

Mejoramiento del sistema productivo de la empresa Industrias Fimar

Julián Alberto Salazar Martínez

Kelly Johanna Ramos Gómez

Trabajo de grado para optar el título de ingeniero industrial

Director

Carlos Eduardo Díaz Bohórquez

Ingeniero industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela De Estudios Industriales y Empresariales

Ingeniería Industrial

Bucaramanga

2017

A Dios, por guiarme en este camino y permitirme cumplir mis metas.

A mis padres, ALBERTO RAMOS ESPARRAGOZA Y ANA FIDELIA GÓMEZ GARNICA, por acompañarme y apoyarme en todo este tiempo de formación y en cada decisión tomada.

A mi hermano, JAIR ALBERTO RAMOS GÓMEZ, por el cariño y el apoyo que siempre me ha brindado en cada etapa de mi vida.

A mis abuelos, ALFONSO GÓMEZ Y SOCORRO GARNICA, quienes son mi mayor ejemplo de vida y fortaleza, gracias a ellos por su apoyo y amor incondicional.

A mi compañero de proyecto, JULIÁN ALBERTO SALAZAR MARTINEZ, por la dedicación y acompañamiento en esta etapa final de nuestra carrera.

A la CORAL UNIVERSITARIA UIS, por cada experiencia vivida y por contribuir en mi desarrollo profesional e integral.

A Industrias FIMAR, por brindarnos la oportunidad de trabajar con ustedes nuestro proyecto de grado y por todos los conocimientos y las experiencias adquiridas en el transcurso de la tesis, especialmente a la ingeniera SANDRA RUEDA y ÁNGEL PÉREZ por su colaboración, dedicación y entrega.

A toda mi familia y mis amigos, por la compañía, cariño y apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

Kelly Johanna Ramos Gómez

Quiero dar infinitas gracias a mi familia por tanto cariño y apoyo incondicional durante todo este trayecto, sin ustedes esto no sería posible.

A mi compañera de viaje y de vida, LAURA PORRAS, quien es mi mayor motivación e inspiración.

Muy agradecido con KELLY RAMOS, mi compañera de proyecto por su entrega, dedicación, sacrificio y paciencia vitales para alcanzar todos nuestros objetivos.

Finalmente, a INDUSTRIAS FIMAR, por abrirnos las puertas de la empresa para desarrollar nuestro proyecto, por todos los conocimientos y las experiencias aprendidas, en especial a la Ingeniera SANDRA RUEDA y ÁNGEL PÉREZ por su colaboración, dedicación y entrega.

Esto es de ustedes y para ustedes.

Julián Alberto Salazar Martínez

Contenido

| | Pág |
|--|------------|
| Introducción | 20 |
| 1. Justificación | 23 |
| 2. Objetivos | 24 |
| 2.1. Objetivo general | 24 |
| 2.2. Objetivos específicos | 24 |
| 3. Generalidades de la empresa | 25 |
| 3.1 Descripción | 25 |
| 3.2. Reseña histórica | 26 |
| 3.3. Estructura organizacional | 27 |
| 3.3.1. Número de empleados | 27 |
| 3.4. Plan estratégico | 28 |
| 3.4.1. Misión | 28 |
| 3.4.2. Visión | 28 |
| 3.4.3. Política y objetivos de calidad | 28 |
| 3.5. Procesos | 30 |
| 3.5.1. Mapa de procesos | 30 |
| 3.6. Productos | 30 |

| | |
|--|----|
| 3.7. Materias primas..... | 31 |
| 3.8. Proveedores..... | 32 |
| 3.9. Maquinaria..... | 34 |
| 4. Marco referencial..... | 35 |
| 4.1. Marco de antecedentes..... | 35 |
| 4.2. Marco Teórico..... | 37 |
| 4.2.1. Mejoramiento de procesos..... | 37 |
| 4.2.2. Manufactura esbelta..... | 37 |
| 4.2.2.1. Estudio e identificación de despilfarros..... | 38 |
| 4.2.2.2. 5S's..... | 39 |
| 4.2.2.3. Takt Time..... | 41 |
| 4.2.2.4. Trabajo estandarizado..... | 41 |
| 4.2.2.5. Kaizen..... | 42 |
| 4.2.2.6. SMED..... | 42 |
| 4.2.2.7. Balanceo de línea..... | 43 |
| 4.2.3. Estudio de tiempos..... | 44 |
| 4.2.4. Distribución de planta..... | 45 |
| 4.2.5. Simulación..... | 46 |
| 5. Planteamiento del problema..... | 49 |
| 6. Metodología..... | 50 |
| 7. Diagnostico general de la empresa..... | 52 |
| 7.1. Descripción general del proceso productivo..... | 52 |
| 7.1.1. Selección de la línea representativa..... | 52 |

| | |
|---|-----|
| 7.1.2. Etapas del proceso de fabricación de despulpadoras | 54 |
| 7.2. Programación y control de la producción | 58 |
| 7.2.1. Estudio de tiempos | 59 |
| 7.3. Análisis de despilfarros..... | 62 |
| 7.4. Análisis de la distribución de la planta actual..... | 74 |
| 7.5. Análisis del diagnóstico | 76 |
| 7.6. Priorización de problemas..... | 78 |
| 8. Propuesta de rediseño del sistema de pintura | 81 |
| 8.1. Benchmarking..... | 82 |
| 8.2. Propuesta rediseño para el sistema de pintura actual..... | 90 |
| 8.2.1. Generalidades de la pintura en polvo..... | 92 |
| 8.2.2. Descripción del proceso de pintura en polvo..... | 92 |
| 8.2.2.1. Subsistema de preparación de las superficies de los componentes..... | 95 |
| 8.2.2.2. Subsistema de aplicación de pintura en polvo | 95 |
| 8.2.2.3. Subsistema de curado..... | 96 |
| 8.2.2.4. Ventajas..... | 96 |
| 8.2.2.5. Desventajas | 97 |
| 8.3. Evaluación de tecnología disponible en el mercado | 97 |
| 8.3.1. Subsistema de aplicación y recuperación. | 98 |
| 8.3.1.1. Cabinas de aplicación de pintura | 98 |
| 8.3.1.2. Pistolas para la aplicación | 100 |
| 8.3.2. Subsistema de recuperación..... | 102 |
| 8.3.3. Sistema de curado de la pintura. | 104 |

| | |
|--|-----|
| 9. Diseño e implementación de propuestas de mejora..... | 107 |
| 9.1. 5S´s. | 108 |
| 9.2. SMED. | 120 |
| 9.3. Balanceo de línea..... | 126 |
| 9.4. Propuesta de distribución de planta..... | 129 |
| 9.4.1. Propuesta de mejora en la distribución..... | 131 |
| 10. Simulación..... | 137 |
| 10.1. Objetivo de la simulación..... | 137 |
| 10.2. Construcción de modelos de simulación..... | 138 |
| 10.2.1. Modelo del sistema productivo actual..... | 138 |
| 10.2.2. Modelo del sistema productivo contemplando las propuestas de mejora aprobadas por la empresa..... | 145 |
| 10.3. Análisis de probabilidades..... | 147 |
| 10.4. Validación del modelo..... | 151 |
| 10.5. Resultados..... | 156 |
| 11. Indicadores de gestión..... | 158 |
| 12. Conclusiones..... | 163 |
| 13. Recomendaciones..... | 167 |
| Referencias Bibliográficas..... | 169 |
| Apéndices..... | 172 |

Lista de Tablas

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1. <i>Cumplimiento de Objetivos</i> | 22 |
| Tabla 2. <i>Componentes provenientes de fundición</i> | 31 |
| Tabla 3. <i>Pronóstico de demanda de despulpadoras de café</i> | 54 |
| Tabla 4. <i>Resumen de tiempos tipo para el proceso de despulpadoras 3 (1/2)</i> | 59 |
| Tabla 5. <i>Escala de medición de despilfarros</i> | 63 |
| Tabla 6. <i>Resultados de la evaluación de despilfarros</i> | 63 |
| Tabla 7. <i>Inventarios en proceso</i> | 66 |
| Tabla 8. <i>Problemas identificados</i> | 78 |
| Tabla 9. <i>Criterios de la ponderación</i> | 79 |
| Tabla 10. <i>Ponderación de los problemas</i> | 80 |
| Tabla 11. <i>Orden según prioridad</i> | 80 |
| Tabla 12. <i>Tiempo aproximado de pintura para cada tipo de componente</i> | 85 |
| Tabla 13. <i>Equipos de pintura en PENAGOS Y HERMANOS & CIA. LTDA</i> | 88 |
| Tabla 14. <i>Tiempos ciclo de pintura y secado de componentes del Desmucilaginador DX-2</i> | 88 |
| Tabla 15. <i>Ventajas y desventajas del tipo de material base para cabina</i> | 99 |
| Tabla 16. <i>Comparación tipos de horno de curado y sus propiedades</i> | 106 |
| Tabla 17. <i>Resultados lista chequeo 5S</i> | 112 |
| Tabla 18. <i>Disposición objetos innecesarios de acuerdo a la frecuencia de uso</i> | 115 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 19. <i>Incremento porcentual en el cumplimiento de la metodología 5S's</i> | 119 |
| Tabla 20. <i>Comparación tiempos de ciclo y takt time</i> | 127 |
| Tabla 21. <i>Comparación tiempos de ciclo y takt time posterior al balanceo</i> | 129 |
| Tabla 22. <i>Criterios para la intensidad en las relaciones</i> | 130 |
| Tabla 23. <i>Razones que influyen en la intensidad de relaciones</i> | 131 |
| Tabla 24. <i>Desplazamientos de cada tipo de componente</i> | 133 |
| Tabla 25. <i>Operarios empleados en la simulación con sus respectivas operaciones</i> | 144 |
| Tabla 26. <i>Variación en las cantidades de entrada al sistema de producción para la prueba de continuidad</i> | 152 |
| Tabla 27. <i>Entradas y productos procesados por corrida</i> | 153 |
| Tabla 28. <i>Componentes procesados por torno</i> | 155 |
| Tabla 29. <i>Variables de los modelos</i> | 157 |
| Tabla 30. <i>Índice de productividad</i> | 159 |
| Tabla 31. <i>Índice de calidad del producto</i> | 160 |
| Tabla 32. <i>Porcentaje de eficiencia de Fresadora</i> | 160 |
| Tabla 33. <i>Porcentaje de eficiencia de Torno</i> | 161 |
| Tabla 34. <i>Cumplimiento 5S's</i> | 161 |

Lista de Figuras

| | Pág. |
|---|-------------|
| <i>Figura 1.</i> Componentes de la despulpadora. | 32 |
| <i>Figura 2.</i> Diagrama de Pareto..... | 53 |
| <i>Figura 3.</i> Productos en proceso. | 65 |
| <i>Figura 4.</i> Productos terminados..... | 67 |
| <i>Figura 5.</i> Productos obsoletos y maquinaria vieja..... | 68 |
| <i>Figura 6.</i> Subsistema de aplicación y recuperación. | 98 |
| <i>Figura 7.</i> Herramientas de trabajo | 110 |
| <i>Figura 8.</i> Señalización seguridad industrial. | 110 |
| <i>Figura 9.</i> Producto en proceso..... | 111 |
| <i>Figura 10.</i> Encamisado cilindros..... | 111 |
| <i>Figura 11.</i> Torno y soldadura. | 112 |
| <i>Figura 12.</i> Diagrama de araña del análisis 5 S's..... | 113 |
| <i>Figura 13.</i> Implementación 5S's en bodega de productos obsoletos. | 116 |
| <i>Figura 14.</i> Almacén de productos terminados y componentes previo a implementación de 5S's. | 116 |
| <i>Figura 15.</i> Almacén de productos terminados y componentes posterior a implementación 5S's. | 117 |
| <i>Figura 16.</i> Limpieza de puestos de trabajo..... | 117 |

| | |
|---|-----|
| <i>Figura 17.</i> Orden y limpieza de zonas comunes..... | 118 |
| <i>Figura 18.</i> Análisis de probabilidad mecanizado bastidores..... | 150 |
| <i>Figura 19.</i> Modelo de la planta actual de Industrias Fimar..... | 150 |
| <i>Figura 20.</i> Prueba de consistencia..... | 153 |
| <i>Figura 21.</i> Entradas y productos procesados en Flexsim..... | 154 |

Lista de Apéndices

| | |
|---|-----|
| Apéndice 1. Organigrama de industrias Fimar | 20 |
| Apéndice 2. Mapa de procesos | 22 |
| Apéndice 3. Portafolio de productos..... | 22 |
| Apéndice 4. Materia prima utilizada | 23 |
| Apéndice 5. Maquinaria utilizada | 26 |
| Apéndice 6. Caracterización de los puestos de trabajo | 26 |
| Apéndice 7. Seguimiento al cliente | 44 |
| Apéndice 8. Estudio de tiempos | 45 |
| Apéndice 9. Capacidad instalada | 47 |
| Apéndice 10. Lista de chequeo de despilfarros | 16 |
| Apéndice 11. Diagramas de recorrido del proceso de Fabricación de despulpadoras | 53 |
| Apéndice 12. Paradas no programadas | 56 |
| Apéndice 13. Cuestionario 5 s's..... | 86 |
| Apéndice 14. Diagrama causa – efecto | 58 |
| Apéndice 15. Cotización de equipos de pintura | 42 |
| Apéndice 16. Descripción general del proceso | 109 |
| Apéndice 17. Etiquetas para la clasificación | 89 |
| Apéndice 18. Diagrama de flujo alistamiento | 95 |
| Apéndice 19. Análisis de distribución de probabilidad..... | 110 |

| | |
|--|-----|
| Apéndice 20. Fichas técnicas de los indicadores de gestión | 124 |
| Apéndice 21. Capacitación 5 s's | 85 |
| Apéndice 22. Capacitación despilfarros | 85 |
| Apéndice 23. Seguimiento a la implementación de 5 s's..... | 126 |
| Apéndice 24. Planos de la planta | 109 |
| Apéndice 25. Propuesta de distribución | 107 |
| Apéndice 26. Diagrama de flujo de industrias fimar..... | 109 |
| Apéndice 27. Actividades por puesto de trabajo | 99 |
| Apéndice 28. Tabla de relaciones | 102 |
| Apéndice 29. Modelo planta actual industrias fimar. | |
| Apéndice 30. Modelo propuesta de mejora industrias fimar | |

Resumen

Título: Mejoramiento del sistema productivo de la empresa Industrias Fimar*

Autores: Kelly Johanna Ramos Gómez
Julián Alberto Salazar Martínez**

Palabras Claves: Manufactura esbelta, desperdicio, mejoramiento continuo, implementación, proceso.

