las hojas durante el día son sometidas a un aire con una temperatura alrededor de los 25 °C – 30 °C y durante la noche esta temperatura disminuye. Esto implica que la hoja al ser sometida a los cambios de temperatura, se demore en alcanzar la temperatura del aire de secado que se necesita haciendo deficiente el proceso.

Otra de las causas por lo que demora el proceso de secado es la forma cómo se realiza.

En la tabla III se describen las actividades involucradas en el proceso de secado actual.

Tabla III. Descripción del método de trabajo actual

| Actividad | Cómo se ejecuta | Tiempo |
|---|--|-----------|
| 1. Colocar hoja cortada en bandejas del horno de secado |  | 24,45 min |
| 2. Secado de hoja |  | 48 horas |

Continuación de la tabla III.

| | | | | |
|-------------------------|--|--|--|--------|
| 3. Recolecta hoja secas | |  | | 15 min |
|-------------------------|--|--|--|--------|

Fuente elaboración propia.

Al analizar las actividades de la tabla III, se detectan 3 problemas principales en el método de trabajo actual:

- Actividad 1: la distribución de las hojas en cada una de las bandejas es una actividad que requiere 24,45 min de realización que provoca una demora considerable en el tiempo de secado de la hoja y fatiga al encargado.
- Secado de hoja: la demora principal en el secado de la hoja es el método de secado. Al ser un proceso que depende del calor en el lugar para funcionar, el tiempo de realización estará expuesto a las variaciones climáticas.
- Recolectar hoja: al finalizar el secado de las hojas, la hoja seca de cada bandeja se riega en una manta y se coloca en un recipiente para transportarla al siguiente proceso.

Las deficiencias observadas, deben eliminarse o reducirse para mejorar el proceso de producción en Arvid. Para eliminarlas se realiza la propuesta de incorporar al proceso actual de secado un método de secado mecánico.

Un método de secado mecánico consiste en la incorporación al proceso de un equipo de secado para disminuir los tiempos de colocación del producto, el tiempo total de secado y el tiempo para recolectar la hoja seca.

2.3. Diseño de un equipo nuevo de secado como nuevo método para hacer el trabajo

Con el fin de mejorar el proceso de secado en la fabricación de harina de moringa, se diseñó un equipo de secado mecánico cuyas ventajas son: disminuir el tiempo actual de secado al aplicar una energía calorífica diferente a la energía solar, menor requerimiento de espacio para secar, conservar la calidad del producto y disminuir los tiempos de colocación de producto y la fatiga del operario con la automatización de estos procedimientos.

2.3.1. Generalidades de los equipos de secado

Un equipo de secado es un conjunto de elementos armados de cierta forma que al ponerlo en marcha realiza el proceso de extracción del agua del sólido o del cuerpo sometido al proceso.

Un equipo de secado se utiliza para secar productos antes de procesarlos; es ideal para la producción de frutas secas, conservar plantas, etc. Se usa con éxito en la industria química, alimentaria y farmacéutica.

Cada producto tiene sus propias normas de funcionamiento, velocidad, capacidad y temperatura de secado; todo esto debe tenerse en cuenta en la organización del proceso de secado.

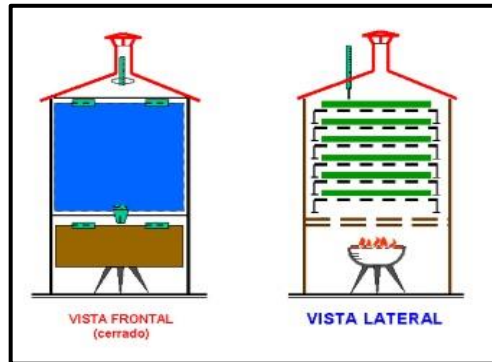
Para el secado de hierbas o de hojas se pueden utilizar diversos métodos, en forma natural o en forma mecánica. Con el avance tecnológico por razones de disminución de tiempos, costos y mejor control de la producción, se han diseñado diferentes equipos que realizan el secado de varias formas, especialmente para los sistemas de secado mecánico.

A continuación, se presentan los principales tipos de equipos de secado para el secado de hojas o de hierbas.

2.3.1.1. Secadero de dos plantas

En la planta inferior se halla una fuente de calor desde la cual asciende el aire caliente por convección natural o forzada que penetra a través de una malla a la planta superior; en la misma se encuentran ubicadas catres o bandejas sobre las que se esparcen las hierbas húmedas en forma de una capa uniforme.

Figura 14. **Secadero de dos plantas**



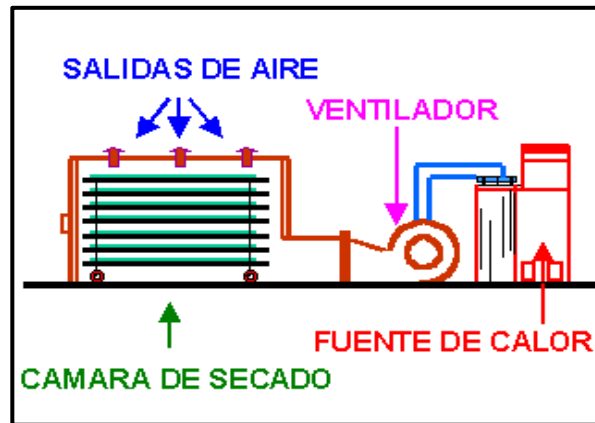
Fuente: *Poscosecha*. <http://herbotecnia.com.ar/poscosecha-secadoMaquinas.htm>. Consulta: 10 de marzo de 2015.

2.3.1.2. Secadero de cabina, bandejas o compartimientos

Esencialmente, consiste en una cabina aislada provista interiormente de un ventilador para circular aire a través de un calentador; el aire caliente sale por una rejilla de láminas ajustables y es dirigido horizontalmente entre bandejas cargadas de hierba.

Estos secaderos pueden disponer de reguladores para controlar la velocidad de aire nuevo y la cantidad de aire de recirculación. Los calentadores del aire pueden ser quemadores directos de gas, serpentines calentados por vapor o, en los modelos más pequeños, calentadores de resistencia eléctrica.

Figura 15. **Secadero de cabina, bandejas o compartimientos**



Fuente: *Poscosecha*. <http://herbotecnia.com.ar/poscosecha-secadoMaquinas.htm>. Consulta: 10 de marzo de 2015.

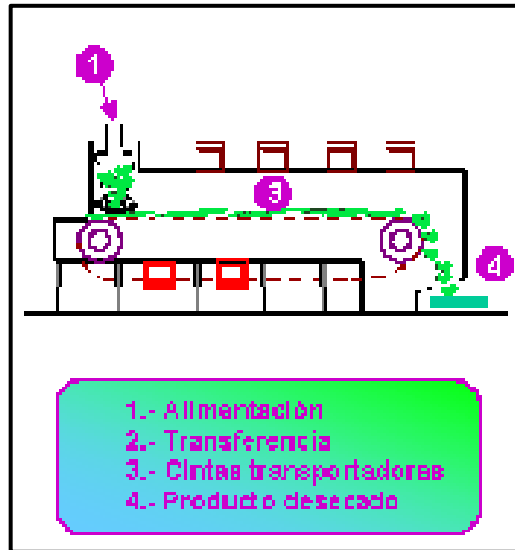
2.3.1.3. **Secadero de túnel continuo**

Es un túnel de desecación; el producto húmedo es conducido a través del sistema sobre una cinta transportadora que sustituye a las bandejas en los que se coloca el producto en los ejemplos descritos anteriormente.

Existen modelos de una sola cinta transportadora, pero hay modelos con mayor número de cintas dispuestas en paralelo o en serie. Las principales características son:

- El producto debe estar bien subdividido para que permita un buen flujo de aire a través de la capa de producto.
- Se consiguen altas velocidades de desecación.
- El equipo es para volúmenes medianos a grandes de producto.

Figura 16. **Secadero de túnel continuo**



Fuente: *Poscosecha*. <http://herbotecnia.com.ar/poscosecha-secadoMaquinas.htm>.

Consulta: 10 de marzo de 2015.

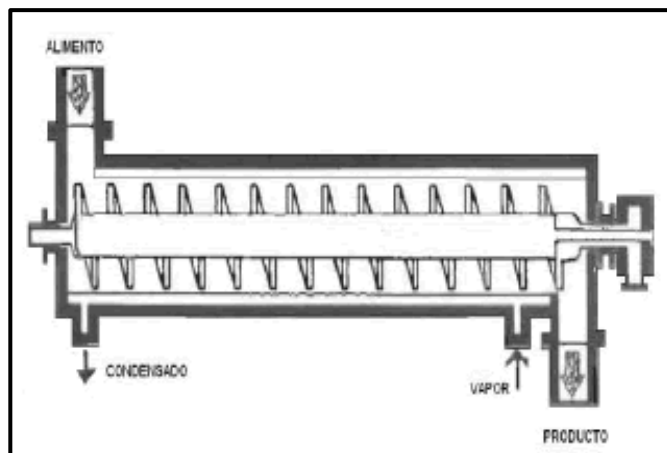
2.3.2. Descripción del nuevo equipo de secado

El equipo está diseñado para el secado mecánico de la hoja. Diseñado para procesar las 25 lb de hoja que se cortan en el proceso de corte. Se utilizaron los elementos necesarios para crear un equipo de secado de muy bajo costo y funcional para obtener un producto con el punto de secado que se requiere en un tiempo menor al tiempo del proceso actual.

El equipo es un secador de tornillo transportador, este es un secadero de túnel continuo, similar al equipo de secado descrito en el inciso 2.3.1.3, esencialmente, en un transportador horizontal de tornillo o de palas dentro de una carcasa cilíndrica encamisada.

La alimentación de producto se realiza por medio de un embudo donde se depositan las 25 lb de hoja cortada; este se encuentra en un extremo del cilindro y por medio de un mecanismo similar al de una puerta ingresa el producto al interior del cilindro transportador. Este lleva el producto hacia el otro extremo y es durante este recorrido en donde la hoja se expone a la temperatura de 35 ° C para el respectivo secado.

Figura 17. **Secador de tornillo transportador**

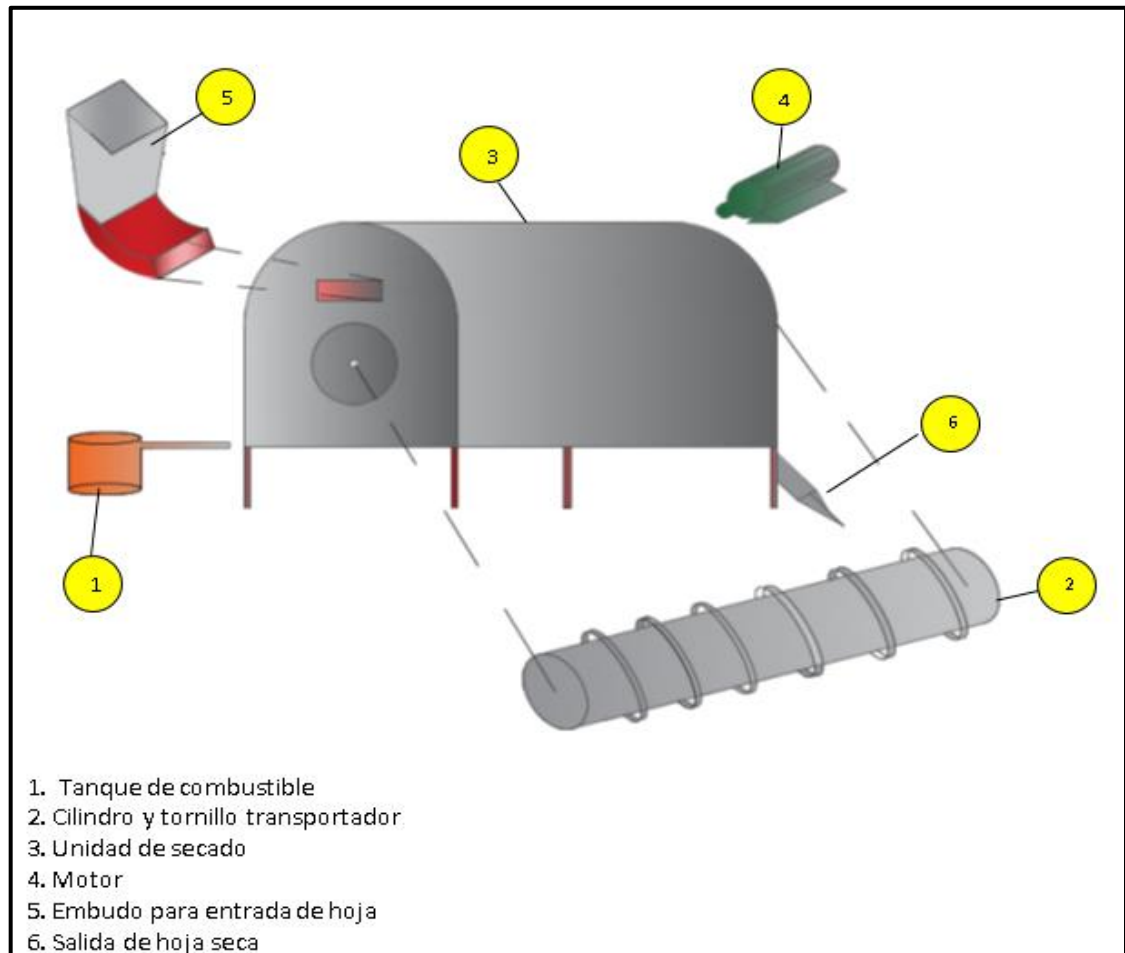


Fuente: TRIANA, Manuel Alejandro. *Grado y eficiencia térmica de un secador de tornillo transportador*. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25661/39183>. Consulta: 13 de marzo de 2015.

2.3.2.1. Planos de diseño del nuevo equipo de secado

En las siguientes figuras se muestran los planos realizados del nuevo equipo de secado; se detallan sus elementos, a qué se refiere cada uno y su función en el nuevo equipo de secado.

Figura 18. Elementos que forman el equipo de secado



Fuente: elaboración propia.

Cada uno de estos elementos tiene una función específica en el funcionamiento del equipo de secado y se dividen por sus funciones en elementos primarios y elementos secundarios.