Descripción:

El desarrollo de este proyecto se centra en diseñar e implementar propuestas de mejora para el sistema productivo de Industrias FIMAR, una empresa del sector metalmeccánico, dedicada al desarrollo y comercialización de maquinaria y repuestos agrícolas e industriales.

La administración de Industrias FIMAR en su deseo de mantener el posicionamiento de la empresa a nivel departamental en las áreas de producción y comercialización de maquinaria procesadora de café, ha decidido llevar a cabo un plan para el mejoramiento de su sistema productivo, que involucre la implementación de herramientas de manufactura esbelta y le permita seguir obteniendo ventajas competitivas en el mercado.

A partir de lo anterior se decidió llevar a cabo un diagnóstico sobre el estado actual del sistema productivo de la empresa, utilizando la metodología de 5s y realizando un análisis de despilfarros que permitieran identificar las problemáticas existentes en los procesos productivos y consecuentemente proponer opciones de mejora.

Los resultados de dicho diagnóstico arrojaron que la implementación de un rediseño del sistema de pintura permitiría mitigar reprocesos en la producción y aumentar la productividad de la empresa. Adicionalmente, se identificó que al realizar una redistribución en la planta y al incluir maquinaria en la sección de despulpadoras, se disminuirían los largos recorridos, los tiempos de producción y los costos de producción relacionados con el manejo de materia prima y productos terminados.

Finalmente, con el fin de evaluar las propuestas de mejora, se realizó un modelo de simulación a través del software FLEXSIM, que permitiera observar los impactos generados.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías físico-mecánicas. Escuela de estudios industriales y empresariales. Director: Ing. Carlos Eduardo Díaz Bohórquez.

Abstract

Title: Improvement of the productive system of the company IndustriasFimar*

Author: Kelly Johanna Ramos Gómez
Julián Alberto Salazar Martínez**

Keywords: Lean Manufacturing, Wasta, Improvement, Implementation, Process.

Description:

The development of this project focuses on designing and implementing improvement proposals for FIMAR Industry, in its production system. This Company belongs at the metal-mechanic sector, its dedicated to the development and commercialization of agricultural industrial machinery and spare parts.

The FIMAR Industries administration, in its desire to maintain the positioning of the company at the departmental level, in the areas of production and marketing of coffee processing machinery, has decided to carry out a plan for the improvement of its production system that involves the implementation of lean manufacturing tools that would allow gaining competitive advantages in the market.

Based on the above, it was decided to carry out a diagnosis on the current state of the company's production system, using the 5s methodology and performing a waste analysis to identify the existing problems in the production processes and propose improvement options.

The results of this diagnosis showed that the implementation of a redesign of the painting system would mitigate reprocessing in production and increase the productivity of the company. Additionally, it was identified that redistribution at the plant and the inclusion of machinery in the pulper section would reduce long runs, production times and production costs related to the handling of raw material and finished products.

Finally, in order to evaluate the improvement proposals, a simulation model was developed through FLEXSIM software, which allowed to observe the impacts generated.

* Bachelor Thesis

** Faculty of Engineering Physics – Mechanical. School of Industrial and Business Studies. Director: Ing. Carlos Eduardo Díaz Bohórquez.

Introducción

A través de los años, el sector agropecuario se ha considerado uno de los principales motores de desarrollo económico colombiano por su relevante aporte a la economía nacional (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2012). Su efecto multiplicador en la producción, el consumo y el empleo, define al desarrollo agrícola como un dinamizador del crecimiento de los demás sectores de la economía (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2016). Industrias FIMAR con ánimo de contribuir a la economía nacional, ha implementado y desarrollado en el mercado agrícola maquinaria, accesorios y repuestos de tipo industrial comercializados en diversos departamentos tales como Cesar, Guajira, Norte de Santander, Santander del sur, Huila, Boyacá, Nariño, Magdalena, Cundinamarca, Quindío y exportaciones a Venezuela, Perú, Ecuador y Guatemala. Sin embargo, es importante asegurar la productividad y calidad para mantener el posicionamiento nacional y departamental que posee industrias FIMAR actualmente, por medio de estrategias y herramientas que permitan mejorar las condiciones de producción y un desarrollo óptimo de sus actividades.

En ambiente altamente competitivo, la productividad es un factor necesario para la permanencia de las organizaciones en el mercado. Es por esta razón, que este proyecto tiene como finalidad mejorar los procesos productivos de Industrias FIMAR por medio del uso de herramientas de manufactura esbelta, con el objetivo de incrementar la productividad de la empresa para su crecimiento y posicionamiento.

Este proyecto consta de una descripción general de la empresa, un diagnóstico inicial del funcionamiento de la organización, el cual se fundamenta con datos cualitativos y cuantitativos de la situación actual de la empresa y un análisis de la información recolectada para la identificación de falencias, fallas y oportunidades de mejora a implementar en pro del mejoramiento del sistema productivo. Además, se documentaron los procedimientos por medio de herramientas de análisis de procesos y se realizó un estudio de métodos y tiempos para la determinación de capacidades e identificación de recursos restrictivos y cuellos de botella.

Seguido a lo expuesto, se presenta una propuesta de mejora para el sistema de pintura de la planta y una evaluación de la tecnología necesaria para su implementación en el sistema productivo de la empresa. Adicionalmente, se plantean las propuestas de mejora con base a las herramientas de manufactura esbelta, se implementan y se evalúan mediante indicadores de gestión, los cuales permiten llevar un control del desempeño de los procesos y conocer el impacto generado por las alternativas de solución.

Luego, se realizó una simulación de la distribución actual de la planta y una propuesta de modelo para el análisis de puntos críticos y capacidad máxima del proceso, contemplando el nuevo sistema de pintura presentado como propuesta de mejora. Cabe mencionar, que durante el desarrollo del proyecto se realizaron actividades de capacitación al personal de la planta sobre las mejoras implementadas en la producción. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones sugeridas.

Tabla 1.

Cumplimiento de Objetivos

| Objetivo | Cumplimiento |
|--|---|
| Realizar un diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa INDUSTRIAS FIMAR para identificar oportunidades de mejora que permitan aumentar la productividad de la empresa. | Capítulo 7. Diagnostico general de la empresa |
| Determinar y analizar la capacidad en cada centro de trabajo del sistema productivo, identificando cuellos de botella, recursos restrictivos y oportunidades de mejora. | Capítulo 7.2. Programación y control de la producción Apéndice 9. Capacidad instalada |
| Diseñar una propuesta de mejora para el sistema productivo de despulpadoras que permita ampliar la capacidad productiva de la empresa, aprovechar los espacios disponibles de la planta y reducir los largos recorridos, contemplando un nuevo sistema de pintura en la línea de producción. | Capítulo 8. Propuesta de rediseño del sistema de pintura Capítulo 9.4. Propuesta de distribución de planta |
| Validar el rediseño del proceso productivo de despulpadoras, por medio de una simulación que permita reflejar los beneficios de la propuesta. | Capítulo 10.4. Validación del modelo. |
| Implementar las propuestas de mejora para el sistema productivo, autorizadas por la empresa. | Capítulo 9. Diseño e implementación de propuestas de mejora |
| Establecer indicadores de gestión que permitan evaluar el impacto de las propuestas de mejora y ejercer control sobre ellos. | Capítulo 11. Indicadores de gestión |
| Desarrollar actividades de capacitación al personal de la planta de INDUSTRIAS FIMAR sobre las mejoras implementadas para garantizar que exista un desempeño eficaz por parte de los trabajadores en el proceso de cambio. | Capítulo 9.1. Implementación 5S's Capítulo 9.2. Implementación SMED Capítulo 7.3. Análisis de despilfarros |

1. Justificación

Debido a los constantes cambios y avances que se presentan en el mercado altamente competitivo de hoy, las organizaciones continúan empleando nuevas estrategias que permitan mejorar sus debilidades y afianzar sus fortalezas. Por esta razón, es importante implementar una cultura orientada a la mejora continua en los diferentes procesos de la organización para atender las crecientes exigencias del mercado y establecer estrategias que aumenten la eficiencia de las líneas de producción y conlleven al crecimiento empresarial.

Industrias FIMAR consciente de dicha realidad y en busca de consolidarse en el mercado encuentra necesario el diseño e implementación de un plan de mejoramiento para su sistema productivo que contribuya a aumentar la eficiencia de sus operaciones y a mejorar su cadena de valor en general.

Este proyecto tiene como fin analizar la situación actual de las operaciones que desarrolla la empresa Industrias FIMAR para la fabricación de sus productos e intervenir de manera positiva en cada una de ellas, mejorando el sistema productivo de la organización por medio de estrategias y herramientas de manufactura esbelta que permitan optimizar los recursos, hacer más eficientes los procesos y aumentar la productividad de la compañía.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Diseñar e implementar mejoras al sistema productivo de la empresa INDUSTRIAS FIMAR.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa INDUSTRIAS FIMAR para identificar oportunidades de mejora que permitan aumentar la productividad de la empresa.
- Determinar y analizar la capacidad en cada centro de trabajo del sistema productivo, identificando cuellos de botella, recursos restrictivos y oportunidades de mejora.
- Diseñar una propuesta de mejora para el sistema productivo de despulpadoras que permita ampliar la capacidad productiva de la empresa, aprovechar los espacios disponibles de la planta y reducir los largos recorridos, contemplando un nuevo sistema de pintura en la línea de producción.
- Validar el rediseño del proceso productivo de despulpadoras, por medio de una simulación que permita reflejar los beneficios de la propuesta.
- Implementar las propuestas de mejora para el sistema productivo, autorizadas por la empresa.

- Establecer indicadores de gestión que permitan evaluar el impacto de las propuestas de mejora y ejercer control sobre ellos.
- Desarrollar actividades de capacitación al personal de la planta de INDUSTRIAS FIMAR sobre las mejoras implementadas para garantizar que exista un desempeño eficaz por parte de los trabajadores en el proceso de cambio.

3. Generalidades de la empresa

3.1 Descripción

Industrias FIMAR es una empresa del sector metalmecánico, perteneciente al régimen común, dedicada al desarrollo y comercialización de maquinaria agrícola, industrial y repuestos, la cual cuenta con certificación de calidad bajo los lineamientos de NTC-ISO 9001:2000, sistema que se implementó para poder brindar un mejor servicio a todos los clientes, dicho sistema se encuentra soportado en el excelente grupo de trabajo, que integra tanto a los directivos como los operarios.

Industrias FIMAR, busca que todos sus productos brinden los mejores resultados, para contribuir en el progreso y el desarrollo no solo en San Gil o la provincia Guanentina, sino también a nivel nacional; como lo ha hecho hasta ahora con el reconocimiento internacional de los productos de alta calidad realizados por la misma, y que son carta de presentación del sector para la industria colombiana en el exterior.

3.2. Reseña histórica

Industrias FIMAR nació de una sociedad conformada por: JAIME RUEDA BALAGUERA, MARIO ACEVEDO VECINO (Q.E.P.D) y LUIS FELIPE ACEVEDO GUARIN creando la firma “FABRICACIÓN DE MAQUINARIA INDUSTRIAL ACEVEDO Y RUEDA, TALLERES FIMAR LTDA” Sociedad plasmada legalmente el 17 de agosto de 1966, su planta física se ubicó en la Calle 10 N° 11 - 16 y su actividad principal fue la producción de repuestos para la fábrica de hilanderías del Fonce. Ante la obligación de diversificar la producción y la necesidad que padecían los finqueros de agilizar el proceso de la fibra, se inició la construcción de Hiladoras de fique. En 1975 debido al escaso poder adquisitivo de los finqueros se discontinuó la línea de producción para el fique y se siguió con la tradicional de repuestos y partes.

En el año de 1976 se termina la sociedad ACEVEDO Y RUEDA y continúa JAIME RUEDA BALAGUERA como persona natural. La experiencia adquirida por su trabajo, su capacitación y su inquietud intelectual, lo llevaron a hacer eco de la propuesta del comité de cafeteros como era fabricar equipos de secado para café y cacao, por cuanto las mismas se fabricaban exclusivamente en el occidente colombiano.

En 1977 el comité de cafeteros de Santander formula la petición de construir equipos para despulpar café por la escasez creada por la bonanza de 1976 y por no funcionar ninguna factoría de este tipo en el oriente del país, desde entonces ha sido uno de los ramos principales de la producción de Industrias FIMAR. La infraestructura y éxito conquistado en la fabricación de maquinaria para el beneficio del principal producto, el café, genera el apoyo a otros ramos del

agro como la caña, el frijol y cacao; mediante la construcción de desgranadoras y clasificadores, utilidad directa para el campesino de la región.

La actividad de la organización se ha desarrollado a través de la metalistería y metalmecánica básicamente, ocupando un destacado puesto a nivel departamental, nacional e internacional (Venezuela, Perú, Ecuador y Guatemala) por los excelentes equipos producidos para el beneficio del café, tales como: MÓDULOS BELCOSUB, DESPULPADORAS, SECADORAS DE GRANO, CLASIFICADORAS, EQUIPOS DE TORREFACCIÓN, ACCESORIOS Y RESPUESTOS.

3.3. Estructura organizacional

En el Apéndice 1 se encuentra el organigrama de la empresa Industrias FIMAR.

3.3.1. Número de empleados Industrias FIMAR, actualmente cuenta con 38 empleados en total, de los cuales 31 trabajadores pertenecen al área operativa y 7 personas al área administrativa.

En la sección de ensamble de despulpadoras, ubicado en el segundo piso de la planta, se trabajan 2 turnos diarios de 8 horas cada uno, con 6 empleados cada jornada laboral (De 4:00 am a 12:00 m y de 1:00 pm a 9:00 pm).

En la sección de Mecanizado y área administrativa se trabaja 1 turno de 8 horas cada uno (De 8:00 am a 12:00 m y de 2:00 pm a 6:00 pm), contando con 19 trabajadores en planta y 7 empleados en oficinas.

3.4. Plan estratégico

3.4.1. Misión Nuestra misión se basa en la producción y comercialización de maquinaria agrícola, industrial y repuestos de la más alta calidad, teniendo como propósito la completa satisfacción de las necesidades y expectativas de nuestros clientes y la de contribuir con el desarrollo de la nación, así como la conservación del medio ambiente, para lo cual contamos con un excelente equipo humano, respaldado por la tecnología del sector, garantizando bienestar y estabilidad laboral para los miembros de la organización(Rueda Mejía, 2016, pág. 34).

3.4.2. Visión Industrias FIMAR para el año 2020, mantendrá el liderazgo en la producción y comercialización de maquinaria para el beneficio ecológico húmedo y seco (módulos BELCOSUB y secadoras) de café en el mercado departamental, reconocido por asegurar a sus clientes el compromiso total de su equipo de trabajo y la organización con la calidad, la satisfacción de sus necesidades y expectativas, contribuyendo con el desarrollo del sector agroindustrial de la nación(Rueda Mejía, 2016, pág. 34).

3.4.3. Política y objetivos de calidad Es política de Industrias FIMAR “Mantener nuestros productos en Mejoramiento continuo y así ofrecer la mejor calidad y precios competitivos soportados con la tecnología del sector que permite cumplir con los requisitos y necesidades exigidos por el cliente, garantizando un servicio postventa y construyendo progreso y bienestar para los miembros de la organización y la comunidad”.

Para el logro de la política de calidad, Industrias FIMAR se apoya en los siguientes objetivos (Rueda Mejía, 2016, pág. 38):

- Identificar y determinar cada año las competencias disponibles actualmente en la empresa y las falencias entre lo que está disponible y lo que se necesita actualmente o lo que se podría necesitar en el futuro.
- Implementar acciones para mejorar y/o adquirir competencias que permitan disminuir las falencias identificadas en la empresa cada año vs los años anteriores.
- Mantener un ambiente de trabajo adecuado para lograr y mejorar el desempeño del personal en la empresa.
- Determinar, comprender y satisfacer los requisitos, necesidades y expectativas actuales y futuras de cada cliente aplicando el principio del enfoque al cliente en el momento de la negociación o contacto.
- Asegurar la conveniencia, adecuación y eficacia continua del SGC bajo los requerimientos de la norma NTC ISO 9001:2008.
- Mejorar continuamente la eficacia del SGC mediante el análisis de los datos arrojados por los indicadores y así definir objetivos para la mejora de los productos, procesos, estructura de la empresa y el SGC.
- Identificar las necesidades de innovación mediante el diseño y desarrollo de los productos que permitan satisfacer las necesidades y expectativas de las partes
- Planificar y desarrollar las actividades necesarias para identificar y determinar los requisitos especificados y no establecidos por el cliente, pero necesarios para la fabricación del producto y prestación del servicio.

- Planificar, proporcionar y gestionar la infraestructura de manera eficaz y eficiente, evaluando periódicamente la idoneidad de la misma.
- Buscar la mejora continua de la calidad, del precio y de la entrega de la materia prima suministrada por los proveedores
- Seleccionar y evaluar el servicio del almacén con el fin de mejorar de manera continua sus capacidades y satisfacer las necesidades del cliente interno.
- Desarrollar estrategias que contribuyan a mejorar la competitividad y productividad de industrias FIMAR frente a la competencia nacional.

3.5. Procesos

3.5.1. Mapa de procesos En el apéndice 2 se encuentra el mapa de procesos de Industrias FIMAR.

3.6. Productos

Industrias FIMAR cuenta con una variedad de equipos industriales y agrícolas para el beneficio y procesamiento del café y el cacao, cuyo portafolio de productos completo, en el cual se muestran las especificaciones técnicas de las máquinas, se presenta en el apéndice 3.

En cuanto al portafolio para el café, FIMAR ofrece a sus clientes, maquinaria para el beneficio húmedo y seco del café (despulpadoras, secadoras, módulos), maquinaria para trilla y clasificación (trilladoras y tostadoras), equipos de laboratorio, entre otros.

Para el procesamiento del cacao, FIMAR cuenta con un portafolio que contempla tostadoras de grano, molinos de grano, descascadoras de cacao, mezcladoras, molino de granos, entre otros equipos.

3.7. Materias primas

Durante el proceso productivo, existe una gran variedad de materiales que se utilizan para la elaboración de los productos. En la sección de metalistería, la principal materia prima que interviene en todos los procesos es el metal en diferentes dimensiones y calibres. En el apéndice 4 se describe la materia prima utilizada con sus respectivas medidas.

Adicionalmente, para la producción de despulpadoras es necesario trabajar con una serie de componentes provenientes de fundición, proceso que es llevado a cabo por la empresa Fundiciones Reyol, y se encuentran mencionados a continuación.

Tabla 2.

Componentes provenientes de fundición.

| FUNDICIÓN |
|--|
| • Bastidores |
| • Pechero FIJO - Hierro gris |
| • Pechero GRADUABLE con dos paladares en hierro gris |
| • Piñones |
| • Perillas o mariposas |
| • Tambores o cilindros |
| • Volantes o poleas |

En la figura 1, se presentan las partes que conforman una despulpadora de café.

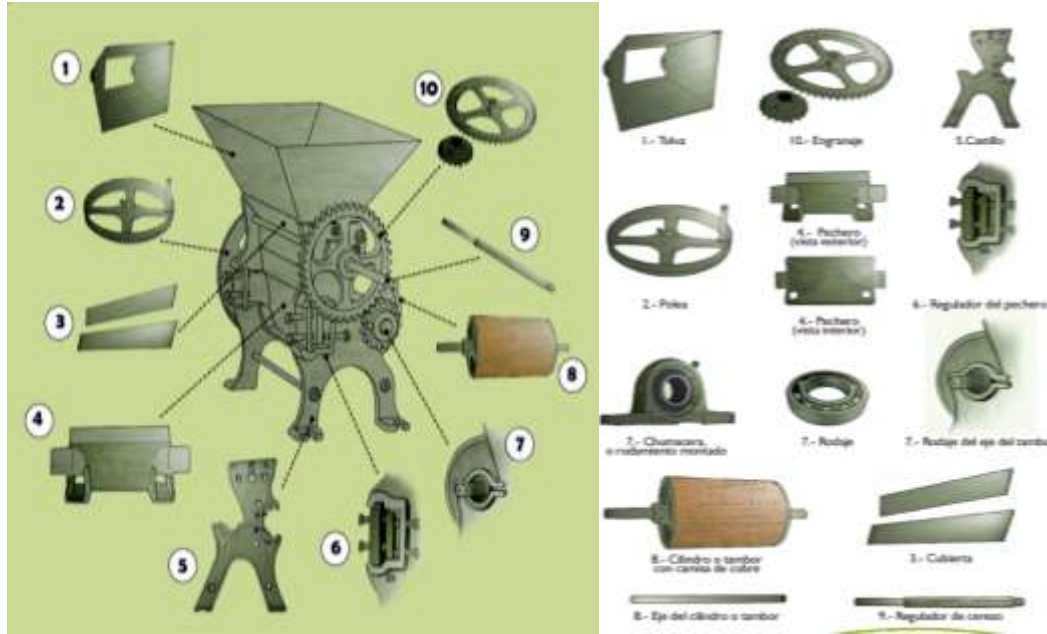


Figura 1. Componentes de la despulpadora.

Nota: López, I. (2008) Mantenimiento de una despulpadora de café (tipo tambor horizontal). En:

Junta Nacional del Café. Marzo p. 1-2.

3.8. Proveedores

Industrias FIMAR cuenta con insumos de alta calidad que evitan errores en la ejecución de los procesos para la construcción de toda la maquinaria que fabrican. Es por esta razón, que la organización cuenta con empresas de alta fidelidad como es el caso de:

- **Fundiciones Reyol**, empresa santandereana del sector metalúrgico dedicada a la fundición de hierro, cobre y aluminio. Empresa fundada en los años 90 en el municipio de Socorro y que desde 2004 traslada sus instalaciones al municipio de San Gil, Desde ese momento y durante los últimos 12 años han creado una relación de confianza con industrias FIMAR para la fabricación de las piezas para las despulpadoras y secadoras de café, lo cual hace que el

producto final sea garantizado y cuente con la calidad necesaria para satisfacer al cliente. En la tabla 2 se presentan las piezas que llegan de fundición.

- **Hierros del Fonce:** Industrias FIMAR por tratarse de materiales vitales como son aceros, metal y láminas ha buscado la inclusión en esta área de los mejores proveedores a lo largo de su cadena de suministro, bajo esta premisa FIMAR cuenta con Hierros del fonce que es una empresa encargada de la distribución en la región de productos férreos provistos por Acerías paz del río, la cual es considerada la segunda empresa siderúrgica más grande de Colombia, explorando, explotando, transformando y distribuyendo comercialmente minerales y materias primas para la industria siderúrgica.

- **Motores y motores, electrolux:** Son los proveedores en la parte de electrificación, automatización y digitalización. Son distribuidores de motores SIEMENS, compañía de tecnología considerada líder a nivel mundial en aplicaciones eléctricas y electrónicas, caracterizada por mantener una mejora continua en sus procesos lo que garantiza ser provistos con motores de la más alta calidad.

- **ALMACÉN PINTUCO:** Con más de 68 años en el mercado, Pintuco es considerada la compañía líder en pinturas en Colombia, además de contar con una excelente reputación a nivel internacional en países latinoamericanos como Panamá, Ecuador, Costa Rica, Honduras, entre otros.

Estos son los principales proveedores de industrias FIMAR, los cuales cumplen con sus plazos de entrega de suministros, además de generar una rápida respuesta a los requerimientos en cuanto a la demanda de la empresa.

Industrias FIMAR maneja una relación de fidelidad con dichos proveedores entre los 10 y 20 años, lo que ha generado ciertos beneficios como bajos precios de materiales, facilidades de pago y agilidad en los plazos de entrega.

De igual forma, FIMAR mantiene un continuo control a sus proveedores y por eso los evalúa según 5 criterios en cada pedido:

- Especificaciones adecuadas (cumplimiento de las especificaciones de la orden de compra).
- Cumplimiento de la fecha de entrega pactada.
- Precios competitivos.
- Calidad de los productos.
- Garantía y servicio postventa.

A partir de estos criterios se lleva la certificación por calidad de los proveedores desde el año 2003.

3.9. Maquinaria

En el apéndice 5 se presenta un listado de las máquinas utilizadas durante el proceso productivo de despulpadoras de café con su respectiva descripción y función. Adicionalmente, en el apéndice 6 se muestra una caracterización de los centros de trabajo presentes en el sistema productivo de la empresa Industrias FIMAR, en donde se especifican las operaciones y actividades que se realizan en el puesto de trabajo, la documentación empleada, herramientas, instrumentos de medición, identificación de peligros y medidas preventivas.

4. Marco referencial

4.1. Marco de antecedentes

Katherine Tibaduisa (Tibaduisa Quijano, 2015) desarrolló un proyecto sobre el mejoramiento del sistema productivo de la empresa García Vega SAS en su planta de Girón, Santander. El proyecto mencionado busca aumentar la productividad de la empresa mediante la implementación de herramientas de manufactura esbelta. A partir del estudio inicial, Katherine evidencia potenciales oportunidades de mejora en redistribución de la planta que se realiza a partir del método heurístico correlap que busca disminuir las distancias entre los departamentos con mayor interrelación y de esta forma minimizar los costos de transporte de material, producto en proceso y producto terminado. Además, de la implementación de herramientas de manufactura esbelta: sobresalen la adopción de la filosofía de mejora continua kaizen, la implementación de 5S que contribuye a mejorar el control visual y se evidencia reducción en los tiempos de fabricación ya que se facilita la búsqueda de herramientas y equipos que intervienen en el proceso productivo. Otro aspecto que vale la pena resaltar es la implementación del análisis y eliminación de desperdicios 5MQS que contribuye a mejorar los controles de calidad, disminuir el número de fallas en los procesos, reducir problemas relacionados con la maquinaria mediante mejoras en los programas de mantenimiento, mejoras en la disposición y almacenamiento de materiales, reducción de desplazamientos de operarios con una mejor disposición de las herramientas, materiales y distribución de la planta en general.

Catalina Flórez Herrera (Flórez Herrera, 2013) desarrolló un proyecto en busca de incrementar la productividad y calidad de las piezas fabricadas de la empresa Penagos y hermanos Ltda., por medio del diseño e implementación de un plan de mejoramiento en la sección de metalistería. El plan de mejoramiento se fundamenta en la utilización de herramientas de manufactura esbelta para la identificación y eliminación de despilfarros. Mediante la implementación y capacitación de 4 jornadas kaizen orientadas a limpiar y organizar los puestos de trabajo, clasificar las herramientas y equipos por puesto de trabajo, demarcar zonas de almacenamiento, zonas de operario y máquinas por puesto de trabajo. Además, con la implementación del programa 5S se logra un mayor control visual, un adecuado ordenamiento de los puestos de trabajo y se evidencia la necesidad de diseñar un sitio adecuado para el almacenamiento de producto en proceso y defectuoso amontonado de forma inadecuada alrededor de los puestos de trabajo. Catalina propone el uso de un método que determina las relaciones de proximidad entre cada uno de los puestos de trabajo por medio de diagramas de relaciones y la asignación de pesos numéricos a las preferencias de cercanía, llamado planeación sistemática de distribución (SLP), para solucionar los inconvenientes en la distribución de planta donde se evidencian contra flujos en la producción y además que los puestos de corte deberían tener más cercanía ya que comparten materia prima. Otro factor que vale la pena destacar es la documentación y estandarización del trabajo, dotando a la organización con la ficha de instructivo de manufactura estándar, con la ficha de estación de trabajo, manuales de planos y la guía de manufactura estándar, los cuales facilitan la documentación y estandarización de las mejoras alcanzadas.

Por otro lado, Erika Ruiz (Ruíz Orjuela, 2013), desarrolló un proyecto sobre “Mejoramiento de los procesos productivos en Industrias LAVCO LTDA”, el cual hace referencia al diseño e implementación de propuestas para el mejoramiento del sistema productivo, aplicando un estudio

de métodos y tiempos, y herramientas de manufactura esbelta para eliminar todo tipo de desperdicio, aumentando el valor agregado desde la perspectiva del cliente, por medio de la simplificación y estandarización de los procesos con el desarrollo de gente efectiva y procesos eficientes.

4.2. Marco Teórico

4.2.1. Mejoramiento de procesos El mejoramiento de procesos es el estudio sistemático de las actividades y los flujos de cada proceso a fin de mejorarlo. Su propósito es entender los procesos y desentrañar los detalles. Una vez que se ha comprendido realmente un proceso, es posible mejorarlo. La implacable presión por brindar una mejor calidad a menor precio significa que las compañías tienen que revisar continuamente todos los aspectos de sus operaciones (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008, pág. 142). Existen diversas técnicas que permiten realizar un adecuado análisis de los procesos, esto implica una observación sistemática y un constante registro de los detalles del proceso, lo que permite una mayor comprensión y a su vez permite evidenciar con mayor facilidad oportunidades de mejora.

4.2.2. Manufactura esbelta La manufactura esbelta se compone de una serie de herramientas que contribuyen a eliminar las actividades y operaciones que no agregan valor. La esbeltez permite que salga a la luz la variación accesible en el proceso, de modo que, se pueda trabajar en cuestiones más difíciles en variación. La esbeltez se refiere a una cultura enfocada en el mejoramiento continuo, las 5S, la identificación y eliminación del desperdicio, las relaciones con los proveedores, las fabricas visuales, la estandarización de los procesos, los cambios culturales,

las operaciones a prueba de error, todo esto promueve y garantiza un flujo eficiente y sincrónico de productos e información en toda la organización(Wheat, Mills, & Carnell, 2003).