2.3.2.1.1. Elementos primarios

Componen la estructura metálica del equipo de secado y tienen relación directa con el secado de las hojas:

- Unidad de secado

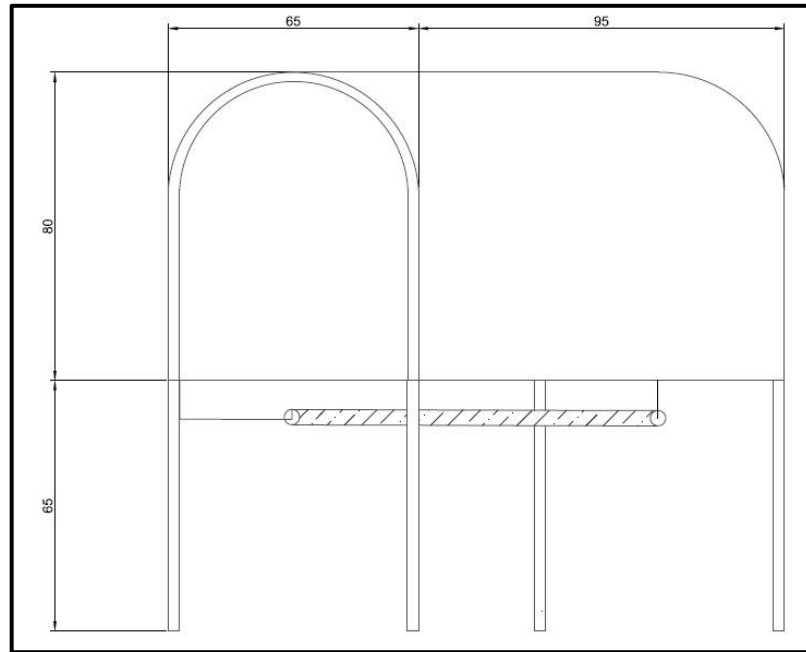
La misión de la cámara de secado es eliminar la humedad del producto. Como resultado de la elevación de temperatura, la humedad se evapora y el producto se seca alcanzando el estado deseado en la cámara de secado.

Está compuesta por una estructura metálica en forma de arco donde se encierra el calor para realizar el secado de las hojas.

Adentro se coloca el cilindro que transportará las hojas desde la entrada a la salida y tiene una malla de fibra de vidrio dentro de su estructura para absorber el calor que se generó dentro y que la temperatura no se transmita a su lado exterior para proteger de cualquier quemadura.

Las figuras 19 y 20 detallan las medidas en cm y la forma de la unidad de secado realizada.

Figura 19. **Medidas de unidad de secado**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 20. **Unidad de secado fabricada**



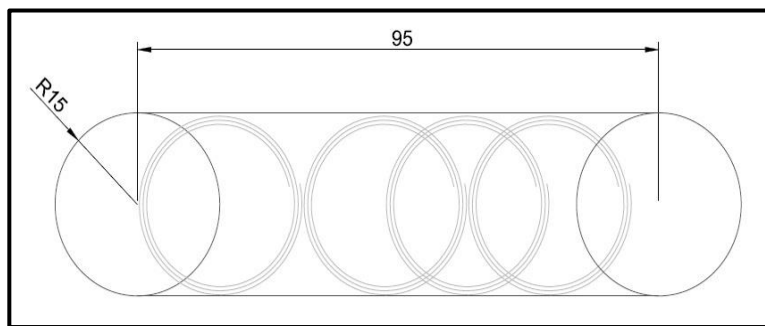
Fuente: elaboracion propia.

- Cilindro transportador

Este es un cilindro con un helicoidal en su interior para traspasar las hojas de la entrada del equipo a su respectiva salida.

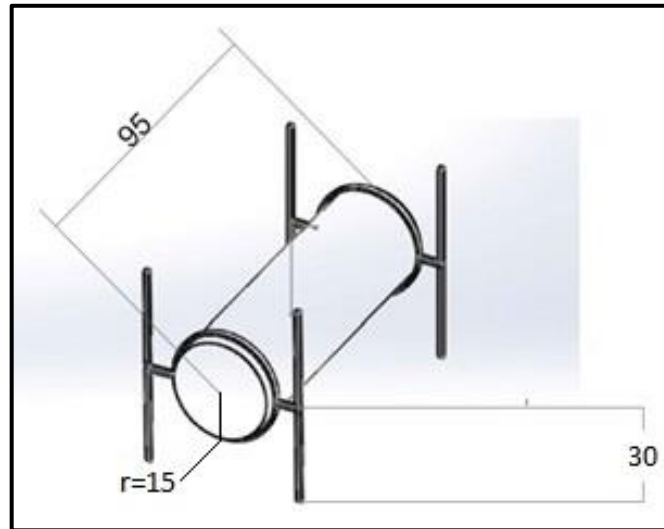
Las siguientes figuras detallan las medidas en cm del cilindro transportador de hoja y el cilindro realizado.

Figura 21. **Cilindro transportador**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 22. **Base de cilindro transportador**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 23. **Cilindro elaborado**



Fuente: elaboración propia.

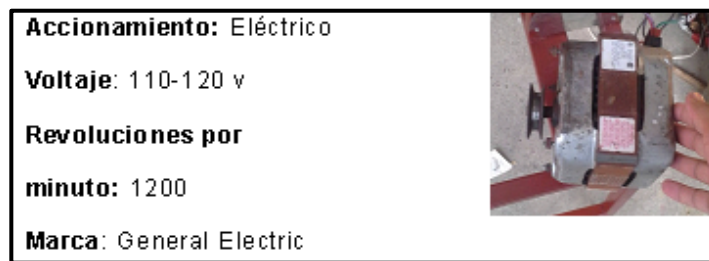
2.3.2.1.2. Equipos secundarios

Son los elementos sin tienen contacto directo con el producto, pero con una función importante en el equipo de secado.

- Motor eléctrico

El motor es el encargado de girar el cilindro que transporta la hoja.

Figura 24. **Motor eléctrico**

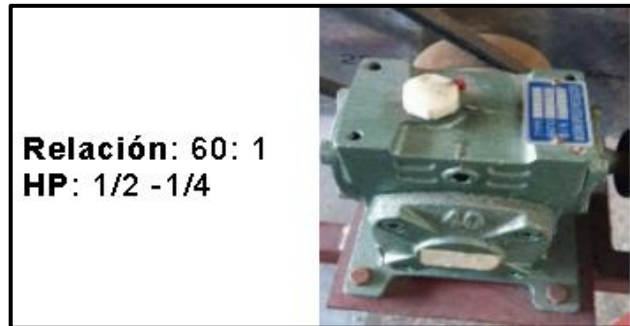


Fuente: elaboración propia.

- Caja reductora

Es un reductor de velocidad de motor; tiene una relación 60:1, lo cual reduce la velocidad brindada por el motor y adapta la velocidad del cilindro a 20 rpm.

Figura 25. **Caja reductora**



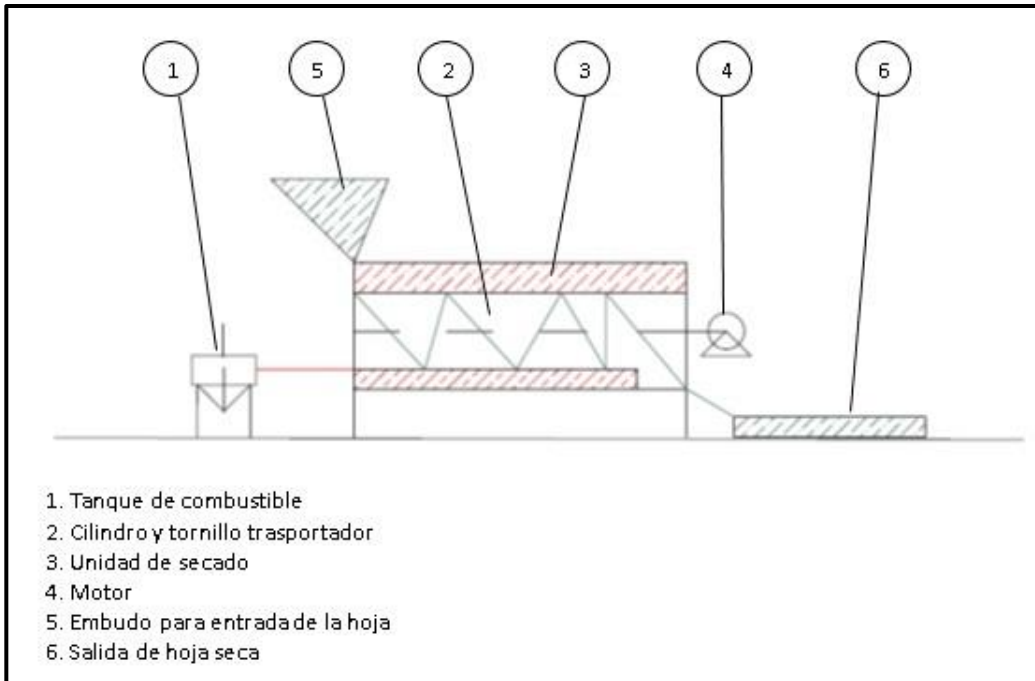
Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Descripción del funcionamiento del nuevo equipo de secado

La figura 26 describe el recorrido de la hoja por el equipo para su secado: las 25 lb de hoja que se cortan se depositan en el embudo (5) e ingresan en cilindro transportador (2) que las transporta por medio de sus aspas hacia el otro extremo. Para girar este cilindro se necesita un motor de baja revolución (4) para que la hoja se someta a la temperatura de la unidad de secado (3) por un tiempo adecuado.

El calor se realiza por la energía calorífica que aporta el tanque de combustible de gas propano (1). Al finalizar el recorrido, la hoja seca se deposita en un recipiente adecuado para su transporte a los otros procesos.

Figura 26. **Diagrama del recorrido de la hoja en el nuevo equipo de secado**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Con este nuevo equipo se elimina el procedimiento de colocar la hoja en las bandejas que reduce el tiempo que implicaba realizar esta actividad y la fatiga que causa al operario la colocación de las hojas en las bandejas.

También, se elimina el procedimiento de recolectar las hojas y se reduce el tiempo total de secado

2.3.4. Materiales para la fabricación

El equipo está diseñado para el secado mecánico de la hoja, con capacidad para procesar 25 libras de hoja desde la entrada del equipo o del

embudo. Se utilizaron los elementos necesarios para crear un equipo de secado de muy bajo costo y funcional. Los materiales utilizados en la fabricación fueron:

Tabla IV. **Materiales utilizados en la fabricación del equipo de secado**

| Descripción | Unidad de medida | Cantidad |
|-------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Lámina galvanizada lisa 3'*8' | Unidad | 4 |
| Lámina galvanizada lisa 4'*8' | Unidad | 1 |
| Caja reductora | Unidad | 1 |
| Motor eléctrico | Unidad | 1 |
| Acoplador para eje | Unidad | 1 |
| Faja | Unidad | 1 |
| Niple | Unidad | 1 |
| Polea de madera | Unidad | 2 |
| Remaches | Unidad | 200 |
| Llave de gas | Unidad | 2 |
| Cojinete | Unidad | 4 |
| Tubo cuadrado de 1" | Unidad | 2 |
| Fibra de vidrio | Unidad | 1 |
| Electrodo | Libra | 1 |
| Cilindro de gas de 25 libras | Unidad | 1 |
| Broca de 1/8" | Unidad | 2 |
| Sierra Sandflex ordinaria | Unidad | 1 |

Fuente: elaboración propia.

2.3.5. Análisis económico

El análisis económico se realizará en función de cuánto cuesta producir el equipo de secado. Se deben analizar los tres elementos del costo de producción, que representan la suma de todos los gastos incurridos para el proceso de producción del equipo de secado. Los elementos del costo de producción son:

- Materiales
- Mano de obra
- Costos indirectos variables

2.3.5.1. Materiales

Se conforma por los materiales necesarios para la elaboración del equipo de secado.

Tabla V. Elementos del costo de producción, materiales

| Descripción | Unidad de medida | Cantidad | Costo unitario | Total Q. |
|-------------------------------|------------------|----------|----------------|----------|
| Lámina galvanizada lisa 3'*8' | Unidad | 4 | 77,23 | 308,92 |
| Lámina galvanizada lisa 4'*8' | Unidad | 1 | 123,21 | 123,21 |
| Caja reductora | Unidad | 1 | 521,43 | 521,43 |
| Motor eléctrico | Unidad | 1 | 787,95 | 787,95 |
| Acoplador para eje | Unidad | 1 | 27,22 | 27,22 |
| Faja | Unidad | 1 | 25,00 | 25,00 |
| Niple | Unidad | 1 | 30,00 | 30,00 |
| Polea de madera | Unidad | 2 | 35,00 | 70,00 |
| Remaches | Unidad | 200 | 0,13 | 26,00 |
| Llave de gas | Unidad | 2 | 30,00 | 60,00 |
| Cojinete | Unidad | 4 | 13,39 | 53,57 |
| Tubo cuadrado de 1" | Unidad | 2 | 41,29 | 82,59 |
| Fibra de vidrio | Unidad | 1 | 75,00 | 75,00 |
| Electrodo | Libra | 1 | 8,30 | 8,30 |
| Cilindro de gas de 25 libras | Unidad | 1 | 95,00 | 95,00 |

Fuente: elaboración propia.

2.3.5.2. Mano de obra

Es el esfuerzo físico y mental que se aplicó durante el proceso de elaboración.

Para la fabricación de este equipo de secado se contrató a una persona, encargada de realizar la transformación de los materiales en los elementos primarios del equipo de secado. Esta persona cobró cierta cantidad de dinero por sus servicios prestados que realizó en su taller.

Tabla VI. **Elementos del costo de producción, mano de obra**

| Descripción | Unidad de medida | Cantidad | Costo unitario | Total Q. |
|---|------------------|----------|----------------|----------|
| Mano de obra * | Proceso completo | | | 750 |
| * Corte, remachado, soldadura y armado. | | | | |

Fuente: elaboración propia.

2.3.5.3. Costos indirectos variables

Se conforma por los costos que forman parte importante en el proceso de elaboración de un producto, pero de forma indirecta.

Tabla VII. **Elemento del costo de producción, costos indirectos variables**

| Descripción | Unidad de medida | Cantidad | Costo unitario | Total Q. |
|---------------------------|------------------|----------|----------------|----------|
| Broca de 1/8" | Unidad | 2 | 8,00 | 16,00 |
| Sierra Sandflex ordinaria | Unidad | 1 | 8,93 | 8,93 |

Fuente: elaboración propia.

2.3.5.4. Hoja técnica

Esta herramienta permite determinar el costo directo de producción en la elaboración del nuevo equipo de secado, esta hoja incluye los tres elementos del costo mencionados anteriormente que se muestra en el anexo 5 de este documento.

2.4. Instalación del nuevo equipo de secado al proceso de producción

Una vez construido el nuevo equipo de secado se deberá adaptar al proceso actual de secado.

Como se puede ver en la figura 19, el nuevo equipo de secado tiene una longitud de 95 cm en su unidad de secado y un ancho de 65 cm. Añadiendo a esta medida un espacio considerable a su alrededor por seguridad y para las actividades que se realicen en el área se puede considerar que para instalar el equipo se necesita un área disponible de 2*3 m.

Antes de arrancar el proceso de secado con el nuevo equipo de secado es importante que se realicen algunas revisiones de sus elementos. En el caso de la caja reductora: que esté en el nivel de lubricante indicado, que el cilindro transportador pueda moverse sin mucha resistencia en forma manual y que no tengan fricciones que detengan su movimiento o ruidos que indiquen que alguna pieza esta floja o algún objeto extraño dentro. Asegurarse de que los movimientos de los equipos no pongan en riesgo la seguridad de las personas al operarlos. En el caso de los equipos con componentes eléctricos es necesario asegurar el apriete de las conexiones.