4.2.2.1. Estudio e identificación de despilfarros Según Ortiz(Ortiz Pimineto, 1999, pág. 83), despilfarro es cualquier cosa que no sea lo mínimo absolutamente necesario para la producción. Los despilfarros son todas aquellas actividades que no agregan valor al producto desde la perspectiva del cliente, las principales fuentes que causan los despilfarros son las personas, las máquinas, el material, los métodos de trabajo, la calidad y la seguridad.

Tipos de despilfarros

- Despilfarro relacionado con transportes: Generado porque los desplazamientos de materiales o personas no constituyen una actividad que agrega valor al producto.
- Despilfarro relacionado con las operaciones del proceso: Ocurre debido a la falta de conciencia sobre la posibilidad de identificar oportunidades de mejora en los métodos de trabajo empleados por los operarios en cada puesto de trabajo.
- Despilfarro relacionado con el proceso: Hace referencia al diseño del proceso productivo, un proceso de producción mal diseñado es fuente de baja productividad.
- Despilfarro relacionado con sobreproducción: Se evidencia al producir cantidades mayores a las requeridas por el mercado, como consecuencia, el producto sobrante puede dañarse cuando se almacena o puede no venderse posteriormente.
- Despilfarro relacionado con inventario: Es claro que el inventario representa capital invertido sin rentabilidad alguna, pero además genera gastos de mantenimiento elevados.
- Despilfarro relacionado con tiempos en vacío: Incluye toda pérdida de tiempo de operarios o máquinas, ocasionado por un desequilibrio en la línea de producción, es decir, los

puestos de trabajo pueden quedar inactivos porque no llegó material del puesto de trabajo anterior.

- **Despilfarro relacionado con defectos:** Aparece cuando un producto se fabrica con defectos y posteriormente debe ser reprocesado, lo cual implica un costo adicional no contemplado al inicio de la producción.

4.2.2.2. 5S's La implementación de las 5s tiene como objetivo evitar que se presenten síntomas disfuncionales en la empresa como aspecto sucio de la planta, desorden, falta de instrucciones y señales comprensibles para todos, averías con mayor frecuencia de lo normal, falta de espacio en zonas de almacenaje, desinterés de los empleados por su área de trabajo, movimientos innecesarios de personas y materiales (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2010, págs. 48-49).

El proceso 5 S's es una metodología que contribuye a mejorar la seguridad y el flujo del trabajo, además, ayuda a evidenciar los despilfarros que se presentan en los procesos. La meta del proceso 5S's es identificar a primera vista qué se necesita en el proceso de trabajo y qué hace falta.

- **SEIRI:** Significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios para la tarea que realiza. Consiste en separar lo que se necesita de lo que no se necesita, y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos inútiles que originan despilfarros (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2010, pág. 30). Se trata de prescindir de todo lo que no sea necesario para hacer el trabajo, se organiza las herramientas y los componentes a fin de garantizar la seguridad y reducir los tiempos que emplean en hacer recorridos y esperar.

- **SEITON:** Se trata de organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se puedan encontrar con facilidad. Se debe definir la ubicación de dichos elementos necesarios e identificarlos para facilitar la búsqueda y el retorno a su disposición. Los principales beneficios se ven reflejados en aspectos como: una mayor facilidad para el acceso rápido a los elementos que se necesitan, una mejora en la productividad global de la planta, un aumento de la seguridad en el lugar de trabajo, entre otros.(Rajadell Carreras & Sanchez García, 2010, pág. 54).Cada operario debe clasificar los artículos y definir la localización de sus herramientas y equipos.

- **SEISO:** Significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos. La aplicación de seisiconsiste enintegrar la limpieza como parte del trabajo diario, asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria. Sus principales beneficios son: Reducción del riesgo potencial de accidentes, incremento de la vida útil de los equipos, reducción del número de averías(Rajadell Carreras & Sanchez García, 2010, págs. 56-57). Se debe barrer y lavar todas las superficies del área de trabajo y etiquetar todos los artículos destinados a almacenamiento semipermanente. Comúnmente se recurre a listas de chequeo, listas de inspección y listas de limpieza que permiten verificar que se cumpla los estándares establecidos y que contribuyan a crear una cultura de pulcritud.

- **SEIKETSU:** Es la metodología que permite consolidar las metas alcanzadas aplicando las 3 primeras S, porque sistematizar lo hecho en los 3 primeros pasos es básico para asegurar unos efectos perdurables. Un estándar es la mejor manera, la más práctica y sencilla de hacer las cosas para todos, ya sea un documento, un papel o una fotografía. Los principales beneficios del seiketsu se reflejan en aspectos como un conocimiento más profundo de las instalaciones, creación de hábitos de limpieza, una mejora manifiesta en el tiempo de intervención sobre

averías(Rajadell Carreras & Sanchez García, 2010, pág. 59). Con el objetivo de verificar y consolidar el cumplimiento de las anteriores S, se implementan listas de chequeo de 5 puntos para evaluar el cumplimiento de los anteriores ítems: arreglo apropiado, orden y limpieza.

- **SHITZUKE:** Significa autodisciplina, tiene por objetivo convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Uno de los elementos básicos es el desarrollo de una cultura de autocontrol. La conducta correcta crece con la práctica y requiere cambiar los hábitos, de manera que todos los operarios deben estar profundamente formados en los conceptos de resolución de problemas, estándares de trabajo y puedan ejecutar las tareas asignadas uniformemente y sin errores(Rajadell Carreras & Sanchez García, 2010, pág. 62). Se trata de hacer de los procedimientos correctos un hábito estable. En busca de esa autodisciplina se suele usar herramientas que comprometan y familiaricen a los empleados como símbolos 5S, listas de chequeo 5S, mapas 5S, informes 5S. Buscando así lograr la adhesión del programa 5S a la cultura organizacional y procurar una mejora constante(Ortiz Pimineto, 1999, págs. 88-91).

4.2.2.3. Takt TimeEl takt time mide el ritmo al cual se debería producir para satisfacer la demanda del cliente de forma exacta. El takt time relaciona la demanda de los clientes con la disponibilidad de tiempo productivo, es decir que podemos calcular el takt time dividiendo el tiempo disponible entre la demanda de los clientes(Rajadell Carreras & Sanchez García, 2010, pág. 78).

4.2.2.4. Trabajo estandarizadoEs una metodología que establece la única forma aceptada sobre cómo ejecutar un proceso. Comprende una serie de normas, reglamentos y procedimientos

sobre cómo hacer las cosas para asegurar que se hagan con eficiencia y eficacia. El trabajo estandarizado tiene como objetivo documentar de manera precisa la forma conocida más eficiente, más segura y de mejor calidad para desarrollar un proceso en particular. Se pretende mantener las mismas condiciones para obtener los mismos resultados siempre. La estandarización de los procesos establece la base para administrar los procesos y evaluar su desempeño; al asegurar que la secuencia de las acciones del operador sea repetible ayuda a reducir la variación y hace predecible el proceso. Entre otros beneficios está el apoyo al control visual y la ayuda en la detección de anomalías con mayor facilidad. Para finalizar la estandarización del trabajo mejora la productividad ya que asegura operaciones más efectivas y seguras, reduce la curva de aprendizaje y ayuda al balanceo de los tiempos de acuerdo al takt time (Villaseñor, 2007).

4.2.2.5. Kaizen Kaizen significa “cambio para mejorar”; deriva de las palabras KAI (cambio) y ZEN (bueno). Es un sistema de mejora continua e integral que involucra a todos los elementos, componentes, procesos, actividades, productos e individuos de una organización y tiene por objetivo fundamental la eliminación de todos los obstáculos que impidan el uso más rápido, seguro, eficaz y eficiente de los recursos en la empresa (Castillo).

La clave de KAIZEN radica en entender que el exceso de capacidad o inventario oculta problemas subyacentes de los procesos que producen un servicio o producto (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008, pág. 354).

4.2.2.6. SMED Según Rajadell (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2010, págs. 123-125), las técnicas SMED o cambio rápido de herramienta, tiene por objetivo la reducción del tiempo de

alistamiento o cambio (Setup). SMED significa que el tiempo de preparación debe tener una sola cifra, es decir, inferior a 10 minutos. La necesidad de llegar a tiempos tan cortos proviene que, reduciendo los tiempos de preparación, se podría minimizar el tamaño de los lotes y reducir los stocks para trabajar en series muy cortas de productos.

SMED es una metodología orientada a analizar las actividades realizadas al momento de alistar la maquinaria, se hace un análisis detallado de las actividades que se realizan con la máquina parada, con el objetivo de identificar cuáles de estas labores podrían modificarse para poder realizarlas mientras la máquina esté en funcionamiento y así reducir el tiempo de inactividad de los operarios y la maquinaria. Los principales beneficios de la metodología son:

- Reducción tiempo de cambio.
- Incremento de la disponibilidad de máquina.
- Posibilitar la fabricación de lotes pequeños, sin encarecer el producto.
- Reducción stocks y facilitar el control de inventario.
- Incremento del espacio disponible.

4.2.2.7. Balanceo de línea El balanceo de línea es una distribución de las actividades secuenciales de trabajo en los centros laborales para lograr el máximo aprovechamiento posible de la mano de obra y del equipo y de ese modo reducir o eliminar el tiempo ocioso. Las actividades que son compatibles entre sí, se combinan en grupos de tiempos aproximadamente iguales que no violan la procedencia de las relaciones. El número teórico ideal de trabajadores que se requiere en la línea de montaje es el resultado de multiplicar el tiempo que necesita un trabajador para terminar una unidad por el número de unidades necesarias dividido entre el tiempo disponible (Monks, 1991, pág. 83).

4.2.3. Estudio de tiempos Según Ortiz (Ortiz Pimineto, 1999, págs. 52-60), el estudio de tiempos consiste en aplicar algún procedimiento de registro, con el propósito de establecer la duración de una tarea específica. Entre los procedimientos más conocidos dentro del estudio de tiempos se tiene los siguientes:

1. Cronometraje: Se basa en el empleo de un instrumento de medición (cronómetro, reloj digital, entre otros) para el registro de datos de tiempo real. Estos datos son el resultado de la observación de algunos ciclos de trabajo.

Un ciclo de trabajo es la sucesión completa de acciones necesarias para ejecutar una tarea y durante la cual se obtiene una unidad de producción. Es importante recordar que unidad de producción no es necesariamente una unidad de producto, ya que es posible que en un ciclo se produzcan ocho piezas a la vez). El ciclo se inicia en un instante predefinido de la tarea (por ejemplo, cuando el operario tome una herramienta) y continúa hasta el mismo punto en la siguiente repetición de la tarea; de esta forma comienza el siguiente ciclo y así sucesivamente.

El proceso mediante el cual se determina el ritmo del trabajo del operario se conoce como valoración, que consiste en aplicarle un factor de corrección al tiempo observado en el cronómetro, a su vez los suplementos tiene como propósito obtener un valor más real del tiempo empleado para ejecutar una tarea, estos suplementos son un margen de tiempo adicional al registrado por el cronómetro que se asignan por las condiciones a las cuales se encuentra expuesto el trabajador.

2. Tiempos predeterminados: Se refiere a datos de tiempo estandarizados y organizados en tablas de fácil consulta.

3. Muestreo del trabajo: Es un procedimiento que permite calcular tiempos mediante el registro (en forma aleatoria) de las actividades realizadas por el trabajador durante su jornada de trabajo.

Para poder establecer la duración de una tarea, se debe partir de tres premisas elementales:

- Debe existir un método previamente definido, el cual indica la manera como se ha de ejecutar el ciclo de trabajo del empleado.
- El operario debe desarrollar su actividad a un ritmo de trabajo normal (no muy despacio, ni muy rápido).
- El operario seleccionado para un estudio de tiempos debe ser “calificado” en cuanto a la habilidad para desarrollar el trabajo, es decir, no ser muy experto, ni tampoco inexperto. Un trabajador calificado es aquel que posee las aptitudes físicas para desempeñar una labor y que una vez capacitado posee la destreza suficiente para efectuar la tarea cumpliendo con las exigencias de seguridad, cantidad producida y calidad esperada.

4.2.4. Distribución de planta La distribución de planta consiste en la ordenación física de los factores y elementos industriales (máquinas, estaciones de trabajo, áreas de almacenamiento) que participan en el proceso productivo de la empresa, en la distribución del área, en la determinación de las formas relativas y ubicación de los distintos departamentos. La distribución de planta debe buscar la mejor ordenación de las áreas de trabajo y del equipo en busca de disminuir los costos, además de buscar mayor seguridad y satisfacción de los trabajadores (De La Fuente García & Fernández Quesada, 2005, pág. 3).

La finalidad principal es proveer una organización que permita asegurar el flujo de trabajo, materiales, personas e información a través del sistema productivo y que contribuya satisfactoriamente a la consecución de los objetivos fijados por la empresa (Corominas & M. Vallhonrat, 1991)

Una adecuada distribución de planta se caracteriza por:

- Uso del espacio eficientemente
- Disminuir los costos de manipulación de materiales
- Uso eficiente de la mano de obra
- Reducir los tiempos del ciclo productivo
- Eliminar movimientos inútiles o redundantes
- Facilitar la comunicación e interacción entre los trabajadores
- Facilitar entrada, salida y ubicación de los materiales, productos y personas.

4.2.5. Simulación La simulación de procesos es el acto de reproducir el comportamiento de un proceso, usando un modelo que describe cada uno de los pasos. Una vez que se ha desarrollado el modelo del proceso, el analista puede realizar cambios en éste para medir el impacto de ciertos indicadores, como el tiempo de respuesta, las filas de espera, la utilización de los recursos y otras cosas por el estilo (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008, pág. 168)

Generalidades de FlexSim

El software de Simulación Flexsim es un programa de simulación orientado a objetos, basado en el sistema de simulación de eventos discretos, para construir modelos que pueden ayudar a visualizar flujos de procesos para optimizar “throughput” y minimizar gastos operativos. Flexsim suministra a los usuarios una interfaz gráfica de usuario amena e intuitiva para visualizar,

modelar y simular flujos de procesos usando el modo de tomar y arrastrar objetos en un ambiente tridimensional. Además, está disponible un análisis estadístico con detenimiento, de rendimientos de procesos, cuellos de botella y “throughput”(Garavito Hernández, pág. 1).

Terminología del software flexsim(Garavito Hernández, págs. 2-3)

- **FlexsimObjects:** Los objetos de Flexsim simulan diferentes tipos de recursos en la simulación y se encuentran en la biblioteca de objetos. Esta biblioteca está ordenada por grupos. El grupo más utilizado es el que siempre se muestra primero. Entre los objetos que posee el software Flexsim se pueden mencionar el Source (Fuente de entidades), Queue (cola), Sink (salida de entidades), Conveyor (correas transportadoras), Combiner (Combinador), Separator (Separador), Transporter (transporte), etc.