2.4.1. Adiestrar a los operadores en el nuevo método de trabajo

Para llevar a cabo cualquier operación, modificación o cualquier cambio dentro de Arvid, es de suma importancia la participación de los trabajadores de Arvid, ya que un cambio en el método de trabajo involucrará directamente sus acciones.

La alta gerencia de Arvid y la alta gerencia de Balabala S.C también están involucradas en esta etapa; brindan los diferentes recursos de apoyo y cooperación necesarios para la implementación de las acciones de mejora.

La experiencia o comodidad adquirida en la elaboración del proceso puede crear una oposición al cambio, por lo cual adiestrar a los operadores a un nuevo método de trabajo es un proceso muy psicológico. Es importante hacerle saber al personal que el esfuerzo debe ser de toda la organización por mejorar las condiciones de trabajo; se debe ser honesto con ellos y estar muy seguro con el nuevo método.

El proceso de adiestrar a los operadores comenzó prácticamente desde el diagnóstico, los operadores fueron una muy buena fuente de información para conocer la situación actual del proceso quienes mejor conocían como realizar los trabajos, por lo mismo, aportaron ideas muy buenas para el cambio del proceso de secado y en todo momento fueron informados de los cambios que se pretendían implementar.

En todo momento se les informó cómo se realizaría el nuevo proceso de secado para crear entusiasmo a participar y que esto creara un inicio positivo al nuevo método

2.4.2. Aplicar nuevo método de trabajo

Se realizó una prueba de secado con una muestra hoja de dos libras. Si bien el nuevo equipo de secado está capacitado para procesar 25lb de hoja, se realizó con dos libras para fines de adiestrar a los operadores al nuevo equipo.

El procedimiento a seguir con el nuevo equipo de secado es el siguiente:

- Pesar hoja cortada
- Encender horno de secado
- Colocar hoja en embudo de secado
- Recibir hoja en la salida del cilindro
- Envasar
- Transportar a pulverizado

Este paso se tomó también como una capacitación que complementa este proyecto y la forma como se realizó se explica en el capítulo 4 inciso 4.3.3 de este mismo documento.

2.4.3. Análisis de las mejoras esperadas en el proceso con el nuevo equipo

Una vez adiestrados los operadores en el nuevo método de trabajo e instalado el nuevo equipo de secado, se registraron los detalles del nuevo método de trabajo para comprobar que diferencia se obtuvo con la intervención del trabajo técnico realizado en Arvid.

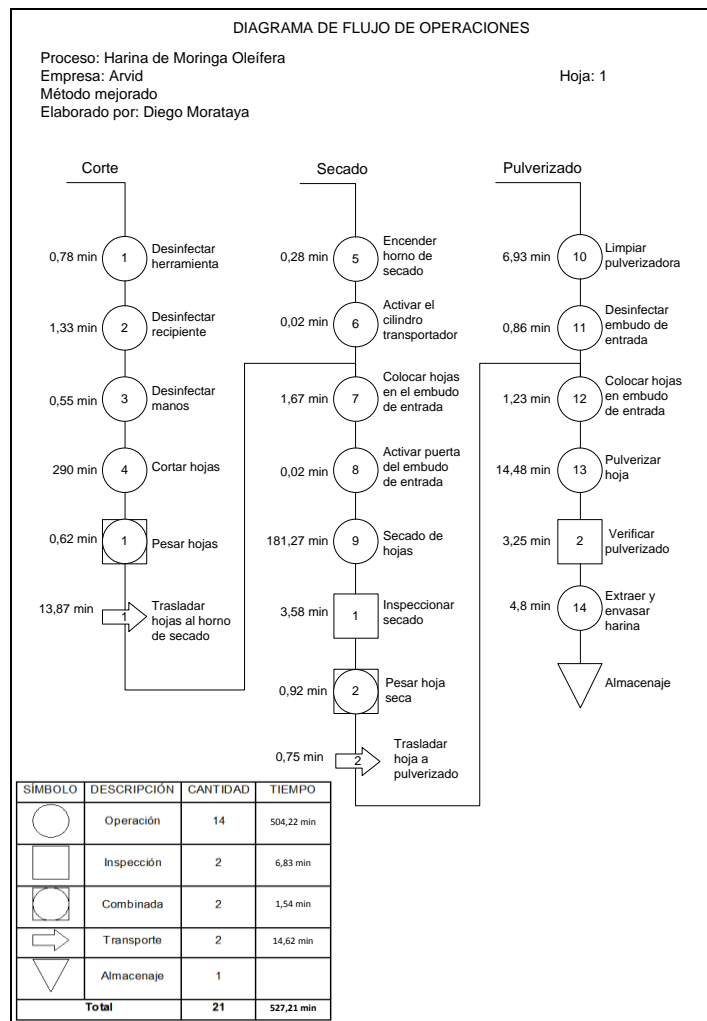
Para analizar las mejoras esperadas con el nuevo proceso, se registraron los detalles por medio de un diagrama de flujo de operaciones del método mejorado.

Al realizar el diagrama de flujo de operaciones del método mejorado se podrá comparar el tiempo de fabricación del proceso de fabricación de harina del método actual vs el método mejorado.

El diagrama de flujo de operaciones del proceso de elaboración de harina de moringa oleífera con el método mejorado se presenta en la siguiente figura.

Los tiempos y las actividades que se muestra en el diagrama son los tiempos y actividades realizadas para procesar 25 lb de hoja de moringa, los tiempos que se muestran en el diagrama son los tiempos promedios de observaciones reales que se tomaron en el campo; el detalle de las observaciones y los cálculos realizados para definir los tiempos se muestran en los anexos 1, 2, 3 y 4.

Figura 27. Diagrama de flujo de operaciones método mejorado







Fuente: elaboración propia.

2.4.4. Comparación del proceso de secado con el nuevo equipo de secado vs el proceso del equipo actual

De los diagramas de flujo de operaciones del proceso de elaboración de harina de moringa, método actual y método mejorado descritos en las figura 6 y 27, respectivamente, se obtienen los datos de las actividades y los tiempos para realizar estas actividades con cada método. Se puede notar que las operaciones para el proceso de secado cambian totalmente con el método mejorado y que el tiempo que se utiliza para realizar el secado es mucho menor que con el método actual, teniendo con esto un proceso más eficiente.

El objetivo principal de la elaboración de un nuevo equipo de secado era para optimizar el proceso de secado actual; comparando estos dos métodos se puede ver que el método mejorado reduce mucho el tiempo para la realización del proceso de fabricación de harina.

Tabla VIII. **Comparación de los métodos`**

| |  |  |  |  | Tiempo (minutos) |
|-------------------|---|---|---|---|------------------|
| Actual | 14 | 3 | 2 | 2 | 3 268,71 |
| Mejorado | 14 | 2 | 2 | 2 | 527,21 |
| Diferencia | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 741,45 |

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la tabla VIII, el método mejorado reduce una operación en este caso de inspección del proceso actual pero la principal y mayor diferencia es en el tiempo de elaboración o el tiempo total del proceso,

que por medio del cambio del método para el proceso de secado, se puede procesar y elaborar la harina de moringa en mucho menos tiempo.

La disminución entre el tiempo de ambos métodos se debe a la incorporación de un equipo de secado mecánico al proceso de secado. También, la incorporación de este equipo de secado aumenta la capacidad de operación del proceso de secado.

Del diagrama de flujo de operaciones de la Figura 27 se pueden tomar los tiempos para realizar las actividades en cada estación de trabajo; al sumar los tiempos de las actividades en cada parte del proceso se obtiene:

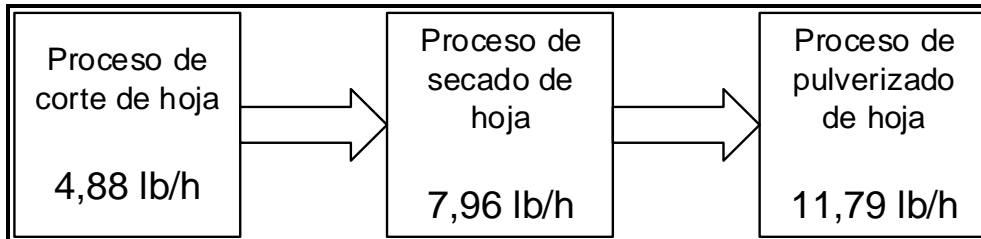
- Proceso de corte = 307,15 min = 5,12 horas
- Proceso de secado = 188,51 min = 3,14 horas
- Proceso de pulverizado= 31,55 min = 0,53 horas

Del diagrama de bloques de la figura 5 se obtiene el volumen de hojas que se procesa en cada estación de trabajo:

- Proceso de corte = 25 lb de hoja de moringa
- Proceso de secado = 25 lb de hoja de moringa
- Proceso de pulverizado= 6,25 lb de hoja seca de moringa

Los datos de la capacidad de producción de cada estación del proceso se calculan por la cantidad de libras de hoja de moringa que se procesa en cada estación, respecto al tiempo en horas en que se realiza. La capacidad de operación de cada estación de trabajo con el nuevo método mejorado en Arvid se presentan en la siguiente figura.

Figura 28. **Capacidad de operación de las estaciones de trabajo del método mejorado**



Fuente: elaboración propia.

Al comparar las capacidades de las estaciones de trabajo con las capacidades de operación de la figura 9, las cuales representan las capacidades de operación del método actual, se puede ver que con el método mejorado se aumenta la capacidad de procesar la hoja en el proceso de secado; la capacidad cambió de 0,51 lb/ h a 7,96 lb/ h, resultado de la incorporación de un nuevo equipo de secado con la capacidad de satisfacer la demanda requerida en un menor tiempo.

También de la figura 28 se puede observar que la nueva restricción se encuentra en el proceso de corte, que es la que ahora tiene una menor capacidad de operación respecto a las otras estaciones; entonces, en el proceso de mejora continua una vez eliminada la restricción anterior puede seguirse mejorando el sistema eliminando la nueva restricción y empezar nuevamente el ciclo.

3. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO

3.1. Situación actual

Del análisis FODA, en la debilidad 5, D5, se puede observar la mala utilización por parte de Arvid del recurso hídrico. Actualmente, en la empresa Arvid se tiene un sistema de riego tradicional con manguera. Al tener este tipo de riego, el agua que se posee no se distribuye uniformemente en los cultivos que genera un desperdicio del recurso hídrico.

Figura 29. **Riego actual en Arvid**



Fuente: elaboración propia.

Así mismo los trabajos que deben hacerse para el riego de los cultivos son muy difíciles y prolongados de realizar para el trabajador; se tiene con esto un proceso de riego lento y muchas horas de trabajo invertidas para realizarlo.

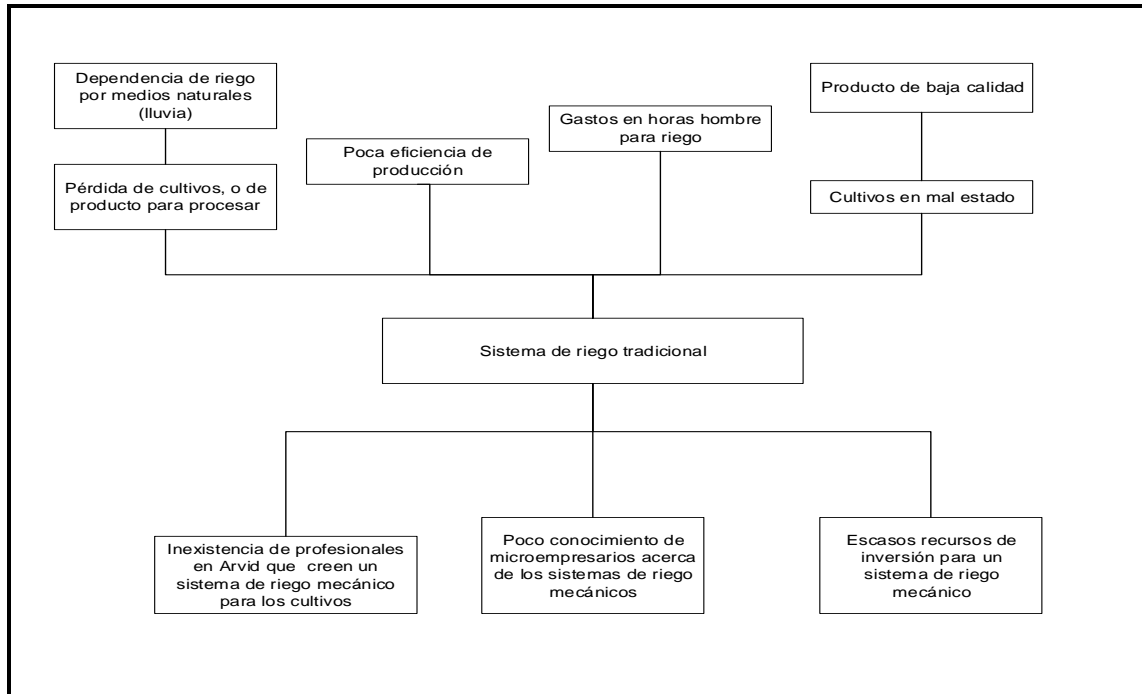
3.1.1. Diagnóstico de la situación actual

Se realiza con el objetivo de conocer qué aspectos provocan la situación actual del proceso de riego en Arvid y para tener las bases para crear una propuesta de solución que elimine los problemas y se mejore el proceso de riego.

3.1.1.1. Árbol de problemas

Por medio de observación directa, charlas con los trabajadores encargados del proceso de riego de los cultivos y el coordinador de proyectos de Arvid, se pudieron definir algunas de las causas por las cuales se utiliza un sistema de riego tradicional en el proceso actual de riego y sus efectos.

Figura 30. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

3.1.1.2. **Recurso hídrico en Arvid**

No se cuenta con servicio de agua potable en las instalaciones, el suministro hídrico de Arvid proviene de un pozo de agua ubicado dentro de las instalaciones. Para conocer la cantidad de agua se realizaron ciertas medidas utilizando términos empleados en el aforo de pozos.

Para la obtención de los datos, fue necesario introducir al pozo, una regla de madera con cintas métricas pegadas y tomar las medidas correspondientes.

Tabla IX. **Materiales utilizados para medir la cantidad de agua**

| | |
|----|---|
| 1. | Bomba de agua de ½ hp |
| 2. | Barril de 100 l |
| 3. | Extensión eléctrica de 10 m de longitud |
| 4. | Manguera de agua de 5 m de longitud |
| 5. | Regla de madera de 3 m de longitud |
| 6. | 3 Cintas métricas de 1 m de longitud |
| 7. | Cronómetro |

Fuente: elaboración propia.

3.1.1.2.1. Nivel estático

Es la distancia vertical medida en metros, desde el brocal del pozo hasta el nivel libre de agua cuando no está siendo bombeado; es decir, es el nivel en el cual el agua se encuentra estabilizada dentro del pozo.

- Profundidad de pozo: 12 m
- Nivel de agua: 2,73 m

Nivel estático: $(12-2,73) \text{ m} = 9,27 \text{ m}$

3.1.1.2.2. Nivel dinámico o de bombeo

Es la distancia vertical medida en metros, desde el brocal del pozo hasta el nivel al cual se mantiene el agua cuando es bombeada. Este nivel es variable y cambia de acuerdo con el agua extraída.

Para calcular el nivel de bombeo se llenó un barril de 100 litros y se realizó la medida correspondiente.

- Profundidad de pozo: 12 m
- Nivel de agua después de llenar el barril: 2,53 m

Nivel de bombeo: $(12-2,53) \text{ m} = 9,47 \text{ m}$

3.1.1.2.3. Abatimiento

Es la diferencia en metros entre el nivel estático y el nivel de bombeo, es decir, la diferencia vertical medida en metros que desciende el nivel estático de un pozo bajo la influencia del bombeo.

- Abatimiento = nivel estático – nivel de bombeo
- Abatimiento = $(9,47 - 9,27) \text{ m}$

Abatimiento = $0,2\text{m} = 20 \text{ cm}$

3.1.1.2.4. Gasto o caudal

Es el volumen de agua que produce un pozo en la unidad de tiempo que se expresa en litros por segundo (lps). Para medir este caudal se llenó un barril de 100 l y se tomó el tiempo de llenado.

$$Q = \frac{v}{t}$$

Donde:

- Q = caudal
- v = volumen
- t = tiempo

Tiempo de llenado de barril de 100 litros: 15,05 minutos = 903 s

$$Q = \frac{100 \text{ l}}{903 \text{ s}} = 903 \text{ l/s}$$

3.1.1.2.5. Nivel de recuperación

Es la distancia vertical medida en metros desde el brocal del pozo hasta el nivel libre de agua a partir del momento cuando fue suspendido el bombeo.

Nivel de recuperación: 9,47 m

3.1.1.2.6. Recuperación

Es el lapso medido en unidad de tiempo que tarda en estabilizarse el nivel de recuperación. Este tiempo fue contado desde el momento cuando fue suspendido el bombeo hasta el momento cuando el pozo recuperó el nivel estático.

Recuperación = 20,03 minutos

Tabla X. **Resumen de datos calculados**

| | | |
|----|---------------------------|---------------|
| 1. | Profundidad de pozo | 12 m |
| 2. | Diámetro de pozo | 1 m |
| 3. | Nivel estático | 9,27 m |
| 4. | Nivel de bombeo | 9,47 m |
| 5. | Abatimiento | 0,2 m |
| 6. | Caudal | 0,11 l/s |
| 7. | Nivel de recuperación | 9,47 m |
| 8. | Recuperación | 20,03 minutos |
| 9. | Cantidad de agua promedio | 2144,14 l |

Fuente: elaboración propia.

Con los datos que se presentan en la tabla X se puede ver que la cantidad de agua para el riego es una cantidad relativamente grande.

Otro dato importante que se observa en la tabla X es la recuperación del pozo; el lapso promedio en que el pozo alcanza su nivel estático es de 20 minutos, lo cual indica que la ubicación en la que se encuentra el pozo es correcta y muy buena para suministrar el recurso hídrico en Arvid.

3.1.2. Cultivos de moringa oleífera

Los métodos de siembra que se pueden implementar en el cultivo de Moringa son:

- Siembra directa: directamente en campo, puede realizarse con sembradora o manual en el terreno previamente preparado.
- Siembra de viveros: se realiza con el propósito de obtener un mejor control de la plantación en sus primeros días, previo al establecimiento en campo.

3.1.2.1. Características de la planta

- Altura: hasta 1 000 msnm.
- Suelo: todo tipo de suelos.
- Temperatura: 25-35 °C tolera hasta los 48 °C.

- Precipitación: 250 a 1 500 mm anuales, esta planta no soporta el encharcamiento.
- Intensidad lumínica: es un cultivo de poca o nada de sombra debido a que el aumento de sombra aminora la cantidad de nutrientes existentes en la hoja.

3.1.2.1.1. Raíz

La raíz principal mide varios metros y es carnososa en forma de rábano. La raíz brinda a la planta cierta resistencia para la sequía durante periodos prolongados.

3.1.2.1.2. Árbol

Es un es un árbol de corteza blanquecina, el tronco generalmente es leñoso e irregular con diámetro entre 20 cm y 40 cm. La altura entre 10 m y 12 m, la corona pequeña y densa.

Figura 31. **Árbol de moringa oleífera**



Fuente: elaboración propia.

3.1.2.1.3. Hojas de moringa

Las hojas miden unos 20 cm de largo aproximadamente, con hojuelas delgadas, oblongas u ovaladas de 1 cm a 2 cm de largo y de color verde claro.

Figura 32. **Hojas de moringa oleífera**



Fuente: elaboración propia.

3.1.2.1.4. Flor

Las flores de la moringa oleífera son de color crema, con estambres amarillos, muy numerosos y fragantes, miden de 1 cm a 1,5 cm de largo. Encuentran agrupadas, compuestas por sépalos lineales de 9 mm y 13 mm de largo y los pétalos son algo más grandes que los sépalos.

Figura 33. **Flor de moringa oleífera**



Fuente: elaboración propia.

3.1.2.1.5. Fruto

El fruto está formado por tres lígulas en forma triangular y lineal con la apariencia de vaina. Miden de 20 a 45 cm de largo y 1 cm a 2 cm de grosor. Al verla transversalmente se observa una sección triangular con varias semillas dispuestas a lo largo.

Figura 34. **Fruto del árbol de moringa oleífera**



Fuente: elaboración propia.

Las semillas son carnosas, cubiertas por una cáscara fina de color café; posee tres alas o semillas aladas, al quitar la cáscara se obtiene el endospermo blanquecino y muy oleaginoso.

Figura 35. **Semillas de moringa oleífera**



Fuente: elaboración propia.

3.1.2.2. Producción de hoja de moringa oleífera

Para la producción de hoja es necesario considerar los siguientes criterios:

- Distanciamiento: 40 cm entre surco y 30 cm entre planta.
- Cosecha: se realiza 3 meses después de la siembra y/o cuando la planta alcanza una altura de 1 metro.
- 1er Cosecha: se retiran las ramas laterales, se eliminan las hojas amarillentas y conservan las verdes se deben dejar ramas superiores para que la planta continúe el ciclo de fotosíntesis.

- 2da Cosecha: se poda desde el tronco de la planta dejando solamente 15 cm de altura desde el suelo hasta el corte.

Se estará cosechando nuevamente en un rango de 30 días y 45 días después de la segunda cosecha.

3.1.2.2.1. Riego en moringa oleífera

La planta no demanda demasiado riego, aproximadamente 1,5 litros por riego. Cuando se presenta el amarillamiento de las hojas en la planta son señales de estrés hídrico y se necesita de un riego adicional. El terreno donde se planta debe poseer un buen drenaje ya que esta planta no soporta el encharcamiento, sus raíces pueden llegar a pudrirse si reciben un exceso de agua por riego o lluvia.

Es muy resistente a las épocas de sequía pero en periodos prolongados puede perder las hojas; si la lluvia es continua durante todo el año, se tendrá un rendimiento casi continuo, pero en condiciones de aridez, la floración puede ser inducida a través del riego.

Existen tipos de sistemas de riego con los que se logra aprovechar eficientemente el agua y generan un rendimiento alto de los cultivos y un ahorro de trabajo y tiempo.

3.2. Sistemas de riego

Un sistema de riego es el conjunto de elementos mecánicos y tuberías que suministran eficientemente agua y fertilizantes a los cultivos de determinada parcela de terreno.

3.2.1. Objetivos del riego

- Suministrar la humedad necesaria para el desarrollo de los cultivos.
- Asegurar abasto suficiente de agua a los cultivos durante sequías de corta duración y clima impredecible.

3.2.2. Tipos de riego

Dentro de la ingeniería del riego están todos los aspectos relacionados con las infraestructuras y las instalaciones de riego necesarias para una correcta aplicación del agua a la parcela de cultivo. Esta aplicación se puede realizar de diversas maneras que se pueden englobar en tres métodos principales.

3.2.2.1. Riego por gravedad

La característica principal del riego por gravedad es la forma de distribuir el agua en el suelo, la cual como su nombre lo indica es por gravedad. Al avanzar el agua sobre la superficie del suelo se produce simultáneamente la distribución del agua en la parcela y su infiltración en el perfil del suelo.

- Ventajas
 - Simplicidad de instalaciones e infraestructura.
 - Fácil mantenimiento.

- Por la forma de regarse, la necesidad de fuentes de energía mecánica o eléctrica es casi nula.
- Desventajas
 - Tienden a estar afectados por inundación y salinidad si no se ha previsto un adecuado drenaje.
 - La superficie del terreno es el sistema de conducción y distribución; por lo tanto, se requiere que la parcela esté desnivelada.
 - Dificultad de aplicar dosis bajas.
 - Requerimientos elevados de mano de obra.
 - Dificultades para la automatización y el telecontrol.

3.2.2.2. Riego por aspersión

El riego por aspersión es una modalidad de riego mediante la cual el agua llega a las plantas en forma de 'lluvia' localizada.

- Ventajas
 - Se adapta a las distintas dosis de riego necesarias.
 - No necesita nivelación. Facilita, por lo general, la mecanización.

- Fácil de automatizar.
- Suele permitir el tratamiento con fertilizantes.
- Desventajas
 - Mala uniformidad en el reparto de agua por la acción de fuertes vientos; esto hace que se rieguen, también, las malas hierbas alrededor o cerca de los cultivos.
 - Alto costo de inversión inicial.
 - Alto costo de mantenimiento y funcionamiento.

3.2.2.3. Riego localizado

Es un método de riego que permite mantener un nivel adecuado y constante de humedad en el suelo, aplica el agua gota a gota en el radio de la planta a regar. Con este tipo de riego se genera una aplicación del agua de una manera lenta, localizada y uniforme; humedece una parte del terreno y mantiene a altos niveles de humedad.

- Ventajas
 - Mejor aprovechamiento del agua con respecto a otros sistemas de riego.
 - Se utilizan pequeños caudales a baja presión.

- Reducción de la mano de obra, sobre todo, porque disminuyen las malas hierbas al no humedecer la totalidad del suelo.
- Riegos de alta frecuencia.
- Facilita la automatización.
- Se puede utilizar en terrenos de mucha pendiente.
- Desventajas
 - Alto costo de instalación
 - Posibilidad de salinización del suelo
 - Necesidad de fertilizantes totalmente solubles en agua

3.2.3. Comparación de los sistemas de riego

La elección de un sistema de riego debe hacerse con base en los recursos disponibles y los resultados deseados; también, se deben analizar las ventajas y desventajas de cada uno.

Analizando la teoría acerca del sistema de riego por gravedad; este tipo de sistema tiene la dificultad de aportar dosis bajas; debido a esto el consumo de agua sería mayor con este sistema de riego, por lo cual, es un sistema poco eficiente.

El sistema de riego por aspersión es un sistema con dificultades de instalación similares a la de un sistema de riego localizado; el inconveniente principal de utilizar este sistema de riego es la mala uniformidad en el reparto de agua a los cultivos.

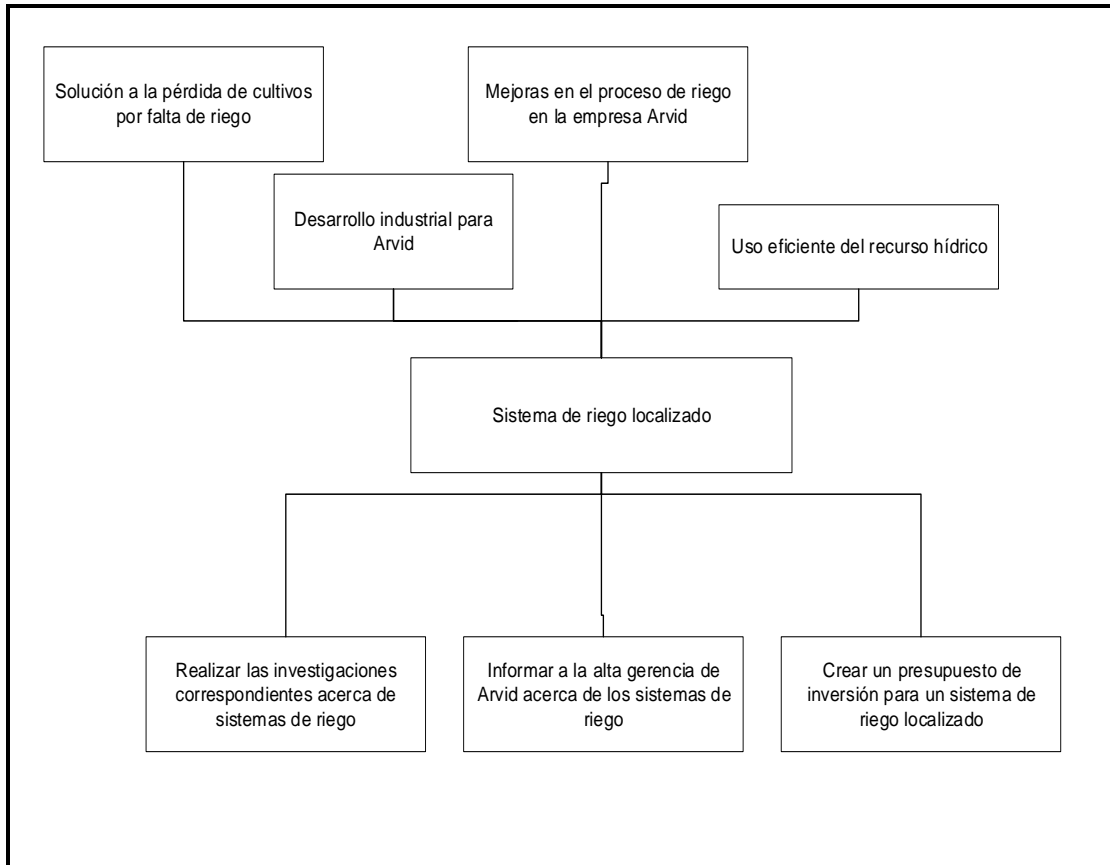
El sistema de riego localizado es un sistema con mejores ventajas que el sistema de riego por aspersión y el riego por gravedad; los aspectos negativos que presenta son aspectos que pueden solucionarse fácilmente comparados con los aspectos negativos de los otros sistemas de riego.

3.3. Propuesta de mejora

La propuesta de un sistema de riego para los cultivos de moringa oleífera en Arvid se presenta como una acción en el proceso de industrialización. Pretende ser una solución a los problemas descritos en el árbol de problemas de la figura 30 para generar conciencia a la alta gerencia de Arvid que la producción de sus cultivos puede mejorar con la inversión de un eficiente sistema de riego.