- **Flowitems:** Los ítems de flujo (o entidades) son los objetos que se mueven a través del modelo. Estos ítems pueden ser productos, partes, ensamblajes, papeles, contenedores, llamadas telefónicas, papelo cualquier cosa que se mueva a través del modelo. La mayoría tienen procesos que se realizan sobre ellos o son transportados a través del modelo por otros recursos. En Flexsim, los flowitems son creados con el objeto denominado Source. Una vez que los flowitems han pasado a través del modelo, estos son enviados a un objeto llamado Sink, que se pone al final del proceso y destruye los flowitems.

- **Itemtype:** El tipo de ítem es una etiqueta que tienen todos los ítems de flujo (flowitem) o productos y puede representar un código de barras, un tipo de producto o el número de una pieza. Una entidad (Flowitem) define la clase básica de producto o pieza, por otra parte, el tipo de ítem define el tipo de pieza individual o el número de pieza dentro de las clases de entidades. Flexsim está preparado para utilizar el itemtype como una referencia para decidir la ruta o el destino al cual deben dirigirse los flowitems.

- **Ports:** Todo objeto en Flexsim tiene un número ilimitado de puertos a través de los cuales se comunican con otros objetos. Existen tres tipos de puertos: puertos de entrada (input ports), puertos de salida (central ports) y puertos centrales (central ports). Los dos primeros se utilizan para el ruteo de los ítems de flujo, sea de manera automática o a través de recursos móviles. Los puertos centrales son usados para crear referencias, o punteros entre los objetos, los cuales son usados para conectarse a recursos de transporte.

- **Queue:** Conocidas como colas, son usados para simular área de almacenamiento, o zonas de espera. Una queue puede representar un área de almacenamiento de material o filas de personas esperando.

- **Source:** También conocidas como fuentes, son las fuentes de donde surgen o se crean los flowitems. Cada fuente crea un tipo de flowitem y permite editar las propiedades de los mismos.

- **Processor:** El objetivo de esta entidad es el procesamiento de los flowitems, en otras palabras, se usa para simular el procesamiento de componentes o productos, permitiendo asignar a su vez los tiempos de alistamiento y procesamiento.

- **Sink:** Es usado para simular la destrucción de los flow ítems que salen del sistema. El sink es considerado como un contenedor de reciclaje para los flowitems que salen del modelo, cabe recalcar que las entidades que llegan al sink no pueden ser recuperadas posteriormente.

- **Rack:** Estos elementos tienen forma de estanterías, y son utilizadas para modelar las bodegas o aéreas de almacenamiento.

- **Operator:** Es utilizado para simular a los operarios y las operaciones que debe realizar, tiene la forma de un ser humano y es utilizado, además, como un transportador de flowitems de un elemento del modelo a otro.

4.2.6. Benchmarking: “El benchmarking es un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de las organizaciones que son reconocidas como representantes de las mejores prácticas, con el propósito de realizar mejoras organizacionales”(Spendolini, 2005, pág. 25). Esta herramienta permite conocer información relevante que ayuda a mejorar una actividad dentro de la empresa, estudiando los procesos propios de la organización y el de otras entidades, para detectar alternativas y oportunidades de mejora que contribuyan al mejoramiento continuo de la organización.

5. Planteamiento del problema

INDUSTRIAS FIMAR es una empresa metalmecánica dedicada al desarrollo y comercialización de maquinaria agrícola, industrial y repuestos, que ocupa un destacado puesto a nivel departamental y nacional dentro del gremio cafetero por los excelentes productos que fabrican para el aprovechamiento del café.

En la actualidad industrias FIMAR, centra sus políticas y objetivos en el mejoramiento continuo y aumento de la productividad en su línea de producción, es por esta razón que se genera la necesidad de gestionar proyectos ligados al mejoramiento productivo. A partir de este panorama y del interés de la empresa por mejorar sus prácticas productivas, se realiza un estudio basado en herramientas cualitativas y cuantitativas que permitan determinar la situación actual de la empresa y evidenciar con mayor claridad las oportunidades de mejora de la línea de producción.

Luego de un análisis detallado de las operaciones, se observaron falencias en la distribución de la planta que se traducen en pérdida de tiempo y largos recorridos, además de una inadecuada gestión de inventarios que se ve representada en una excesiva acumulación tanto de inventarios, como de componentes y productos obsoletos. Adicionalmente, el departamento de pintura se ha considerado como el recurso restrictivo de capacidad de la línea de producción, debido a que este proceso presenta falencias representadas por largos tiempos de secado e imperfecciones en los acabados, lo cual ocasiona reprocesos en otras secciones del proceso productivo. La falta de estandarización es evidente en algunos procesos de la línea de producción, lo cual puede afectar notablemente la efectividad de los procedimientos y métodos de trabajo.

Por lo anteriormente expuesto, se ve la necesidad de diseñar e implementar un plan de mejoramiento productivo orientado a solucionar las falencias reflejadas en el proceso productivo y que contribuya a aumentar la productividad de la empresa.

6. Metodología

Este proyecto requiere de la implementación de una serie de herramientas y métodos que ayudarán a lograr un aumento en la productividad de la empresa industrias FIMAR. Para tal fin, es necesario plantear una metodología de desarrollo siguiendo la secuencia que se expone a continuación para el cumplimiento de los objetivos planteados inicialmente.

Etapa I: Conocimiento de la empresa

En esta primera etapa, mediante entrevistas con el departamento administrativo se busca recolectar información general de la empresa para tener una clara visión de la organización donde se realizará el proyecto.

Para esta fase es importante comprender cómo está constituida la empresa, analizando aspectos generales como su plan estratégico, sector al que pertenece, portafolio de productos, mapa de procesos, indicadores, estructura organizacional, cadena de suministro (proveedores, distribución, cliente), entre otra información que refleja el estado actual de Industrias FIMAR. Esta etapa como su nombre lo dice tiene como finalidad conocer la empresa, su funcionamiento y las principales oportunidades de mejora que existen en ella.

Etapa II: Diagnóstico de la empresa

Con el propósito de conocer la situación actual de las operaciones de la empresa y los inconvenientes del área que presentan, se realiza un diagnóstico aplicando herramientas cuantitativas y cualitativas como son el estudio de métodos y tiempos, diagramas de flujo y recorrido, análisis 5S, análisis de despilfarros, análisis de distribución de planta que permiten la identificación de falencias, oportunidades de mejora y los recursos que restringen la capacidad productiva. Este diagnóstico se lleva a cabo a partir de observación directa del sistema productivo, recolección de información y entrevistas con el área administrativa y operativa logrando así tener un panorama más claro sobre los factores productivos que presentan las oportunidades de mejora más cruciales.

Etapa III: Formulación e implementación de las propuestas de mejora

Luego de la identificación de problemas se plantea una serie de propuestas que permitan mejorar las condiciones del sistema productivo y las actividades de los procesos. Seguido a esto

se realiza la implementación de las propuestas planteadas y se calculan nuevos indicadores para evidenciar los cambios y resultados generados por el proyecto.

Esta etapa tiene como finalidad la búsqueda e identificación de las herramientas y metodologías más pertinentes para lograr mejoras en las falencias presentes de los factores productivos, aumentando de esta la efectividad y productividad de la empresa.

Etapa IV: Seguimiento y control de las mejoras implementadas

En esta etapa, se busca lograr un permanente seguimiento del proceso productivo y se pretende crear un sistema que integre los indicadores actuales con una serie de nuevos indicadores que faciliten ejercer con mayor claridad la evaluación y control de la evolución en las mejoras implementadas.

7. Diagnostico general de la empresa

7.1. Descripción general del proceso productivo

7.1.1. Selección de la línea representativa Industrias FIMAR cuenta hoy en día con una gran variedad de productos que logran satisfacer las expectativas y necesidades de sus clientes. Debido a esto, este proyecto se enfocará en la línea de producto representativa del proceso productivo. Para su selección fue necesario contar con las cifras de ventas netas del año 2015 que se obtuvieron de las distintas referencias, se realizó un análisis de Pareto para establecer los productos más demandados y con base a esto se eligió la línea de producción a estudiar. En el

diagrama de Pareto, el cual se presenta en la figura 2, se evidencia que la línea representativa de producción es la línea de despulpadoras de café, con un porcentaje del 71% de las ventas obtenidas de enero a septiembre de 2015.

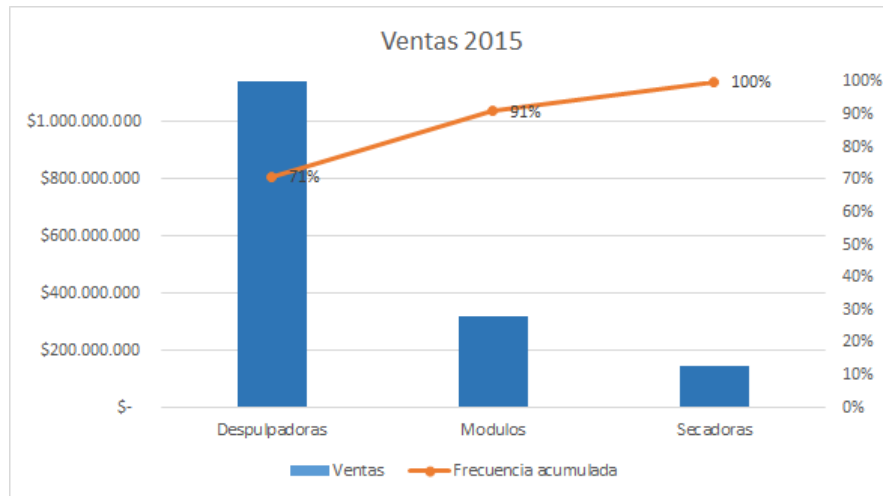


Figura 2. .Diagrama de Pareto.

Finalmente, se eligió de toda la línea de despulpadoras de café, las despulpadoras 3 (½) por presentar la mayor demanda de productos anual, en comparación al resto de referencias de esta línea. En la tabla 3, se observan las demandas pronosticadas por mes del año 2016, para cada tipo de referencia de despulpadoras de café.

Tabla 3.

Pronóstico de demanda de despulpadoras de café.

| Pronósticos De Demanda Despulpadoras 2 1/2 Y 3 1/2 | | | | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | ENE. | FEB. | MAR. | ABR. | MAY. | JUN. |
| REF. | Demanda | Demanda | Demanda | Demanda | Demanda | Demanda |
| 2 | 8 | 8 | 13 | 8 | 8 | 8 |
| 2 1/2 | 5 | 30 | 10 | 12 | 9 | 5 |
| 3 | 6 | 6 | 7 | 12 | 10 | 6 |
| 3 1/2. | 9 | 13 | 16 | 18 | 16 | 14 |
| TOTALES | 28 | 57 | 46 | 50 | 43 | 33 |
| | JUL. | AGO. | SEPT. | OCT. | NOV. | DIC. |
| REF. | Demanda | Demanda | Demanda | Demanda | Demanda | Demanda |
| 2 | 11 | 18 | 12 | 15 | 34 | 8 |
| 2 1/2 | 11 | 12 | 13 | 15 | 9 | 6 |
| 3 | 9 | 12 | 17 | 14 | 13 | 8 |
| 3 1/2. | 19 | 21 | 26 | 22 | 23 | 13 |
| TOTALES | 50 | 63 | 68 | 66 | 79 | 35 |

Nota: Departamento comercial de Industrias FIMAR.

7.1.2. Etapas del proceso de fabricación de despulpadoras El proceso de fabricación de despulpadoras empieza con la solicitud y recepción de las materias primas (Hierro gris, láminas, varillas, etc.), las láminas y varillas son enviadas a la sección de trazado y corte, mientras que el hierro gris es enviado a la empresa fundiciones REYOR encargada de la fundición y conformación de las partes, la fundición suele realizarse en lotes de entre 50 y 100 unidades de cada tipo de componente y este proceso suele tardar de 15 a 20 días. Debido a lo prolongado de este proceso, la empresa suele mantener inventarios de seguridad de dichos componentes para poder responder a la demanda. Completado el proceso de fundición, se reciben los componentes y se envían a la sección de tornos para llevar a cabo los procesos iniciales de mecanizado.

En este punto ya se cuenta con varillas y láminas (Láminas para baberos de 25,5 cms x 2,40 cms y láminas para contenciones de 2,44 m x 1,22 m) cortadas, además de los principales

componentes mecanizados a través del torno (tambores, volantes, piñones), posteriormente se procede a transportar todos estos componentes a la sección de despulpadoras ubicada en el tercer nivel de la planta donde se realizan los procesos de mecanizado (pecheros, bastidores, volantes y piñones), el troquelado de las láminas para encamisado, el doblado de las láminas para el ensamble de tolvas y baberos; Luego, se pintan y secan las piezas para finalmente encamisar los cilindros y ensamblar las despulpadoras. En el apéndice 15 se encuentra consignada la descripción paso a paso del proceso productivo de despulpadoras.

1. Trazado y corte: Este proceso de fabricación comprende una serie de operaciones encaminadas al alistamiento y conformación de las láminas y varillas que se usarán en el proceso productivo. Inicialmente llegan varillas y láminas a esta sección, donde son ubicadas en un par de mesones para realizar manualmente los trazos que definen las dimensiones por donde se realizará los cortes. Posterior a la operación de trazado se envían las láminas y varillas a la cizalla eléctrica para realizar los respectivos cortes, los componentes cortados se van acumulando en las mesas hasta completar el lote que será transportado a las secciones de doblado y troquelado.

2. Mecanizado: Este proceso de fabricación comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión. El mecanizado se hace mediante una máquina herramienta, manual, semiautomática o automática, el esfuerzo de mecanizado es realizado por un equipo mecánico, con los motores y mecanismos necesarios. En esta área intervienen los procesos de torno, fresadora, troqueladora y taladro.

- **Torneado:** Este es un proceso de mecanizado de eliminación de material por arranque de viruta o abrasión. Posterior al proceso de fundición los tambores, volantes y piñones son

transportados a la sección de tornos donde se lleva a cabo el mecanizado orientado a eliminar material sobrante y pulir ciertas imperfecciones, estas operaciones permiten darles a las piezas las dimensiones y forma deseadas.

- **Fresado:** El proceso de fresado consiste en la eliminación de material que se realiza con una herramienta rotativa de varios filos. Posterior al proceso de fundición se transportan los pecheros a la sección de fresado para llevar a cabo el rectificado de venas del pechero que consiste en definir el radio interno adecuado, eliminando capas de metal a las venas marcadas en la pieza.