La propuesta realizada a Arvid es la de cambiar su sistema de riego tradicional a un sistema de riego localizado.

Figura 36. **Árbol de objetivos**



Fuente: elaboración propia.

3.3.1. **Justificación**

La necesidad de diseñar un sistema de riego para los cultivos de moringa en Arvid nace de la idea de industrializar el proceso de producción de moringa oleífera, a la vez, mejorar el sistema actual de riego. Actualmente, en la empresa Arvid se tiene un sistema de riego tradicional con manguera: se riegan los cultivos una vez por semana por el transcurso de 1 hora al inicio de

las actividades; también, la forma como se maneja el riego para los cultivos depende mucho de la lluvia que puede caer en la zona.

Con el sistema tradicional de riego con manguera no se riegan los cultivos de forma eficiente ya que no se puede contralar totalmente lo que se riega; con este sistema de riego, además de regar los cultivos, se riegan elementos no deseados como las malas hierbas o monte.

Un sistema de riego localizado logra aprovechar eficientemente el agua para el riego y genera un rendimiento alto de los cultivos; también, genera un ahorro de trabajo y tiempo para realizar el riego, con este se disminuye la dependencia del riego por lluvia; evita problemas de pérdidas de cultivo en época de sequía.

3.3.2. Delimitación de la propuesta

La totalidad del área de terreno de Arvid para sus cultivos es alrededor de 5 manzanas o bien 35 000 m²; relativamente, es un área grande y una inversión inicial muy elevada para cubrir toda esa cantidad de terreno; por lo cual la propuesta del sistema de riego localizado se realiza para 1 manzana de terreno equivalente a 7 000 m².

3.3.3. Alcances

La creación de esta propuesta generará un interés por parte de la alta gerencia de Arvid para invertir en un proceso mecánico de riego.

Una manzana de terreno de los cultivos de Arvid cuenta con un sistema de riego localizado que mejore la producción de la hoja de moringa para la fabricación de harina de moringa.

3.3.4. Partes del sistema de riego

Existen diferentes tipos de sistemas de riego, pero todos los sistemas de riego se conforman por los siguientes elementos para su funcionamiento.

3.3.4.1. Fuente de agua

Puede ser superficial o subterránea, es superficial si el agua se extrae de un lago, río o manantial; se conduce a través de un canal de riego y es subterránea cuando el agua es extraída de un pozo.

Se pueden instalar tanques de agua que brinden disponibilidad de agua permanente; además, sedimenten las impurezas que puedan obstruir los goteros.

3.3.4.2. Equipo de bombeo

La función del equipo de bombeo es aportar la energía al fluido, con ello se consigue darle movimiento y presión de trabajo. El equipo de bombeo se compone por la unidad motriz: motor y bomba.

3.3.4.3. Cabezal de riego

Comprende un conjunto de elementos que sirven para tratar, medir y filtrar el agua, comprobar su presión e incorporar los fertilizantes.

Desde el cabezal se regula el suministro de agua y muchas prácticas agrícolas como la fertilización y la aplicación de pesticidas.

3.3.4.4. Equipo de filtrado

Sirve para retener impurezas, partículas, sólidos en suspensión del agua de riego para evitar que pasen al resto del sistema; de lo contrario, se presentarán obturaciones en los goteros.

3.3.4.5. Red de distribución

Es el conjunto de tuberías que conducen el agua desde el cabezal hasta las plantas. Del cabezal parte una red de tuberías, primarias, secundarias, etc., según su orden. Las de último orden, llamadas tuberías laterales, distribuyen el agua uniformemente a lo largo de su longitud por medio de los emisores u orificios.

3.3.4.5.1. Tubería de conducción

Normalmente son de polivinilo de carbono (PVC) y de preferencia deben ir enterradas para que no se dañen con la luz solar, si se necesita flexibilidad en la instalación es mejor utilizar tuberías de polietileno. Se pueden dividir en:

- Primaria o matriz: parte del cabezal del sistema hasta la zona de riego.
- Secundaria: conecta la tubería primaria con el sector de riego.
- Terciaria: es la tubería que va en la cabecera del sector de riego; van conectadas las líneas o tuberías portagoteros.

- Líneas emisoras o líneas para goteros: suelen ser de polietileno; en estas se incorporan los goteros y van colocadas esta va pie de las plantas en las hileras del cultivo.

3.3.4.6. Emisores

Son los dispositivos que se incorporan a las líneas emisoras y que suministran y regulan el agua a los cultivos.

3.3.5. Datos calculados para la nueva propuesta

Para crear la propuesta de un sistema de riego en Arvid se realizaron varios cálculos que toman en cuenta aspectos como la cantidad de cultivos a regar, la longitud de la tubería que se requiere y los materiales necesarios para calcular el costo de inversión del sistema de riego propuesto.

3.3.5.1. Fuente de agua de la propuesta

El recurso hídrico se obtendrá del pozo de agua que se encuentra dentro de las instalaciones de Arvid. Los datos de la cantidad de agua que posee y el caudal con el que se cuenta se presentaron en el diagnóstico y en la tabla X.

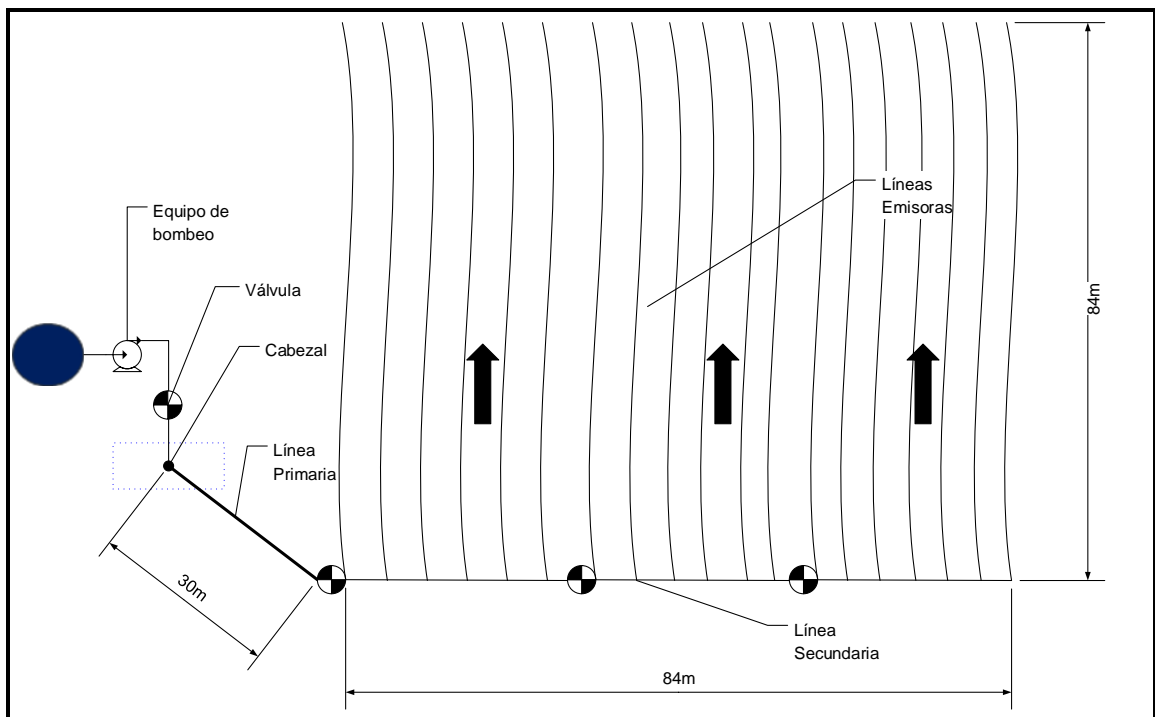
3.3.5.2. Equipo de bombeo de la propuesta

El equipo de bombeo con el que trabajará el sistema de riego propuesto es el de Arvid; este es una bomba centrífuga que se acciona por un motor estacionario que se acciona por medio de cuerda y trabaja con combustible gasolina (figura 7).

3.3.5.3. Red de distribución de la propuesta

Se realizó mediante la medición del lote en el campo, se determinó la posición del cabezal de riego, los equipos y las tuberías que se utilizarán.

Figura 37. Bosquejo del sistema de riego propuesto



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2013.

3.3.5.4. Distancia entre líneas emisoras

Se refiere a la distancia que existe entre los surcos del cultivo. Este dato se obtuvo con medición en el área y es de 1,90 m.

3.3.5.5. Distancia entre emisores

Este dato se refiere a la distancia entre cada planta del mismo surco. Este dato se obtuvo con medición en el área y es de 1,90 m.

3.3.5.6. Número de líneas emisoras por sector

Para estimar este dato, se dividió la parcela de terreno donde se pretende instalar el sistema de riego, en tres sectores: sector 1, sector 2 y sector 3; por lo cual los siguientes datos, se calcularon para un único sector y estos serán los mismos para otros los dos sectores.

Se estima la cantidad de líneas emisoras mediante la fórmula:

$$\text{Núm. de líneas emisoras por sector} = ld/dl$$

Donde:

- $Ld = \text{longitud de tubería secundaria}$
- $dl = \text{distancia entre líneas emisoras}$

Por tanto:

$$\text{No. de líneas emisoras por sector} = \frac{28}{1,90} = 14,7 \cong 15$$

3.3.5.7. Cantidad de emisores por línea emisora

Se estima el número de emisores mediante la fórmula:

$$\text{Núm. de emisores por línea emisora} = Ll/de$$

Donde:

- $Ll = \text{longitud de línea emisora}$
- $de = \text{distanica entre emisores}$

Por tanto:

$$\text{Núm. de emisores por línea emisora} = \frac{84}{1,90} = 44,2 \cong 44$$

3.3.5.8. Cantidad total de emisores

Se estima la cantidad total de emisores mediante la fórmula:

$$\text{Ctd. total de emisore} = \text{Núm. ELE} * \text{Núm. LE por sector} * \text{cantidad de sectores}$$

Donde:

- $\text{Núm. ELE} = \text{número de emisores por línea emisora}$
- $\text{Núm. LE por sector} = \text{número de líneas emisoras por sector}$

Por tanto:

$$\text{Ctd. total de emisores} = 44 * 15 * 3 = 1\ 980$$

3.3.5.9. Intervalo de riego

Para este sistema se recomienda de 1 a 3 días; con el productor se define los días del intervalo de riego.

El intervalo de riego será de cada 2 días y cuando la planta presente un estrés hídrico.

3.3.5.10. Horas disponibles para riego

Este dato se estableció con los agricultores de Arvid quienes serían los encargados de accionar, controlar y desactivar el sistema de riego. Este tiempo se definió para 5 horas diarias.

En la tabla siguiente se describen los datos calculados necesarios para el sistema de riego propuesto y la fuente de los resultados en la tabla siguiente:

Tabla XI. **Datos calculados**

| | Descripción | Valor | Fuente de información |
|-----|--|-------------------------------|---|
| 1. | Área a regar | 1 manzana | Medición de parcela |
| 1.1 | Área a regar | 7 000 m ² | Medición de parcela |
| 2. | Cultivo a regar | Moringa | Entrevista a agricultor |
| 3. | Caudal | 0,11 l/s | Prueba de aforo |
| 5. | Eficiencia de riego | 90 % | Datos estándares de un sistema de riego por goteo |
| 6. | Intervalo de riego | 2 días | Entrevista e investigación |
| 7. | Distancia entre laterales | 1,90 m | Medición en la parcela de terreno |
| 8. | Distancia entre emisores | 1,90 m | Medición en la parcela de terreno |
| 9. | Horas disponibles diarias para riego | 5 horas | Entrevista con el agricultor |
| 10. | Número de líneas emisoras por sector | 15 líneas emisoras por sector | Dato calculado con las medidas correspondientes |
| 11. | Cantidad de emisores por línea emisora | 44 emisores | Dato calculado con las medidas correspondientes |
| 12. | Cantidad total de emisores | 1 980 emisores | Dato calculado con las medidas correspondientes |

Fuente: elaboración propia.

3.3.6. Materiales necesarios para la nueva propuesta

Los materiales necesarios para la nueva propuesta se utilizarán para 2 secciones:

- Cabezal de riego y tubería de distribución
- Líneas emisoras de riego y emisores

3.3.6.1. Materiales necesarios para el cabezal de riego y tubería de distribución

- 1 válvula de bola PVC MATCO 38 mm-1 1/2" C/C
- 1 filtro de malla para sistemas de riego
- 35 m de tubería PVC de 1 1/2"
- 4 codos 90° PVC de 1 1/2" de campana cementada
- 1 codo 45° PVC de campana cementada
- Reducidor *bushing* liso para PVC de 1 1/2" a 1"
- 84 m de tubería PVC de 1"
- Válvulas de bola PVC MATCO 25 mm– 1"

Los precios de los materiales presentados son los precios de Amanco, Guatemala, de fecha 22/06/2015.

3.3.6.2. Materiales necesarios para las líneas emisoras de riego y los emisores

- 3 780 m de tubo de polietileno de 16 mm
- 1 980 goteros compensados de 4 lph

3.3.7. Costo de materiales necesarios para el sistema de riego propuesto

Los precios del tubo de polietileno de 16 mm, y los goteros compensados de 4 lph, son los únicos materiales que no fueron consultados en Amanco Guatemala; los precios que se presentan son precios consultados en riegos modernos de fecha 2/2/2016

Tabla XII. Costo de materiales de sistema de riego

| Municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa | | | | |
|--|------------------|----------|-------------------|------------------|
| Costo materiales necesarios para el sistema de riego | | | | |
| Año: 2015 | | | | |
| Descripción | Unidad de medida | Cantidad | Costo unitario Q. | Total Q. |
| * Tubo de polietileno de 16 mm, 400 m el rollo | Rollo | 10 | 1 736,04 | 17 360,04 |
| Goteros compensados de 4 lph | Unidad | 1 980 | 1,95 | 3 861,00 |
| Tubo PVC de 1" de 6 metros | Metro | 14 | 39,00 | 546,00 |
| Tubo PVC de 1 1/2" de 6 metros | Metro | 6 | 69,00 | 414,00 |
| Codos 90° PVC de 1 1/2" de campana cementada | Unidad | 4 | 5,60 | 22,40 |
| Válvulas de bola PVC MATCO 25 mm - 1" | Unidad | 3 | 30,00 | 90,00 |
| Válvula de Bola PVC MATCO 38 mm- 1 1/2" C/C | Unidad | 1 | 55,00 | 55,00 |
| Filtro de malla para sistemas de riego | Unidad | 1 | 85,00 | 85,00 |
| Codo 45° PVC de 1 1/2" de campana cementada | Unidad | 1 | 8,00 | 8,00 |
| Reductor <i>bushing</i> liso para PVC de 1 1/2" a 1" | Libra | 1 | 4,70 | 4,70 |
| Pegamento PVC | 1/32 Galón | 1 | 27,50 | 27,50 |
| Total | | | | 22 473,64 |

* El costo del rollo de polietileno se cotizó en la empresa Riegos Modernos y el dato proporcionado es de \$ 222.00 el rollo, con tasa de cambio del Banco Industrial. La tasa de cambio que se utilizó para proporcionar este dato es la del día 25/6/2015.

Fuente: elaboración propia.

3.3.8. Implementación del sistema de riego propuesto

Esta propuesta de sistema de riego por goteo se presenta a la alta gerencia de Arvid cuyo responsable será el encargado de proyectos de Arvid junto con los trabajadores de Arvid.

3.3.8.1. Instalar cabezal de riego

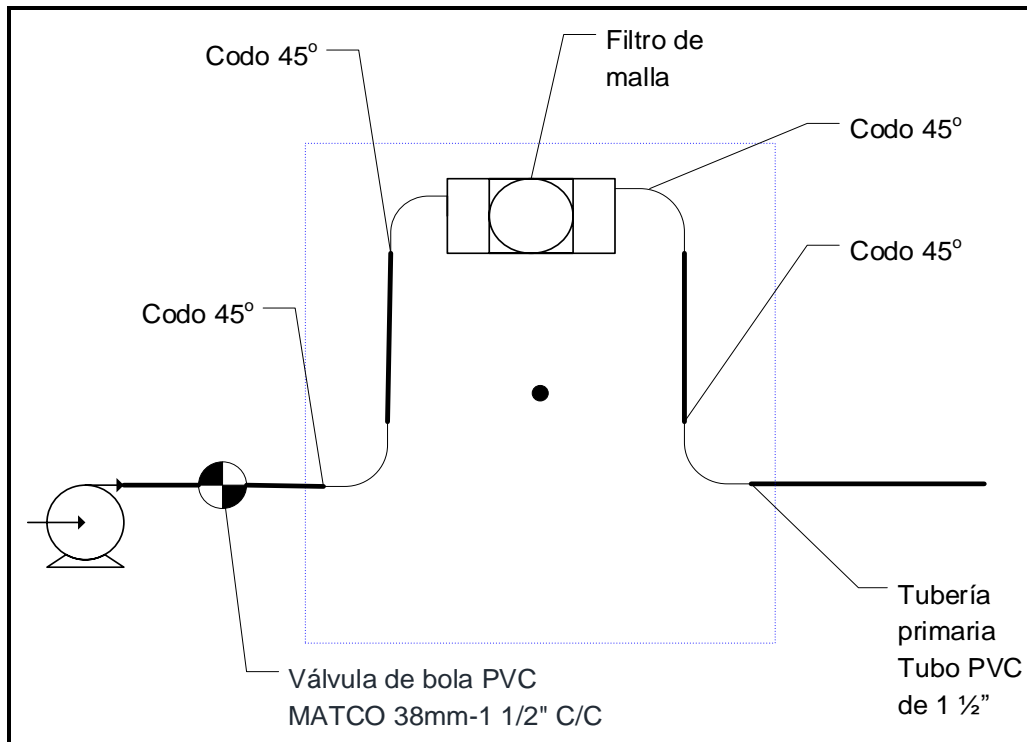
Para instalar el cabezal de riego se deben utilizar los materiales siguientes:

- 1 Válvula de bola PVC MATCO 38 mm-1 1/2" C/C
- 1 filtro de malla para sistemas de riego
- 4 codos 90° PVC de 1 1/2" de campana cementada
- Tubería PVC de 1 1/2" (lo necesario)

El cabezal de riego para el sistema de riego propuesto se utilizará para abrir y cerrar el paso de agua desde el pozo al sistema de riego y para limpiar las impurezas del agua para el riego.

Los elementos del cabezal de riego y la forma como debe quedar el cabezal de riego ya instalado es el que se presenta en la siguiente figura.

Figura 38. **Cabezal de riego propuesto**



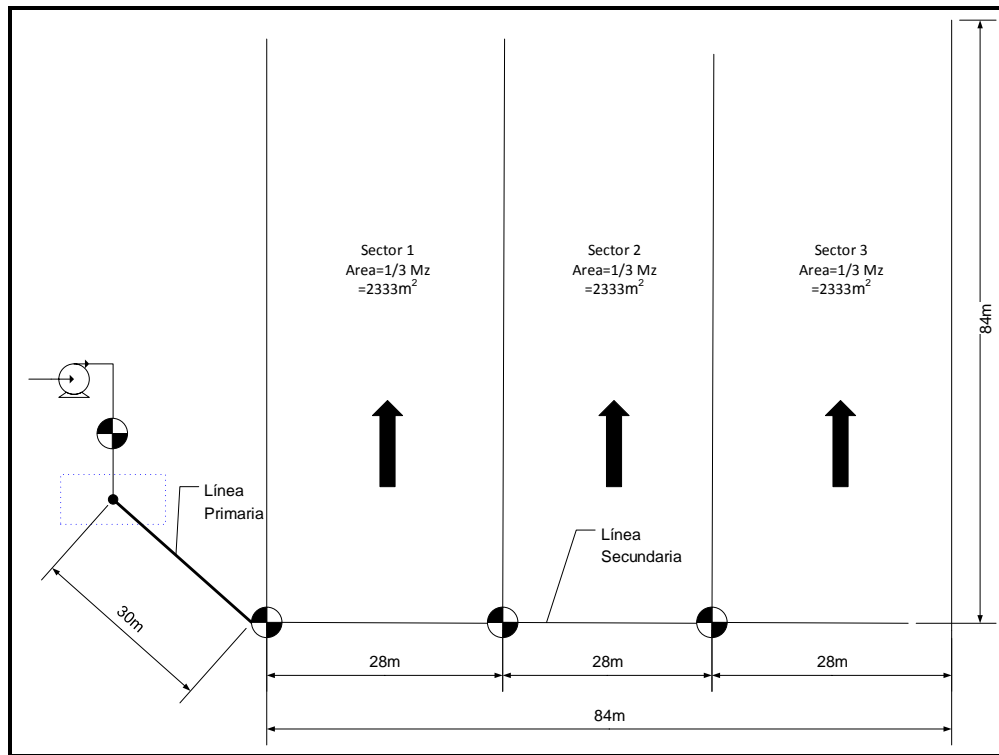
Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2013.

La tubería primaria o la tubería PVC de 1 1/2", como se ve en la figura, sale del cabezal de riego hasta la línea secundaria, que se encuentra en la cabecera de la parcela de terreno donde están los cultivos a regar.

3.3.8.2. Instalar la línea secundaria y las líneas emisoras de riego

La línea secundaria de riego se dividirá en 3 secciones para formar los tres sectores de riego. Esta línea comienza en la válvula al final de la línea primaria y los sectores se dividirán con tres válvulas para controlar el paso de agua y los días que se regará cada sector.

Figura 39. Sectores de riego



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2013.

Los materiales necesarios para instalar la línea secundaria y las líneas emisoras de riego son los siguientes:

- Codo 45° PVC de 1 1/2" de campana cementada
- Reducidor *bushing* liso para PVC de 1 1/2" a 1"
- 3 válvulas de Bola PVC MATCO 25 mm - 1"
- 14 tubos PVC de 1" de 6 metros
- 3 780 m de tubo de polietileno de 16 mm
- 1 980 goteros compensados de 4 lph

Los goteros se instalan a lo largo de las líneas emisoras de riego a una distancia de 1,90 m cada uno o bien en el lugar donde se encuentra cada planta de moringa oleífera.

4. FASE DE DOCENCIA: PLAN DE CAPACITACIÓN

4.1. Definición

La capacitación se refiere a los métodos para fomentar en los colaboradores las habilidades y los conocimientos necesarios para mejorar sus tareas dentro de la empresa. Los colaboradores deben capacitarse para que puedan desempeñar eficientemente los métodos de trabajo y ser un buen miembro dentro del equipo de trabajo.

Es de utilidad diferenciar entre los conceptos de capacitación y adiestramiento:

- **Adiestramiento:** es instruir, enseñar o guiar a una persona a adquirir lo más rápido posible las habilidades necesarias para realizar una tarea, mediante un entrenamiento práctico y sin profundizar en los aspectos teóricos.
- **Capacitación:** instruir, enseñar o guiar a una persona proporcionándole información teórica y práctica que le permita manejar conceptos, mejorar sus aptitudes y elevar su nivel general de conocimientos. El objetivo general de una capacitación es que la persona capacitada conozca por qué se hacen las cosas de determinada manera.

Siempre lo ideal y lo deseable es lograr lo segundo, es decir, la capacitación; por lo tanto, para este proyecto se presenta un plan de

capacitación que se basa en ambos conceptos: el adiestramiento y la capacitación.

4.2. Plan de capacitación

La implementación de un nuevo equipo de secado en el proceso de fabricación de harina de moringa implica un cambio en el método de trabajo actual de Arvid que a su vez representa nuevas tareas para los trabajadores por lo cual se hace necesario instruirlos sobre cómo realizar estas tareas y hacerles saber por qué se realiza el cambio.

4.2.1. Justificación

En la empresa Arvid no se tiene ni se ha dado un programa de capacitación para los trabajadores. Con la creación e implementación de un nuevo equipo de secado al proceso de elaboración de harina, es necesario elevar el nivel general de conocimientos del personal operativo a través de un plan capacitación con el objetivo de que los trabajadores se adapten al nuevo método de trabajo y puedan realizar las tareas.

4.2.2. Alcance

La capacitación sobre el diseño e implantación al proceso de un equipo de secado de hojas de moringa para la empresa Arvid se realizará para todos los trabajadores de Arvid y para el coordinador de proyectos.

4.2.3. Objetivos

- Que las personas capacitadas conozcan sobre el secado de hierbas y los equipos de secado existentes.
- Actualizar y elevar los conocimientos y habilidades de las personas capacitadas en sus tareas actuales de trabajo.
- Proporcionar información necesaria a las personas capacitadas, sobre la aplicación de un nuevo método de trabajo en el proceso de elaboración de harina de moringa.
- Adiestrar a los trabajadores de Arvid en el uso del nuevo equipo de secado de hojas de moringa.

4.2.4. Capacitaciones

Las capacitaciones que se darán en Arvid son:

- Secado de hierbas y equipos de secado
- Evaluación del proceso actual de secado
- Uso del nuevo equipo de secado de hojas de moringa

4.2.5. Programación

En la tabla siguiente se presenta la programación de las capacitaciones que se impartirán a los trabajadores de Arvid y al coordinador de proyectos; muestra el orden y las fechas cuando se realizarán.

Tabla XIII. **Programación de las capacitaciones**

| Núm. | Capacitación | Inicio | Final |
|-------------|---|---------------|--------------|
| 1. | Secado de hierbas y equipos de secado | 26/03/2015 | 26/03/2015 |
| 2. | Evaluación del proceso actual de secado | 28/04/2015 | 28/04/2015 |
| 3. | Uso del nuevo equipo de secado de hojas de moringa. | 12/08/2015 | 12/08/2015 |

Fuente: elaboración propia.

4.3. Capacitaciones realizadas en Arvid

A continuación, se describen las capacitaciones brindadas por el epesista a los trabajadores en Arvid; se describe la metodología utilizada, los objetivos, el contenido y los resultados en cada una de las capacitaciones.

4.3.1. Capacitación 1: secado de hierbas y equipos de secado

- Metodología

Conferencia participativa no formal. Se reunió a los trabajadores de Arvid y al coordinador de proyectos para exponerles por medio de un marco teórico previamente preparado sobre el secado de hierbas y los equipos de secado.

- Objetivos

Que los trabajadores de Arvid y el coordinador de proyectos conozcan por qué se realiza el secado de hierbas y las formas para realizarlo.

Que los trabajadores y la junta directiva de Arvid conozcan los elementos y el funcionamiento de los equipos de secado.

Realizar con las personas capacitadas un diagrama de lluvia de ideas donde se defina la idea principal del diseño del nuevo equipo de secado.

- Contenido
 - Secado de hierbas
 - Tipos de secado
 - Secado natural pasivo
 - Secado natural activo
 - Secado mecánico
 - Equipos de secado
 - Tipos de equipos de secado
 - Secadero de dos plantas
 - Secadero de cabina, bandejas o compartimientos
 - Secadero de túnel continuo con cinta transportadora
- Resultados de la capacitación

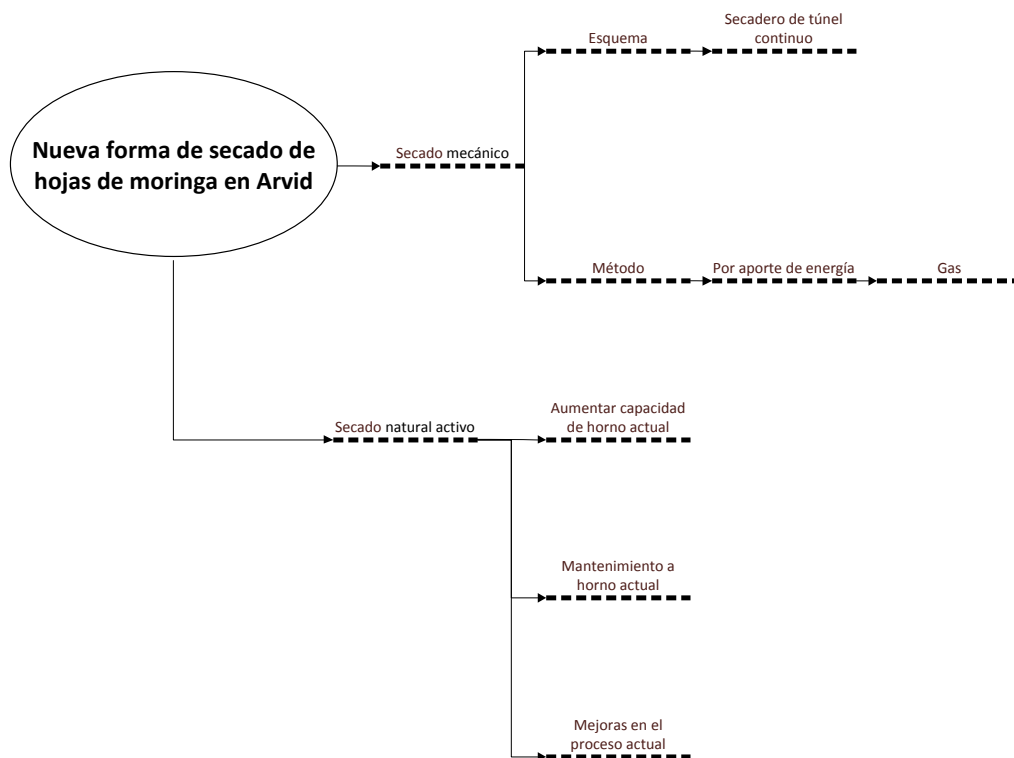
Se expuso a los trabajadores de Arvid y al coordinador de proyectos, los temas del secado de hierbas y los diferentes métodos de secado.