- **Taladro:** Posterior al proceso de mecanizado con torno y fresado los volantes, piñones, pecheros y bastidores son transportados a la sección de taladro para realizar el proceso de perforación y roscado que permitirá el ajuste de las piezas en el ensamble.

- **Troquelado:** El proceso de troquelado es una operación en la cual se cortan las láminas sometiéndolas a esfuerzos cortantes, desarrollados entre un punzón y una matriz. Este proceso de corte se diferencia del ejecutado por la cizalla ya que no cambia la forma o dimensiones, sino que está orientado a realizar una perforación a la lámina. Posterior al corte de lámina se transporta las láminas destinadas al encamisado hasta la sección de troquelado para realizar las perforaciones a la lámina por medio de las cuales posteriormente se ajustarán las láminas a los tambores.

3. Doblado y transformación de láminas: El doblado de metales es la deformación de láminas alrededor de un determinado ángulo. El doblado no produce cambios significativos en el espesor de la lámina metálica. Posterior al proceso de corte las láminas se dirigen a la sección de doblado, donde inicialmente por medio de moldes se realiza el trazado de las mismas definiendo

por donde se deben realizar los dobleces a cada lámina, luego se procede a realizar los dobleces por medio de una máquina dobladora.

Cuando se tiene las láminas dobladas según las especificaciones, se pulen los bordes y posteriormente se procede a realizar el ensamble de las tolvas, baberos y contenciones con la ayuda de un equipo de soldadura.

4. Pintura: El proceso de pintura se lleva a cabo por un operario con el método de pintura en aceite, el cual se realiza en un cuarto cerrado acondicionado con equipos para facilitar la extracción y recirculación del aire. Este proceso se realiza por lotes dependiendo de la demanda interna; posteriormente las piezas son transportadas a las afueras del cuarto de pintura para llevar a cabo el secado al aire libre.

5. Encamisado de cilindro: Este proceso productivo consta de una secuencia de actividades que empieza con el ajuste de tacos a los cilindros donde posteriormente se asegura la camisa de hierro, pasando por torno para dar los retoques finales al cilindro, prosiguiendo con el troquelado de la lámina (camisa de acero). El proceso de encamisado es ejecutado de forma manual por un operario, este se encarga de ubicar adecuadamente la camisa de acero de tal forma que recubra el cilindro, luego la camisa de acero es ajustada por medio de puntillas que son ubicadas manualmente con la ayuda de herramientas sencillas como pesas y martillos.

6. Ensamble: Proceso productivo constituido por un conjunto de operaciones orientadas a unir y ajustar uno a uno los componentes que constituyen la despulpadora. Este proceso se realiza de forma manual por parte de un operario, que se ocupa de colocar los componentes en su lugar y ajustarlos por medio de herramientas sencillas como destornilladores, llaves, porra, entre otras.

7.2. Programación y control de la producción

Actualmente, la programación de la producción es realizada por la subgerente de la empresa, quien la realiza semanalmente de forma manual, utilizando las órdenes de pedido, órdenes internas de inventario y demanda actual de clientes para la planeación, y por supuesto, con base en la experiencia adquirida a través de los años en la organización. Dicha programación depende en cierta parte, de los tipos de pedidos que la empresa realice con sus clientes; con esta información la subgerente prioriza los pedidos para luego iniciar con las operaciones de fabricación. Es por esta razón, que pueden existir variaciones en la programación de producción, así se haya iniciado con una programación emitida por la subgerente, esta puede ser congelada por orden del gerente, para culminar primero los pedidos pactados con cláusulas de penalización, ya que este tipo de pedido, puede generar consecuencias por retrasos o incumplimientos en los tiempos de entrega. Frente a esta situación se analizó el indicador de satisfacción del cliente, cuyo análisis se presenta en el apéndice 7-el cual se logró evidenciar durante los años 2013, 2014 y 2015, un aumento del indicador en el año 2015, por encima de la meta, con respecto a los tiempos de entrega, por lo tanto, la empresa frente a este tema ha logrado un buen control de sus operaciones.

Acerca del control de la producción, el jefe de producción junto con el gerente y la subgerente de la empresa, realizan recorridos en la planta diariamente, tanto en la mañana como en la tarde, para la revisión de los productos, cumplimiento de las especificaciones, control de las operaciones y buen manejo de los recursos durante la fabricación de los equipos.

7.2.1. Estudio de tiempos Con el objetivo de conocer a fondo el estado actual de los procesos y tener mayor conocimiento en cuanto a la capacidad productiva de la empresa industrias FIMAR, se realizó un estudio de tiempos sobre la línea de despulpadoras de café, por ser la línea de producción que mayores ventas ha generado en los últimos años y se trabajó sobre la despulpadora 3 ½ por ser esta la de mayor rotación en el año anterior¹.

En el apéndice 8, se encuentran las consideraciones, la metodología utilizada para realizar el estudio de tiempos, el registro de tiempos, su análisis y los cálculos respectivos de cada actividad para obtener el tiempo tipo de cada operación. Los valores del tiempo tipo para cada operación y el tiempo tipo total del proceso se encuentran resumidos en la tabla 4.

Tabla 4.

Resumen de tiempos tipo para el proceso de despulpadoras 3 (½).

| Proceso | Segundos |
|------------------------------------|-----------------|
| Mecanizado de bastidores | 601,48 |
| Perforado de bastidores | 141,68 |
| Perforado de tapas | 296,24 |
| Ajuste de tapas | 178,68 |
| Torneado de tambores | 1907,77 |
| Ajuste de Rodamientos | 388,08 |
| Fabricación de camisas de hierro | 217,76 |
| Tacos al cilindro | 314,51 |
| Encamisado de cilindros | 1833,20 |
| Mecanizado de varilla alimentadora | 74,16 |
| Roscado del pechero | 74,35 |
| Roscado de platina | 107,11 |
| Ajuste de paladares | 2001,26 |
| Mecanizado de volantes | 941,05 |
| Mecanizado de piñones | 183,48 |
| Perforado de piñones | 57,52 |

¹ La metodología empleada para la selección de la línea representativa se encuentra explicada en la descripción del proceso productivo del presente trabajo.

| Proceso | Segundos |
|--|-----------------|
| Soldadura cuchillas de graduación | 163,04 |
| Doblado de contención | 149,28 |
| Trazado de láminas para doblar (tolva) | 171,88 |
| Doblado de lámina grande para tolva | 151,36 |
| Doblado de lámina pequeña para tolva | 154,92 |
| Ensamble de tolvas | 221,02 |
| Limpieza de tolvas | 96,27 |
| Armado del soporte | 408,65 |
| Doblado de baberos | 133,61 |
| Marcar seriado a los bastidores | 121,91 |
| Mecanizado de varilla tensora | 217,20 |
| Trazado y corte de láminas para tolvas | 108,97 |
| Trazado y corte de láminas para contenciones | 113,39 |
| Trazado y corte de láminas para baberos | 65,25 |
| Fresado de pechero | 1488,08 |
| Perforado de mariposas | 734,7 |
| Soldadura de mariposas | 279,54 |
| Corte de laminas para camisas de hierro | 121,24 |
| Ensamble de despulpadoras | 1074,30 |
| Corte de varillas tensoras | 127,56 |
| Corte de varillas alimentadoras | 49,23 |
| Pintura y secado (Pecheros) | 43.560 |
| Pintura y secado (Soportes) | 43.650 |
| Pintura y secado (Piñones) | 43.477 |
| Pintura y secado (Volantes) | 43.477 |
| Pintura y secado (Mariposas) | 43.344 |

La capacidad instalada se refiere al mayor volumen de producción que la empresa puede generar en un determinado periodo, utilizando todos los activos productivos disponibles, como son la mano de obra, maquinaria, entre otros. Por este motivo y para los respectivos cálculos, se tuvo en cuenta el estudio de tiempos de cada proceso, los tiempos de alistamiento de las máquinas y el tiempo que realmente se produce en la planta, es decir, el tiempo de la jornada laboral restando tiempos de descanso y alistamientos.

Actualmente, Industrias FIMAR cuenta con una jornada laboral distribuida de la siguiente forma: En la sección de ensamble de despulpadoras, se trabajan 2 turnos diarios de 8 horas cada uno, con 6 empleados cada jornada laboral (De 4:00 am a 12:00 m y de 1:00 pm a 9:00 pm).

En la sección de Mecanizado y área administrativa se trabaja 1 turno de 8 horas cada uno (De 8:00 am a 12:00 m y de 2:00 pm a 6:00 pm), contando con 19 trabajadores en planta y 7 empleados en oficinas.

Adicionalmente, los empleados toman 2 descansos de 5 minutos en la mañana y 2 descansos de 5 minutos en la tarde, por lo tanto, el tiempo productivo por día es de 460 minutos en la sección de mecanizado y 940 minutos en la sección de despulpadoras. Para el cálculo del tiempo real productivo de cada centro de trabajo se debe restar al tiempo productivo el respectivo tiempo de alistamiento de las herramientas y maquinarias que allí intervienen. Los cálculos de capacidad instalada para cada centro de trabajo se encuentran resumidos en el apéndice 9, al igual que los tiempos de alistamiento de cada máquina utilizada para el proceso de fabricación de despulpadoras.

Según los resultados obtenidos del estudio de tiempos y capacidad instalada, se hace evidente que las operaciones de pintura y secado presentan un tiempo elevado de operación a comparación de los demás procesos, tardando entre 43.344 y 43.650 segundos (aproximadamente 12 horas), dependiendo del tipo de componente que se procese. De esto se puede concluir que las operaciones de pintura y secado representan un recurso que restringe la capacidad productiva de la empresa. Debido a que dichas piezas llegan por lotes según el tipo de componente al puesto de pintura, y estos son pintados según el orden de llegada, el puesto de ensamble debe esperar hasta que se pinten y se sequen todas las piezas del lote para iniciar con el ensamble de producto terminado. La llegada de dichos lotes, a su vez, está condicionada por el

recurso restrictivo de capacidad que representa el taladro, el cual provee a la sección de pintura los componentes necesarios para procesar. Teniendo en cuenta que el taladro procesa componentes de diferentes tipos (pecheros, bastidores, varillas, piñones), generalmente por lotes de 20-25 unidades de cada clase, la sección de pintura debe esperar que estas sean procesadas para iniciar con el pintado de las piezas. Luego deben pasar por el proceso de secado el cual consta de un tiempo de operación elevado, esto sumado a la disponibilidad del pintor para trabajar solo en despulpadoras (ya que este se encarga de realizar otras operaciones como el mecanizado de cilindros y marcado de seriado), ocasiona que el tiempo de espera del puesto de ensamble sea mayor.

7.3. Análisis de despilfarros

Para iniciar con el análisis de despilfarros, primero se analizaron los diferentes procesos de la línea de producción de despulpadoras y se identificaron los diferentes despilfarros existentes en la planta de producción de INDUSTRIAS FIMAR. Seguidamente, se evaluaron los despilfarros a partir de una lista de chequeo, el cual permitió cuantificar el despilfarro de acuerdo a su tipo, y de esta forma identificar sus causas para luego generar un plan de mejora que ayude a minimizar el impacto de aquellas actividades que no agregan valor al proceso productivo. Dicha lista de chequeo se realizó manejando una escala de medición de 1 a 5 para determinar la magnitud del despilfarro, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5.

Escala de medición de despilfarros.

| Magnitud | Significado |
|-----------------|--------------------|
| 1 | Nunca |
| 2 | Casi nunca |
| 3 | Algunas veces |
| 4 | Frecuentemente |
| 5 | Siempre |

Luego de asignarle una magnitud a cada pregunta presentada en la lista de chequeo (Apéndice 10), se realiza una sumatoria de las ponderaciones por cada tipo de despilfarro para determinar cuáles son las actividades que no agregan valor y que se presentan con mayor frecuencia, los cuales requieren mayor atención y pronta solución. A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de despilfarros:

Tabla 6.

Resultados de la evaluación de despilfarros.

| Tipo de despilfarro | % de participación |
|----------------------------|---------------------------|
| Inventarios | 66,67% |
| Reprocesos | 66,67% |
| Sobreproducción | 70% |
| Transporte | 70% |
| Movimientos | 60% |
| Calidad | 50% |
| Esperas y tiempos ociosos | 51,43% |

En la Tabla 6, se puede observar que los transportes, la sobreproducción, los reprocesos y los inventarios son los despilfarros que se presentan con mayor frecuencia, los cuales afectan la

eficiencia y eficacia del sistema productivo, por lo tanto, deben ser tratados para su reducción, y de esta forma aumentar la productividad de la empresa y mejorar sus procesos.

A continuación, se presenta un resumen del diagnóstico de la situación actual de industrias FIMAR, donde se muestran las principales falencias en el sistema productivo, dicho diagnóstico se desarrolló evaluando los diferentes tipos de despilfarros presentes en la línea de producción de despulpadoras.

- **INVENTARIOS**

Como se puede observar en las listas de chequeo, la acumulación excesiva de inventarios es uno de los despilfarros más significativos en industrias FIMAR, representando un 66,67% de presencia de despilfarro según las listas de chequeo. Este despilfarro se debe a múltiples factores, siendo las características del mercado cafetero, además de la naturaleza y tercerización del proceso de fundición, las principales causas.

Como bien se sabe, Industrias FIMAR fábrica maquinaria especializada para el tratamiento del café, como las cosechas y comercio de café se presentan durante los últimos 4 meses del año, es en esta temporada donde se registran las mayores ventas de la compañía. Bajo este panorama, es común que la gran mayoría de clientes de la empresa soliciten sus pedidos muy cerca a estas fechas, y dada la complejidad y la alta duración del proceso de producción de la mayoría de productos ofrecidos por la empresa (entre 1 y 3 meses), se mantiene un alto nivel de inventario en sus bodegas para dar respuesta a la alta demanda que se presenta en dicha temporada.

- **Inventario en proceso:** Es común en industrias FIMAR, en parte debido a la producción por lote, encontrar inventario de productos en proceso amontonados en los alrededores de las máquinas y en los pasillos durante todo el proceso productivo y en varios puestos de trabajo. Los inventarios de productos en proceso se almacenan en lotes de entre 50 y 100 unidades, estos

ocupan un espacio considerable en los pasillos y alrededores de las máquinas como se puede observar en la figura 3.



Figura 3. Productos en proceso.

Los lotes de inventarios en proceso permanecen amontonados en los alrededores de las máquinas durante los tiempos aproximados especificados en la tabla 7, cuya duración fue calculada teniendo en cuenta 3 factores: el tiempo de fabricación de cada tipo de componente (tomado del estudio de tiempos presentado en el apéndice 8), la cantidad de componentes a fabricar y la cantidad de horas disponibles por jornada de trabajo. El cálculo se realizó tomando el tiempo de fabricación por cada componente, multiplicado por el número total de componentes a fabricar, de esta forma se obtiene un valor aproximado del tiempo total que se requiere para fabricar 100 unidades de cada tipo. Posteriormente, se distribuye el tiempo total de fabricación de las 100 unidades de acuerdo al tiempo disponible por jornada de trabajo, y así se obtiene el número total de jornadas de trabajo que se requiere para cumplir con la fabricación de los componentes.