Las personas capacitadas ahora saben por qué se secan las hierbas y los diferentes métodos de secado.

Debido a que los trabajadores de Arvid no saben leer ni escribir, la forma de evaluarlos de esta capacitación fueron preguntas directas acerca del tema. Para registrar esta evaluación, se utilizó la técnica de lluvia de ideas, como el tema principal fue cómo realizar una nueva forma de secado de las hojas de moringa en Arvid. Para realizarla, el capacitador realizó preguntas acerca de las formas en las que se puede realizar el secado de hojas y cómo podrían realizarse estas en Arvid.

El resultado de la aplicación de esta técnica es un diagrama donde se presentan las ideas y opiniones de las personas capacitadas acerca del tema.

Figura 40. **Diagrama de lluvia de ideas de la capacitación**



Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Capacitación 2: evaluación del proceso actual de secado

- Metodología

Conferencia participativa no formal. Se reunió a los trabajadores de Arvid y al coordinador de proyectos para exponerles por medio de un marco teórico previamente preparado, algunos problemas identificados por el equipo técnico de Balabala S.C en el proceso actual de secado.

- Objetivos

Dar a conocer a los trabajadores de Arvid y al coordinador de proyectos, las deficiencias observadas en el proceso actual de secado.

Exponer al coordinador de proyectos, propuestas de solución a las deficiencias observadas en el proceso de secado.

Definir que propuestas de solución se realizarán en Arvid para reforzar el proceso de industrialización.

- Contenido

Se evaluó por medio de observación y pláticas con los trabajadores de Arvid, las instalaciones para realizar el secado de las hojas de moringa. Al realizar esta evaluación se definieron algunos problemas que afectan el proceso de secado y se definieron acciones para solucionarlas. Estas soluciones se proponen al coordinador de proyectos para definir qué acciones se realizarán a corto, mediano y largo plazo en Arvid.

Evaluaciones y propuestas de mejora realizadas

- Entrada a horno de secado

Al finalizar con el corte de hojas de moringa, el trabajador ingresa las hojas al horno y no cambia ni desinfecta sus zapatos, lo que provoca que al horno ingresen sustancias, como tierra o abono, que se contrae en el proceso de corte.

Figura 41. **Entrada a horno de secado**



Fuente: elaboración propia.

Solución propuesta: realizar pediluvio en la entrada al horno de secado para mantener un ambiente limpio y evitar la contaminación por calzado dentro del horno de secado.

- **Recolector de aire natural**

Se tiene un pequeño volumen de aire para el secado de hoja que depende de las condiciones climáticas del lugar. Recolector de aire natural se refiere a que no existe ninguna fuente mecánica que produzca aire caliente para secar el producto; esto genera demora en el proceso de secado de las hojas por el poco aire caliente que se recolecta.

Figura 42. **Recolector de aire**



Fuente: elaboración propia.

- **Solución propuesta:** Cambiar a un secado mecánico. Instalar un ventilador en la entrada del recolector, para obtener un flujo de aire mayor al que se tiene. Una fuente de ventilación mecánica aportará un aire de secado al producto libre de la contaminación ambiental del lugar que no depende de las condiciones climáticas y aumentará la velocidad de secado.

- Tubería de recorrido del aire

La longitud de la tubería por la que el aire recolectado ingresa al horno es relativamente corta. Relativamente corta porque la función de esta tubería además de transportar el aire al interior del horno es calentar este aire durante su recorrido. Al tener una longitud corta, el aire que circula no se calienta lo necesario para el secado de las hojas y genera un proceso de secado muy lento.

Figura 43. **Tubería de recorrido de aire**



Fuente: elaboración propia.

- Solución propuesta: aumentar la longitud de la tubería de recorrido del aire creando una tubería en forma de S en el techo del horno hasta el punto de entrada del horno. Se obtendrá un aire recolectado sometido a un tiempo mayor a la temperatura ambiente genera un aire de alta temperatura para las hojas dentro del horno y se aumentará la velocidad de secado.

- Bandejas de secado

Se tienen bandejas fabricadas con cedazo metálico; este material se oxida al tener contacto con el agua que la hoja transpira al ser deshidratada y esto genera producto seco infectado y con manchas de óxido.

Figura 44. **Bandejas de secado de Arvid**



Fuente: elaboración propia.

Solución propuesta: cambio a las bandejas de secado. Cambiar el cedazo metálico de estas bandejas por cedazo plástico, comúnmente llamado cedazo mosquitero, para evitar problemas de manchas de óxido en las hojas.

- Resultados de la capacitación

Se expuso a los trabajadores de Arvid y al coordinador de proyectos, la evaluación realizada por el equipo técnico de Arvid al proceso actual de secado.

Se expuso al coordinador de proyectos las propuestas de acciones de mejora para las deficiencias del proceso de secado actual, definidas por el equipo técnico de Arvid.

Se definieron con el coordinador de proyectos, que acciones de mejora implementar en un corto, mediano y largo plazo; quedaron programadas de la siguiente manera:

Tabla XIV. **Acciones a implementar**

| Tarea a implementar | Plazo |
|--|--------------------------------|
| Realizar pediluvio en la entrada al horno de secado | Corto plazo: 2-4 semanas |
| Mantenimiento a las bandejas de secado | Corto plazo: 2-4 semanas |
| Instalar un ventilador en la entrada del recolector | Mediano plazo: 8-12 semanas |
| Aumentar la longitud de la tubería de recorrido del aire | Largo plazo: 12 -24 meses |

Fuente: elaboración propia.

4.3.3. Capacitación 3: uso del nuevo equipo de secado

- Metodología

Conferencia participativa no formal. Se reunió a los trabajadores de Arvid y al coordinador de proyectos para exponerles por medio de un marco teórico, previamente preparado los elementos del nuevo equipo de secado y su función.

Adiestramiento. Se realizó con los trabajadores de Arvid una prueba de secado con una muestra de dos libras de hoja de moringa para aprender a utilizar el nuevo equipo de secado y conocer el nuevo método de secado de hojas en Arvid.

En este adiestramiento, el capacitador explicó y supervisó como realizar el secado de hojas con el nuevo método y el aprendiz escuchó e hizo el procedimiento del nuevo de secado.

- Objetivos
 - Dar a conocer a los trabajadores de Arvid y al coordinador de proyectos los elementos del nuevo equipo de secado y con esto su funcionamiento.
 - Que los trabajadores de Arvid aprendan a utilizar el nuevo equipo de secado.
 - Que los trabajadores de Arvid aprendan el nuevo método de secado de hojas en Arvid.

- Contenido
 - Esquema de nuevo equipo de secado
 - Elementos que conforman el nuevo equipo de secado
 - Elementos primarios

- Unidad de secado
- Secador de tornillo transportador
- Tanque de combustible
- Elementos secundarios
 - Motor
 - Caja reductora de velocidad
- Uso del nuevo equipo de secado

Para adiestrar en el uso del nuevo equipo de secado, se realizó una prueba de secado con una muestra de dos libras de hojas de moringa. Los pasos realizados se detallan a continuación.

- Recolectar la hoja; se cortan las hojas de mejor calidad, estas son las hojas que tengan un buen tamaño y que sean de color verde; se descartan las hojas marchitas de color amarillo o con manchas amarillas y, solamente, se cortan las hojas y no las ramas del árbol de moringa. Para la realización de este adiestramiento se cortaron aproximadamente 2 libras de hojas de moringa.

Figura 45. **Adiestramiento: recolectar hoja**



Fuente: elaboración propia.

- Pesar hoja, utilizando una balanza se pesan las hojas que se secan para llevar un control de la materia prima que se utiliza. Para la realización de este adiestramiento se utilizaron 2 libras de hojas de moringa.

Figura 46. **Adiestramiento, pesar hoja**



Fuente: elaboración propia.

- Preparar equipo de secado, se debe preparar el equipo de secado siguiendo los siguientes pasos:
 - Conectar el cilindro de gas al equipo de secado.
 - Encender la unidad de secado.
 - Realizar las conexiones eléctricas.
 - Conexión del motor eléctrico
 - Conexión de la puerta en el embudo de entrada del material.
 - Dejar calentar el equipo de secado por 5 min.

Figura 47. **Adiestramiento: preparar el equipo de secado**



Fuente: elaboración propia.

- Colocar la hoja recolectada en el embudo de entrada del nuevo equipo de secado.

Figura 48. **Adiestramiento: colocar hoja**



Fuente: elaboración propia.

- Recibir hoja seca: la hoja pasa por el secador de tornillo transportador y en la salida se reciben como hoja seca.

Figura 49. **Adiestramiento: recibir hoja seca**



Fuente elaboración propia.

- Pesar hoja seca: con una balanza, se pesan las hojas secas, para llevar un control de la materia prima que se utilizará en el siguiente proceso.

Figura 50. **Adiestramiento: pesar hoja seca**



Fuente: elaboración propia.

- **Resultados:**

Los trabajadores de Arvid y el coordinador de proyectos saben cómo está formado el nuevo equipo de secado y la función de sus elementos.

Con la prueba de secado que se realizó a una muestra de dos libras de hojas de moringa durante la capacitación, el operador sabe cómo procesar la hoja utilizando el nuevo equipo de secado.

Con la creación y el uso del nuevo equipo de secado se tiene un nuevo método de trabajo para el proceso de secado.

CONCLUSIONES

1. Con el diseño e implementación de un equipo de secado de hojas de moringa, se presenta a Arvid una alternativa al método de trabajo actual que convierte su proceso de secado natural a un proceso de secado mecánico.
2. La información recolectada y el uso correcto de las herramientas para el diagnóstico de la situación actual, son la base para los trabajos técnicos que se realizan durante el proyecto. La deficiencia en el proceso actual de elaboración de harina de moringa en Arvid es el tiempo excesivo para realizar el secado de las hojas; las acciones realizadas para el mejoramiento de este problema se enfocaron en disminuir el tiempo de realización de este proceso con un equipo de secado mecánico que por medio del aporte de calor constante generado por la combustión del gas aumenta la velocidad del secado de las hojas.
3. La creación de un equipo para el secado mecánico de hojas representa una alternativa de secado a pequeños y medianos productores de harina de moringa oleífera, operable las 24 horas del día ya que no depende de las condiciones climáticas.
4. La implementación de un sistema de riego a los cultivos es favorable para Arvid; se podrá tener un proceso de cultivo más eficiente ya que se disminuiría la pérdida de cultivos por falta de riego y con esto se obtendría mayor materia prima. Con la propuesta realizada se tiene la base para implementarlo a un corto plazo.

5. Con las capacitaciones a los trabajadores de Arvid se aumentan sus conocimientos teóricos y prácticos lo cual es de mucha utilidad para realizar sus trabajos de una mejor forma; especialmente, para realizar las tareas del proceso de secado ya que por medio de las capacitaciones y el adiestramiento que se les impartió saben el por qué se realiza el secado de las hojas de moringa y aprendieron a realizarlo utilizando un equipo de secado mecánico.

RECOMENDACIONES

A la empresa Arvid

1. Dar seguimiento al proceso de industrialización que se inició con este proyecto para lograr una fabricación total de harina de moringa oleífera a través de medios y métodos industriales.

A los trabajadores de Arvid

2. Realizar periódicamente pruebas en el equipo de secado nuevo para perfeccionar el nuevo método de trabajo diseñado.
3. Poner en práctica los conocimientos adquiridos en las capacitaciones realizadas para mejorar sus aptitudes de trabajo y aumentar la vida útil del equipo de secado diseñado.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala

4. Apoyar a los estudiantes a realizar proyectos en microempresas en el interior de la república. Las condiciones de muchas microempresas en el interior del país son precarias y muchas no tienen una tecnología adecuada en sus procesos, lo cual las convierte en una muy buena fuente de aprendizaje, de crecimiento profesional o de oportunidades de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARRIAZA GRACÍA, Angel Arnoldo. *Diagnóstico y rediseño de los procesos de fabricación de cilindros en Cilcasa, en relación al reglamento técnico centroamericano rtca 23.01.29:05*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 95 p.
2. Centro de Estudio para el Desarrollo y la Educación, CEDEP. *Manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo*. Perú: Predes, 2005. 26 p.
3. CHOW, Juan Leonardo. *Método fácil de diseño de riego por goteo*. [en línea]. <<http://elesteliano.com/MEFADERG/>>. [Consulta: 2 de junio de 2015].
4. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 459 p.
5. Instituto Politécnico Nacional, Secretaría Técnica. *Metodología para el análisis FODA*. México: Dirección de Planeación y Organización, 2002. 24 p.
6. NIEBEL, Benjamín W.; FREIVALDS, Andris; OSUNA, Marcia A. González. *Métodos estándares y diseños de trabajo*. México: Alfaomega, 1996. 750 p.

7. *Secado de hierbas aromáticas y medicinales–métodos*. [en línea]. <<http://www.herbotecnia.com.ar/poscosecha-secadoMetodos.htm>>. [Consulta: 18 de abril de 2015].
8. *Secado de hierbas aromáticas y medicinales–máquinas*. [en línea]. <<http://www.herbotecnia.com.ar/poscosecha-secadoMaquinas.html>>. [Consulta: 18 de abril de 2015].
9. TRIANA, Manuel Alejandro. *Grado de secado y eficiencia térmica de un secador de tornillo transportador drying*. *Dyna*, 2011. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2011. 12 p.
10. *Teoría de las restricciones o Los cuellos de botella*. [en línea]. <<http://www.revista-mm.com/ediciones/rev49/administracion.pdf>>. [Consulta: 12 de mayo de 2015].
11. URIBE MORÁN, Eduardo José. *Rediseño de horno múltiple, para secado de café para ser alimentado con gas metano en empresa Transbrisas*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 116 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Tiempo promedio observado para proceso de corte de hoja

| Actividad | Observaciones | | | Promedio |
|--|---------------|----------|----------|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Desinfectar herramienta | 47,68 s | 46,54 s | 46,18 s | 46,8s = 0,78min |
| Desinfectar recipiente | 80,11 s | 79,70 s | 79,59 s | 79,8s = 1,33min |
| Desinfectar manos | 33,34 s | 32,57 s | 33,09 s | 33 s = 0,55 min |
| Cortar hojas* | ----- | ----- | ----- | 290 min |
| Pesar hojas | 37,97 s | 36,13 s | 37,50 s | 37,2s = 0,62min |
| Trasladar al horno de secado | 273,24 s | 265,18 s | 262,58 s | 267s = 4,45min |
| *Por ser una actividad que requiere mucho tiempo, se estableció que el trabajador tiene que realizarla en un tiempo de 4 horas 50 minutos. | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Tiempo promedio observado para proceso de secado de hoja

| Actividad | Observaciones | | | Promedio |
|---|---------------|-----------|-----------|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Sacudir bandejas | 253,02 s | 254,08 s | 248,9 s | 252 s = 4,2 min |
| Verificar entradas de aire | 35,42 s | 45,68 s | 44,9 s | 42 s = 0,7 min |
| Colocar hojas en bandeja de secado | 22,27 min | 25,27 min | 25,81 min | 24,45 min |
| Cerrar horno | 16,83 s | 15,49 s | 18,08 s | 16,8 s = 0,28 min |
| Secado de hojas* | ----- | ----- | ----- | 48 horas |
| Inspeccionar secado | 268,21 s | 259,00 | 261,19 s | 262,8 s= 4,38min |
| Recolectar hoja seca | 15,57 min | 14,82 min | 14,31 min | 14,9 min |
| Pesar hojas secas | 62,16 s | 55,09 s | 53,75 s | 57 s = 0,95 min |
| Trasladar a pulverizado | 10,73 min | 8,47 min | 9,51 min | 9,57 min |
| *Por ser una actividad que requiere mucho tiempo, se estableció el tiempo promedio de secado en dos días. | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Tiempo promedio observado para cada actividad del proceso de pulverizado de hoja**

| Actividad | Observaciones | | | Promedio |
|------------------------------------|---------------|-----------|-----------|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Limpiar pulverizadora | 7,38 min | 6,76 min | 6,65 min | 6,93 min |
| Desinfectar embudo de entrada | 54,18 s | 48,95 s | 51,67 s | 51,6 s = 0,86 min |
| Colocar hojas en embudo de entrada | 74,51 s | 74,16 s | 72,73 s | 73,8 s = 1,23 min |
| Pulverizar hoja | 16,35 min | 14,27 min | 12,82 min | 14,48 min |
| Verificar pulverizado | 194,43 s | 195,38 s | 195,19 s | 195 s = 3,25 min |
| Extraer y envasar harina | 293,16 s | 285,55 s | 285,29 s | 288 s = 4,8 min |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Tiempo promedio observado para cada actividad del proceso de pulverizado de hoja**

| Actividad | Observaciones | | | Promedio |
|------------------------------------|---------------|------------|------------|--------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Trasladar hojas a horno de secado | 14,25 min | 15,16 min | 12,2 min | 13,87 min |
| Encender horno de secado | 18,77 s | 15,69 s | 15,94 s | 16,8 s = 0,28 min |
| Activar cilindro transportador | 1,39 s | 1,16 s | 1,05 s | 1,2 s = 0,02 min |
| Colocar hojas en embudo de entrada | 74,05 s | 73,38 s | 73,97 s | 73,8 s = 1,23 min |
| Activar puerta del embudo | 1,24 s | 1,07 s | 1,29 s | 1,2 s = 0,02 min |
| Secado de hojas | 182,24 min | 177,79 min | 183,78 min | 181,27 min |
| Inspeccionar secado | 215,01 s | 214,74 s | 214,65 s | 214,8 s = 3,58 min |
| Pesar hoja seca | 55,14 s | 53,74 s | 56,75 s | 55,21 s = 0,92 min |
| Trasladar a pulverizado | 43,39 s | 44,87 s | 46,98 s | 45,08 s = 0,75 min |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Hoja técnica

| Descripción | Unidad de medida | Cantidad | Costo unitario Q. | Total Q. |
|---|------------------|----------|-------------------|-----------------|
| Materiales | | | | 2 294.20 |
| Lámina galvanizada lisa 3'x8' | Unidad | 4 | 77,23 | 308,92 |
| Lámina galvanizada lisa 4'x8' | Unidad | 1 | 123,21 | 123,21 |
| Caja reductora | Unidad | 1 | 521,43 | 521,43 |
| Motor eléctrico | Unidad | 1 | 787,95 | 787,95 |
| Acoplador para eje | Unidad | 1 | 27,22 | 27,22 |
| Faja | Unidad | 1 | 25,00 | 25,00 |
| Niple | Unidad | 1 | 30,00 | 30,00 |
| Polea de madera | Unidad | 2 | 35,00 | 70,00 |
| Remaches | Unidad | 200 | 0,13 | 26,00 |
| Llave de gas | Unidad | 2 | 30,00 | 60,00 |
| Cojinete | Unidad | 4 | 13,39 | 53,57 |
| Tubo cuadrado de 1" | Unidad | 2 | 41,29 | 82,59 |
| Fibra de vidrio | Unidad | 1 | 75,00 | 75,00 |
| Electrodo | Libra | 1 | 8,30 | 8,30 |
| Cilindro de gas de 25 libras | Unidad | 1 | 95,00 | 95,00 |
| Mano de obra | | | | 750,00 |
| Proceso completo* | | | 750,00 | |
| Costos indirectos variables | | | | 24.93 |
| Broca de 1/8" | Unidad | 2 | 8,00 | 16,00 |
| Sierra Sandflex ordinaria | Unidad | 1 | 8,93 | 8,93 |
| Costo directo de producción de un equipo de secado | | | | 3 069.13 |
| * Corte, remachado, soldadura y armado. | | | | |

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Válvulas para sistema de riego propuesto




| CÓDIGO | DESCRIPCIÓN | PRECIO |
|--------|---|-----------|
| 972032 | Válvula de Bola PVC MATCO 12mm-1/2" C/C | Q. 15.00 |
| 972041 | Válvula de Bola PVC MATCO 18mm-3/4" C/C | Q. 19.00 |
| 972042 | Válvula de Bola PVC MATCO 25mm-1" C/C | Q. 30.00 |
| 972043 | Válvula de Bola PVC MATCO 31mm-1 1/4" C/C | Q. 43.00 |
| 972044 | Válvula de Bola PVC MATCO 38mm-1 1/2" C/C | Q. 55.00 |
| 972045 | Válvula de Bola PVC MATCO 50mm-2" C/C | Q. 90.00 |
| 972046 | Válvula de Bola PVC MATCO 62mm-2 1/2" C/C | Q. 195.00 |
| 972047 | Válvula de Bola PVC MATCO 75mm-3" C/C | Q. 300.00 |
| 972048 | Válvula de Bola PVC MATCO 100mm-4" C/C | Q. 660.00 |

Fuente: Amanco. *Catálogo 2015*. p. 2.

Anexo 2. Tubería para sistema de riego propuesto

TUBERÍA PARA AGUA POTABLE




| DIÁMETRO NOMINAL Tubo 6 m. con campana | 315 PSI, SDR 13.5 | 250 PSI, SDR 17 | 160 PSI, SDR 26 | 125 PSI, SDR 32.5 | 100 PSI, SDR 41 | 80 PSI, SDR 51 |
|---|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| 1/2" | 915076 Q. 24.00 | | | | | |
| 3/4" | | 915098 Q. 31.00 | | | | |
| 1" | | 915105 Q. 48.00 | 915176 Q. 39.00 | | | |
| 1 1/4" | | 915116 Q. 76.00 | 915189 Q. 50.00 | 915248 Q. 46.00 | | |
| 1 1/2" | | 915119 Q. 98.00 | 915194 Q. 69.00 | 915253 Q. 55.00 | 915313 Q. 52.00 | |
| 2" | | 915121 Q. 153.00 | 915198 Q. 105.00 | 915258 Q. 84.00 | 915321 Q. 66.00 | 915354 Q. 56.00 |
| 2 1/2" | | 915126 Q. 230.00 | 915205 Q. 154.00 | 915261 Q. 124.00 | 915326 Q. 101.00 | 915355 Q. 82.00 |
| 3" | | 915131 Q. 339.00 | 915210 Q. 225.00 | 915266 Q. 187.00 | 915331 Q. 145.00 | 915356 Q. 117.00 |
| 4" | | 916472 Q. 548.00 | 915155 Q. 368.00 | 915218 Q. 293.00 | 915276 Q. 241.00 | 915337 Q. 193.00 |
| 5" | | 915089 Q. 889.00 | 915161 Q. 595.00 | 915223 Q. 479.00 | 915283 Q. 388.00 | 915339 Q. 312.00 |
| 6" | | 915091 Q. 1,174.00 | 915163 Q. 781.00 | 915225 Q. 665.00 | 915286 Q. 499.00 | 915340 Q. 402.00 |
| 8" | | 915099 Q. 2,080.00 | 915170 Q. 1,370.00 | 915231 Q. 1,098.00 | 915294 Q. 897.00 | 915344 Q. 698.00 |

Fuente: Amanco. *Catálogo 2015*. p. 2.

Anexo 3. Reducidor *Bushing* liso para sistema de riego propuesto

REDUCIDOR BUSHING LISO



| X | 3/4" | 1" | 1 1/4" | 1 1/2" | 2" | 2 1/2" | 3" | 4" | 5" | 6" | 8" | 10" | 12" |
|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------|----------------------|----------------------|-----|
| 1/2" | 913110 Q.1.40 | 908840 Q.2.70 | 913120 Q.4.10 | 913126 Q.4.70 | 913134 Q.6.40 | 913144 Q.20.70 | | | | | | | |
| 3/4" | | 908841 Q.2.70 | 913122 Q.4.10 | 913128 Q.4.70 | 913136 Q.6.40 | 913145 Q.20.70 | 913156 Q.29.50 | | | | | | |
| 1" | | | 913124 Q.4.10 | 913130 Q.4.70 | 913138 Q.6.40 | 913147 Q.20.70 | 913157 Q.29.50 | | | | | | |
| 1 1/4" | | | 913132 Q.4.70 | 913140 Q.6.40 | 913148 Q.20.70 | 913159 Q.29.50 | | | | | | | |
| 1 1/2" | | | | 913142 Q.6.40 | 913151 Q.20.70 | 913160 Q.29.50 | | | | | | | |
| 2" | | | | | 913153 Q.20.70 | 913162 Q.29.50 | 913098 Q.47.10 | | | | | | |
| 2 1/2" | | | | | | 913164 Q.29.50 | 913099 Q.47.10 | | | | | | |
| 3" | | | | | | | 913101 Q.47.10 | 913104 Q.116.60 | 913109 Q.160.90 | 913114 Q.565 | | | |
| 4" | | | | | | | | 913103 Q.116.60 | 913107 Q.160.90 | 913112 Q.565 | 913115 Q.2,438.40 | | |
| 5" | | | | | | | | | 913188 Q.160.90 | | | | |
| 6" | | | | | | | | | | 913113 Q.565 | 913116 Q.2,438.40 | 913118 Q.3,418.60 | |
| 8" | | | | | | | | | | | 913117 Q.2,438.40 | 913119 Q.3,418.60 | |
| 10" | | | | | | | | | | | | 916340 Q.3,418.60 | |



Fuente: Amanco. *Catálogo 2015*. p. 2.

Anexo 4. **Pegamento PVC para sistema de riego propuesto**

| PEGAMENTO PVC PEGAMENTO CPVC | | |
|---|--|-------------------|
| CÓDIGO | DESCRIPCIÓN | PRECIO POR UNIDAD |
| 938708 | PEGAMENTO PVC ESPECIALISTAS 25 GRS SMTR | Q. 11.00 |
| 938709 | PEGAMENTO PVC ESPECIALISTAS 50 GRS SMTR | Q. 14.00 |
| 924083 | PEGAMENTO PVC ESPECIALISTAS 120ML - 1/32GL SMTR | Q. 27.50 |
| 908617 | PEGAMENTO CPVC 120ML - 1/32GL CO | Q. 55.00 |


Fuente: Amanco. *Catálogo 2015*. p. 2.

Anexo 5. **Codos para el sistema de riego propuesto**

| CODO 90° PVC Campana cementada | | CÓDIGO | DIÁMETRO | PRECIO |
|---|--------|---------------|---------------|----------------|
|  | | 908582 | 1/2" | Q. 1.25 |
| | | 908585 | 3/4" | Q. 1.85 |
| | | 908579 | 1" | Q. 4.00 |
| | | 908581 | 1 1/4" | Q. 5.10 |
| | | 908580 | 1 1/2" | Q. 5.60 |
| | | 909889 | 2" | Q. 8.70 |
| | | 908583 | 2 1/2" | Q. 44.20 |
| | | 908584 | 3" | Q. 46.00 |
| | | 908586 | 4" | Q. 54.00 |
| | | 909881 | 5" | Q. 234.60 |
| | | 909882 | 6" | Q. 273.50 |
| | | 909884 | 8" | Q. 883.50 |
| | | 909878 | 10" | Q. 4,889.80 |
| | | 916339 | 12" | Q. 7,363.50 |
| CODO 45° PVC Campana cementada | | CÓDIGO | DIÁMETRO | PRECIO |
|  | | 909708 | 1/2" | Q. 2.80 |
| | | 908577 | 3/4" | Q. 3.70 |
| | | 908571 | 1" | Q. 4.80 |
| | | 908573 | 1 1/4" | Q. 6.40 |
| | | 908572 | 1 1/2" | Q. 8.00 |
| | | 908574 | 2" | Q. 10.30 |
| | | 908575 | 2 1/2" | Q. 42.40 |
| | | 908576 | 3" | Q. 44.00 |
| | | 908578 | 4" | Q. 69.20 |
| | | 909759 | 5" | Q. 236.20 |
| | | 909760 | 6" | Q. 339.00 |
| | 909761 | 8" | Q. 872.60 | |
| | 909762 | 10" | Q. 3,156.50 | |
| | 909763 | 12" | Q. 4,695.60 | |

Fuente: Amanco. *Catálogo 2015*. p. 2.

Anexo 6. **Cotización de goteros para propuesta de sistema de riego
propuesto**



| | | | |
|--|---|-------------------------------------|-----------------|
| Proyecto | | PROFORMA | |
| Atu. | DIEGO MORATAYA | PAGINA No. | 1/1 |
| | | FECHA: | febrero 2, 2016 |
| CANTID | DESCRIPCION | | TOTAL |
| 500 | Gotero tipo botón, auto regulado, antidrenante, 2 lph | Q1.80 | Q900.00 |
| 500 | Gotero tipo botón, auto regulado, antidrenante, 3 lph | Q2.00 | Q1,000.00 |
| 500 | Gotero tipo botón, auto regulado, antidrenante, 4 lph | Q1.95 | Q975.00 |
| 500 | Gotero tipo botón, auto regulado, antidrenante, 8 lph | Q1.95 | Q975.00 |
| | | | Q900.00 |
| VALIDEZ DE LA OFERTA: 15 DIAS | | | |
| LUGAR DE ENTREGA: 2 AVENIDA 9-71 ZONA 9 GUATEMALA | | | |
| GARANTIA: 1 AÑO CONTRA DEFECTOS DE FABRICACION | | | |
| FORMA DE PAGO: 80% CON LA ORDEN Y 20% CONTRA ENTREGA EN EFECTIVO | | | |
| TIEMPO DE ENTREGA: INMEDIATO SALVO VENTA PREVIA | | | |
| Ing. Carlos Villalta Gerente General | | Ing. Victor Hugo Ramirez TÉCNICO | |
| EQUIPOS Y SISTEMAS DE RIEGO | | | |
| Zav 9-71 Zona 9 PBX: 2506-8400 Fax: (502)2334-3487 Website: www.rimogua.com Email: info@rimogua.com | | | |

Fuente: Riegos Modernos.