Tabla 7.

Inventarios en proceso.

| Tipo de componente | Unidades | Duración en producción | Área ocupada |
|--|----------|------------------------|----------------------|
| Pecheros y bastidores | 100 | 1 semana | 13,6 m ² |
| Cilindros o tambores | 100 | 15 días | 11,5 m ² |
| Volantes | 100 | Entre 3 y 5 días | 7,6 m ² |
| Componentes pintados en proceso de secado | Variable | Entre 1 y 2 días | 45,12 m ² |

○ **Inventario de productos terminados:** Si bien existen áreas de la planta destinadas al almacenamiento de inventarios, pero en estas no se observa una adecuada organización y debido a esto se evidencian dificultades para el acceso a dichos productos. Se observó una elevada acumulación de productos terminados, distribuidos en las bodegas. Actualmente la planta cuenta con 2 áreas para el almacenamiento de productos terminados y durante el año permanecen llenas, (dichas áreas de almacenamiento se pueden apreciar de una forma más ilustrativa en los planos de la planta consignados en el apéndice 24):

1. Una bodega ubicada en la sección de despulpadoras, al lado de la sección de ensamble cuyas medidas son 11,95 metros de largo por 4,35 metros de ancho, consta de estantería para depositar los productos terminados, y en las áreas que no se cuenta con estantería, suelen ubicarse componentes pequeños en baldes (piñones, varillas, mariposas). En la sección de despulpadoras los productos terminados se amontonan en el suelo al lado de la sección de ensamble (figura 4), allí se acumulan las despulpadoras hasta completar lotes de 50 unidades, para este fin se encuentra dispuesto un área de 30,13 m² que al completar el lote se almacenan en la estantería de la bodega. En esta bodega la empresa mantiene constantemente inventarios de

seguridad de 10 unidades de cada referencia de despulpadoras durante 1 o 2 meses como garantía ante cualquier imprevisto o parada en la producción.



Figura 4. Productos terminados.

2. La segunda zona se encuentra ubicada en el segundo piso encima de la sección de tornos, esta área es destinada al almacenamiento de productos de gran tamaño y peso (módulos, secadoras, pica pastos). En esta área los productos son almacenados en el suelo y se ubican de acuerdo al espacio disponible, esta área consta de 33,63 metros de largo por 5,8 metros de ancho y permanece constantemente llena en su totalidad, incluso se ve la necesidad de recurrir al pasillo ubicado en frente de las oficinas para almacenar los productos cuando se agota el espacio. En esta área se mantienen inventarios almacenados por períodos de hasta 6 meses. En el caso de los módulos que son maquinaria de gran tamaño y con un proceso productivo que requiere de meses para culminarse, la empresa mantiene inventario de sus componentes por aproximadamente 5-6 meses mientras se llega a temporada alta y en ese momento se prosigue con el ensamble de los módulos. En el caso de las secadoras, su proceso productivo es más corto y la empresa tiene una política de mantener inventarios desde 2 meses antes a la temporada alta.

3. Existe un área de almacenamiento donde la mayoría son productos obsoletos y maquinaria vieja, impidiendo el aprovechamiento del espacio, como se puede observar en la figura 5.



Figura 5. Productos obsoletos y maquinaria vieja.

Esta área de almacenamiento consta de 26,6 metros de largo y 5,35 metros de ancho, aquí se acumula cartón, sisco (usado en pruebas a equipos de calor), en su mayoría acumula componentes, devoluciones, productos y maquinaria vieja y obsoleta. Cabe resaltar que la empresa no lleva registro ni control de los productos obsoletos almacenados en este espacio.

Industrias FIMAR en esta sección cuenta con un despilfarro de espacio que podría ser mejor aprovechado si se le diera una adecuada disposición a los productos que allí residen. Es importante mencionar que el material ubicado en esta zona, un 80% del total, lleva almacenado en ese lugar hace más de 1 año. A partir de entrevistas con los operarios más antiguos se logra concluir que esta es una costumbre de la gerencia de la empresa, suelen acumular aquí productos

defectuosos por más de un año y los que no se pueden reutilizar son enviados luego de 1 o 2 años a fundición.

- **TRANSPORTE**

Este tipo de despilfarros, son originados por una inadecuada distribución de la planta, el diseño actual presenta largas distancias entre algunos puestos de trabajo con una alta interrelación y que intervienen en el proceso de fabricación de despulpadoras, con este panorama son reflejados los resultados obtenidos en las listas de chequeo que muestra un 70% de presencia, siendo uno de los 3 despilfarros más significativos, debido a los largos desplazamientos orientados al transporte de materiales, componentes y productos en proceso. Se puede evidenciar en el diagrama de recorrido presentado en el apéndice 11, que el material y los componentes durante el proceso productivo deben recorrer largas distancias entre los puestos de trabajo, cuyos recorridos más representativos de la planta con respecto al transporte de componentes a los centros de trabajo y búsqueda de materiales, se presentan a continuación (Cabe resaltar que los tiempos aproximados de transporte de piezas fueron calculados por el método de cronometraje y se encuentran calculados en el apéndice 8):

- Desde la sección de corte hasta la sección de despulpadoras, los operarios deben recorrer 42,718 metros y demoran aproximadamente 30 minutos cada vez, transportando las láminas y varillas cortadas, cabe resaltar que este tiempo contempla también el cargue de partes en la sección de corte y el descargue en la sección de doblado y troquelado respectivamente.

- Desde la sección de tornos hasta la sección de despulpadoras, se deben recorrer 32,821 metros, y transportando los componentes procesados al siguiente puesto de trabajo del flujo de producción demoran:

✓ Transportando 50 unidades de tambores desde la sección de tornos hasta la sección de ensamble de despulpadoras se demora aproximadamente 1 hora y 30 minutos, cabe resaltar que para transportar las 50 unidades deben realizarse 3 viajes ya que en la carretilla de transporte únicamente caben entre 16 y 17 tambores, además se debe considerar que en este tiempo se encuentra contemplado también las labores de cargue y descargue de los componentes.

✓ Transportando 50 unidades de volantes de la sección de tornos a la sección de taladro se demoran 30 minutos aproximadamente incluyendo las labores de cargue y descargue.

✓ Transportando 50 unidades de varillas se demoran unos 20 minutos aproximadamente incluyendo las labores de cargue y descargue.

El inadecuado diseño, genera demoras debido a las largas distancias que deben recorrer los componentes entre los mencionados puestos de trabajo. Esta situación podría evitarse mediante la implementación de una redistribución de planta que contemple las relaciones de proximidad que deben tener dichos centros de trabajo y que contribuya a disminuir las distancias entre departamentos con mayor interrelación.

- **Movimientos**

Según los resultados de la lista de chequeo aplicada, el mayor porcentaje de despilfarro con respecto a movimientos innecesarios se presenta debido a la presencia de objetos ajenos al proceso y a la dificultad para la ubicación de las herramientas que esto representa.

En la sección de ensamble de despulpadoras se presentan movimientos innecesarios orientados a la búsqueda de herramientas, ocasionado por la falta de orden en ciertos puestos de trabajo, ya que es común encontrar materiales y objetos ajenos al proceso productivo. Si bien, en dichos puestos, los trabajadores tienen a su disposición las herramientas necesarias para llevar a

cabo su trabajo, estas herramientas no están debidamente organizadas y no tienen una ubicación definida, esto sumado al desorden, ocasiona pérdidas de tiempo en busca de dichas herramientas y en ocasiones si no las encuentran deben pedir las prestadas a sus compañeros, retrasando así el proceso productivo.

Los operarios encargados de llevar a cabo el ensamble realizan constantes desplazamientos en búsqueda de los componentes para la fabricación de despulpadoras. Los desplazamientos son a distancias cortas (8,796 metros en ir y volver) y se presenta 3 veces durante el ensamble de cada despulpadora:

- El primer desplazamiento es para buscar contenciones y tarda en promedio 19,27 segundos
- El segundo desplazamiento para buscar el pechero y las mariposas, éste tarda en promedio 32,9 segundos
- El tercer desplazamiento es para buscar los volantes y pecheros, este tarda en promedio 30,72 segundos.

- **Calidad y reprocesos**

La empresa cuenta con un departamento dedicado específicamente al control de la calidad de los productos. Los controles de calidad son realizados por los operarios de cada sección mientras desarrollan sus operaciones, estos controles consisten en inspecciones visuales y rectificación de las dimensiones de las piezas.

En la fase de análisis de la sección de ensamble se observaron imperfecciones en los acabados de algunos componentes, lo cual representa retrasos en el flujo de producción ya que el operario en ocasiones debía pulir, pintar y/o ajustar dichos componentes de nuevo para culminar el proceso. En el ensamble de despulpadoras, más específicamente en el nivelado de los pecheros,

es frecuente encontrar imperfecciones en los pecheros que dificultan realizar y culminar dicha operación. Cabe aclarar que estas imperfecciones normalmente se corrigen en la operación de fresado, pero en algunos casos quedan componentes con dimensiones diferentes, esta situación suele presentarse aproximadamente en 3 de cada 10 piezas procesadas, lo cual obliga al operario encargado del ensamble a realizar una operación extra para pulir los defectos de las piezas hasta que este adquiera las dimensiones adecuadas para el ajuste de las partes. Durante el estudio de tiempos se identificó que esta operación extra representa un tiempo adicional al proceso de ensamble de entre 2 y 3 minutos dependiendo de las dimensiones del defecto.

A lo largo del sistema productivo se evidencia reprocesos que en su mayoría estaban orientados a retocar o corregir los acabados de pintura de los componentes. Debido a una inadecuada manipulación y adecuación de las piezas pintadas en el almacenamiento y secado, se presentan rayones y peladuras ya que se ubican unas encima de otras. Durante el análisis del proceso de ensamble se logró evidenciar que estas imperfecciones se presentan aproximadamente en el 40% de las piezas y este reproceso representa un tiempo extra en el proceso de aproximadamente 2 minutos.

- **Sobreproducción**

La sobreproducción en la empresa se presenta debido a diferentes factores como son la naturaleza del proceso de fundición, las características del mercado cafetero y las políticas de la empresa orientadas a acumular inventarios en épocas de temporada baja. Industrias FIMAR no lleva a cabo el proceso de fundición de componentes en su planta de producción, este proceso lo realizan por tercerización a través de la empresa fundiciones REYOL, debido a esto y a la naturaleza del proceso de fundición, industrias FIMAR debe adquirir los componentes en lotes de al menos 50 unidades. Además, debido a las características del mercado cafetero donde las

cosechas y el comercio del café se lleva a cabo en su mayoría en el último trimestre del año, es en esta temporada donde mayor acumulación de pedidos y ventas tiene la empresa, bajo este panorama y dada la complejidad y alta duración en la fabricación de ciertos productos, la empresa orienta sus políticas a adelantar producción en temporada de demanda baja para cubrir la producción requerida en época de demanda alta, ocasionando que en los 8 primeros meses del año se presente sobreproducción en la empresa, lo cual origina otra serie de despilfarros como son la acumulación elevada de inventarios, costos derivados de almacenamiento y baja disponibilidad de espacio.

- **Esperas**

Como se puede observar en las listas de chequeo, este tipo de despilfarro presenta un porcentaje de participación del 51,43%, cuyo despilfarro con mayor frecuencia es debido a la búsqueda de herramientas, como consecuencia del desorden que se presenta en los puestos de trabajo donde suele encontrarse objetos ajenos al proceso, además de la falta de señalización y orden en los armarios de herramientas donde no se tiene estipulado una ubicación estándar para cada elemento.

Cabe resaltar también el despilfarro de tiempo que representan las esperas debido a averías en la maquinaria, estas averías ocasionan paradas inesperadas de la producción dificultando el cumplimiento de los pedidos y los objetivos trazados en la programación de la producción. En el apéndice 12, se presenta la cantidad de paradas no programadas y el tiempo total de parada de cada máquina en la planta de producción de la empresa para el segundo semestre del año 2015. A partir de esta información se puede concluir que la mayor cantidad de tiempo (20,5 horas) y el mayor costo (\$1.683.206), debido a paradas no programadas, se presenta en la sección de tornos. Las operaciones de torno son de vital importancia en la producción de despulpadoras ya que

proveen los componentes para el ensamble de despulpadoras, esta sección que posee tiempos elevados de producción, sumado al tiempo y costo de paradas de esta área, la constituye en un recurso que restringe la capacidad, ya que afecta la disponibilidad de estos centros de trabajo los cuales requieren de una alta utilización para cumplir con el ritmo de producción. Estos inconvenientes pueden ocasionar tiempos de espera durante el proceso de fabricación, específicamente en los centros de trabajo que dependen del flujo y suministro de la sección de torneado.

7.4. Análisis de la distribución de la planta actual

Actualmente la planta de producción de industrias FIMAR está constituida por 3 niveles: En el primer nivel se encuentra la sección de corte, torneado, módulos, torrefacción, bodegas de materiales y herramientas. El segundo nivel está dedicado al almacenamiento de componentes, productos en proceso y productos terminados. En el tercer nivel se encuentra la sección de despulpadoras, carpintería y empaque. Dicha distribución de la planta puede apreciarse de forma más ilustrativa en el apéndice 24.

Para el almacenamiento de materias primas, materiales de producción y productos terminados de despulpadoras, la empresa cuenta con estantería para su recepción, y se encuentran organizados según el tipo de material o producto, y referencia en las bodegas. Solo existe un área de almacenamiento donde no se cuenta con estantería para los productos, y es la bodega ubicada en el segundo nivel, el cual almacena todos los tipos de productos diferentes a las despulpadoras, los cuales se encuentran distribuidos en el suelo.

Además, la empresa cuenta con un área de almacenamiento de productos obsoletos en la sección de despulpadoras, cuya área es de 26,6 metros de largo y 4,35 metros de ancho, del cual no se lleva un control y manejo de los objetos, cuyo espacio podría ser mejor aprovechado si se le diera una adecuada disposición a los productos que allí residen.

Con el fin de ilustrar el flujo que presenta la elaboración de las despulpadoras durante su proceso productivo, la distribución de los recursos y las trayectorias resultantes de las partes y componentes para la fabricación del producto final, se realizó un diagrama de recorrido (ver apéndice 11) el cual se construyó utilizando los planos de la planta de producción de Industrias FIMAR, cuyas distancias entre puestos de trabajo y áreas externas fueron calculadas por medio de un instrumento de medición (Distanciómetro).

A lo largo del proceso se observaron largos desplazamientos que generan pérdidas de tiempo y dinero, pues dichos transportes además de ser frecuentes no agregan valor al producto final. Entre estos grandes desplazamientos sobresalen los recorridos relacionados con el transporte de componentes como los volantes, piñones, cilindros y láminas que deben recorrer toda la planta para ser tratados en los puestos de trabajo.

El trabajador debe trasladarse aproximadamente 42,718 metros desde el puesto de corte de láminas hasta la sección de despulpadoras y 32,821 metros desde la sección de tornos hasta la sección de despulpadoras, lo cual representa una distancia grande en comparación a otros recorridos de la planta que realizan los operarios para la fabricación de despulpadoras. Además, las bodegas de materiales están muy lejos de la sección de despulpadoras, lo que obliga a los trabajadores recorrer 2 niveles de la planta cada vez que se les agota el material, este desplazamiento equivale a unos 74,16 metros en ir y volver al puesto de trabajo. Estos hallazgos

hacen evidente la necesidad de una propuesta de redistribución de planta que ayude a minimizar los costos de transporte de material, producto en proceso y producto terminado.

7.5. Análisis del diagnóstico

Si bien, es importante reconocer los diferentes factores que influyen en la productividad de la empresa, para ello, se realizó un diagrama causa – efecto, cuya herramienta fue útil para ordenar, de forma concentrada, y definir las diferentes causas presentes en el sistema productivo de Industrias FIMAR que pueden generar una baja productividad en la planta de producción, buscando de esta manera la causa raíz de los problemas, y se construyó de acuerdo a lo observado e identificado en el transcurso del diagnóstico general del proceso productivo. Dicho diagrama se puede observar en el apéndice 14.

El análisis del diagnóstico se hizo agrupando los problemas en 6 categorías: Recursos, Mano de obra, Esperas, Reprocesos, planta e inventarios.

Con respecto a la categoría de recursos, existe un despilfarro de pintura debido a los reprocesos en los acabados de pintura presentes en el proceso de ensamble y a la baja resistencia física que presenta la pintura en aceite.

En mano de obra, se pudo observar una baja motivación de los operarios por mejorar sus prácticas productivas, por ejemplo, en la creación de nuevos instrumentos que faciliten y generen un ahorro de tiempo en la fabricación de piezas. Esto es debido principalmente a la baja aceptación de los directivos a los cambios en los procesos de producción, quienes prefieren mantener los procedimientos establecidos para evitar alteraciones o dificultades.

En cuanto a los inventarios, se evidenció una acumulación de inventarios de producto en proceso, en parte, debido a la política de producción que maneja actualmente la empresa (producción por lotes) como consecuencia de las características del mercado cafetero y la duración de los procesos de fabricación de los equipos, los cuales duran aproximadamente entre 2 y 3 meses dependiendo del tipo de producto. También, se observó una acumulación de componentes y productos obsoletos, los cuales ocupan un espacio considerable en la planta y no se tienen definidas las acciones a tomar respecto a estos objetos (Reutilización, donación o venta)

En la categoría de reprocesos, se evidenciaron retoques de mecanizado y retoques manuales de pintura en algunos componentes, específicamente en el proceso de ensamble, lo cual representa retrasos en el flujo de producción ya que el operario en ocasiones debía pulir los defectos de algunas partes hasta que estas adquirieran las dimensiones adecuadas para el ajuste de las piezas, y luego corregir las imperfecciones en los acabados de pintura producto de la baja resistencia de la pintura en aceite y una inadecuada manipulación y adecuación de las piezas pintadas en el almacenamiento y secado.

Finalmente, con respecto a las esperas, se identificó un recurso restrictivo presente en el sistema productivo de despulpadoras (Proceso de secado), pues debido a las propiedades fisicoquímicas de la pintura en aceite, este proceso presenta un tiempo demasiado alto (12 a 14 horas) en el secado de las piezas. Este panorama dificulta en ocasiones la disponibilidad de componentes en la sección de ensamble, lo cual interrumpe el proceso de fabricación de las despulpadoras y genera demoras en la terminación de los productos. Además, se identificaron interrupciones en algunos procesos del sistema productivo, en la preparación de herramientas, ya

que los operarios no realizan los alistamientos de maquinaria pertinentes, previos a la ejecución de sus actividades productivas, lo cual influye en la eficiencia del proceso productivo.

No obstante, el diagrama permitió determinar las diferentes causas que influyen a la productividad de la empresa, los cuales deben ser analizados y tratados para generar un mejoramiento en el sistema productivo y a su vez, un aumento en la productividad de la empresa.

7.6. Priorización de problemas

Luego de haber realizado un diagnóstico general de la línea de producción de despulpadoras de la empresa INDUSTRIAS FIMAR, se identificaron en resumen los siguientes problemas:

Tabla 8.

Problemas identificados.

| # Problema | Problema |
|------------|--|
| 1 | Largos recorridos de materia prima y producto en proceso |
| 2 | Acumulación de inventarios |
| 3 | Reprocesos presentes en el proceso de ensamble |
| 4 | Largos tiempos de secado de las piezas |
| 5 | Desaprovechamiento de espacios útiles |

Seguido a esto, se aplicó una metodología para la priorización de problemas, con el fin de seleccionar los problemas que requieren mayor atención y pronta solución, para luego establecer alternativas de corrección, prevención y control que permitan mitigar dichos problemas y así contribuir al mejoramiento continuo de la empresa.

Esta metodología sugiere llevar a cabo la priorización de los problemas de acuerdo a los siguientes aspectos(Castillo):

- **Impacto:** Hace referencia a la magnitud de los efectos de la falla. cuanto más grande sea su efecto, mayor calificación recibe.
- **Urgencia:** Hace referencia a la dificultad (tiempo requerido) para solucionar la causa. cuanto más compleja sea la solución, mayor calificación obtiene.
- **Tendencia:** Hace referencia a la curva de comportamiento de la falla o error. Cuando más se presente la falla, mayor calificación recibe.

$$\text{PRIORIDAD} = \text{IMPACTO} + \text{URGENCIA} + \text{TENDENCIA}$$

Con el propósito de llevar a cabo la priorización, se prosigue a asignar una ponderación a cada uno de los problemas identificados con respecto a los 3 aspectos: impacto, urgencia y tendencia, de acuerdo al conocimiento del proceso de la empresa y la información recolectada inicialmente en el diagnóstico. La ponderación se llevó a cabo de la siguiente forma:

Tabla 9.

Criterios de la ponderación.

| Aspecto | Definición | Calificación |
|-----------|--|--------------|
| Impacto | El problema afecta a toda la organización o al cliente | 3 |
| | Afecta solo a un área específica de la organización | 2 |
| | Afecta a una minoría de un área de la organización | 1 |
| Urgencia | Solución compleja y a largo plazo | 3 |
| | Solución a mediano plazo (1 a 3 meses) | 2 |
| | Solución a corto plazo (menos de 1 mes) | 1 |
| Tendencia | El problema se presenta 3 o más veces en un mes | 3 |
| | Se presenta 2 veces en un mes | 2 |
| | Se presenta 1 veces en un mes | 1 |

Posteriormente, se cargan estas ponderaciones a cada problema presentado en el sistema productivo, teniendo en cuenta los tres criterios y finalmente se realiza la sumatoria de las ponderaciones por cada problema. A continuación, se presentan resultados de la ponderación:

Tabla 10.

Ponderación de los problemas.

| # Problema | Impacto | Urgencia | Tendencia | Total |
|------------|---------|----------|-----------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 3 | 8 |
| 2 | 2 | 2 | 3 | 7 |
| 3 | 2 | 3 | 3 | 8 |
| 4 | 3 | 3 | 2 | 8 |
| 5 | 2 | 1 | 3 | 6 |

A continuación, se presenta la secuencia de las problemáticas presentes en el sistema productivo, de acuerdo a la prioridad de atención definida de acuerdo a los criterios anteriormente expuestos:

Tabla 11.

Orden según prioridad.

| Orden según prioridad | Problemas |
|-----------------------|---------------------------------------|
| 1 | Largos recorridos |
| 2 | Elevados tiempos de secado |
| 3 | Reprocesos |
| 4 | Acumulación de inventarios |
| 5 | Desaprovechamiento de espacios útiles |

Como se puede evidenciar, la priorización de los problemas basado en criterios como el impacto, la urgencia y la tendencia sugiere que las mayores prioridades de atención son los

problemas relacionados con los largos recorridos que deben realizar los operarios, además de los reprocesos y largos tiempos de secado de las piezas. Bajo este panorama se hace evidente la necesidad de nuevas propuestas para la distribución de la planta que contemplen mayor cercanía entre los puestos de trabajo con mayor interrelación, además de propuestas de mejora para la sección de pintura que permitan reducir los elevados tiempos de secado y las imperfecciones en los acabados de las piezas.

8. Propuesta de rediseño del sistema de pintura

Luego de identificar los recursos restrictivos presentes en el sistema productivo de despulpadoras, se decide realizar un procedimiento de benchmarking para la planificación estratégica y mejora de la capacidad productiva de la empresa, con el propósito de generar ese perfil competitivo que desea la empresa en el sector agroindustrial. Esta herramienta permite iniciar un análisis que derive un grupo de acciones de mejora a implementar y que facilite el diseño de una propuesta de mejora para el área de pintura, con relación al funcionamiento de nuevas tecnologías o métodos de trabajo que han generado resultados satisfactorios en otras organizaciones pertenecientes a la competencia.

8.1. Benchmarking.

Cabe resaltar que el proceso básico de benchmarking es el mismo en todos los tipos. Si bien, existen 3 tipos principales de benchmarking:

1. **Benchmarking interno:** Este tipo de benchmarking se produce cuando la compañía busca las mejores prácticas dentro de sus límites. Se comparan parámetros entre distintas ubicaciones de una misma organización (Gomez Niz & Gonzalez Rodriguez, pág. 9). Actividades similares en diferentes sitios, departamentos, unidades operativas, países, etc. (Spendolini, 2005, pág. 20).

2. **Benchmarking competitivo:** Competidores directos que venden a la misma base de clientes (Spendolini, 2005, pág. 20). Es la comparación de los estándares de una organización, con los de otras empresas. Su objetivo es identificar información específica y compararlos con los de su organización (Gomez Niz & Gonzalez Rodriguez, pág. 9).

3. **Benchmarking Funcional (Genérico):** Organizaciones acreditadas por tener lo más avanzado en productos/servicios/procesos (Spendolini, 2005, pág. 20). Es la comparación de los niveles de logros de una organización, con lo mejor que exista en cualquier parte del mundo, sin importar en que industria o mercado se encuentre. (Gomez Niz & Gonzalez Rodriguez, pág. 10)

En este caso, se emplea un benchmarking competitivo, teniendo en cuenta que INDUSTRIAS FIMAR muestra interés por mantener ese posicionamiento nacional y departamental que posee actualmente en el mercado, además del interés por mejorar sus procesos y prácticas productivas, e incrementar su productividad.

A continuación, se presenta la metodología (Tijerina Acosta, 1999, pág. 24) empleada para el desarrollo del benchmarking:

Primera etapa: Determinar a qué se le va hacer benchmarking

El benchmarking se centra en el sector agroindustrial, cuya empresa de comparación elegida es PENAGOS Y HERMANOS & CÍA. LTDA, la cual es considerada como la competencia directa de INDUSTRIAS FIMAR, y quien cuenta con un número mayor de clientes nacionales y de varias partes del mundo, en la gran mayoría de los países productores de Centroamérica, Grupo andino y también en países de África, Asia y polinesia.

Para poder establecer las necesidades de información de INDUSTRIAS FIMAR para el benchmarking, fue necesario dedicar tiempo suficiente para esclarecer las necesidades específicas propias de la empresa y documentarlas. Es por esta razón, que se realiza un estudio y diagnostico² detallado de las operaciones productivas de la empresa INDUSTRIAS FIMAR, en el cual se identifica una serie de falencias y oportunidades de mejora en el sistema productivo, para luego analizarlas y establecer alternativas de solución que le permita a la empresa ser más productiva y competitiva.

Por consiguiente, se identifica un problema específico para hacer benchmarking, y es el recurso restrictivo presente en la línea productiva de despulpadoras, cuyo elemento produce una caída considerable de la eficiencia en un área determinada del sistema, que en este caso sería la sección de pintura por los largos tiempos de secado que presentan los componentes. En relación con esto, se analizaron los procesos productivos de la competencia principal (PENAGOS Y HERMANOS & CIA. LTDA), con el propósito de encontrar practicas o procedimientos más avanzados que ayuden a mejorar las operaciones de la empresa y a incrementar la capacidad productiva de la planta.

Segunda etapa: Formar un equipo de benchmarking

El equipo de trabajo que llevó a cabo la actividad de benchmarking a corto plazo, está integrado por los autores del proyecto, los analistas y recopiladores de datos, y la subgerente de

² Diagnostico detallado de la empresa INDUSTRIAS FIMAR presentado en el inciso – del presente documento.

INDUSTRIAS FIMAR, quien es la responsable de planificar y organizar las actividades de benchmarking. Cabe resaltar que a mediano y largo plazo la subgerente será la encargada de llevar el control y seguimiento de los indicadores, para evaluar el impacto de la mejora presentada en el benchmarking, luego de su implementación, comparando cifras internas de producción con datos de la competencia.

Tercera etapa: Recopilar y analizar la información

Se adquiere información interna de la competencia a partir de proyectos de mejoramiento productivo realizados en PENAGOS Y HERMANOS & CIA LTDA, por estudiantes de la Universidad Industrial de Santander, donde se encuentran cifras y criterios claros de referencia para dar conceptos confiables de comparación entre las plantas de producción de PENAGOS y FIMAR. De allí, se extraen los respectivos índices de comparación y procedimientos de la competencia con respecto a los procesos y maquinaria que emplean en la sección de pintura. Respecto a la información de INDUSTRIAS FIMAR, fue recopilada por medio de reuniones con la subgerente de la empresa (Tutora del proyecto) y trabajadores, documentos, observación directa y toma de datos.

Proceso de pintura y secado de componentes en INDUSTRIAS FIMAR

El proceso de pintura es realizado por un operario utilizando pintura en aceite. Este procedimiento se divide en 3 fases: preparación de superficies, aplicación de pintura y secado de la pintura al aire libre. Esta operación es realizada en un cuarto cerrado acondicionado con equipos para la fácil extracción y recirculación del aire. En la preparación de las superficies, el operario elimina cualquier contaminante que se identifique en la superficie a pintar, por medio de una limpieza con aceite, gasolina o tiner dependiendo del estado de la pieza, que favorezca la adherencia de las futuras capas de pintura. Seguido a esto, se da paso a la aplicación de la pintura

mediante pistolas de aplicación. Cabe resaltar que este proceso de pintura se realiza por lotes de 10 piezas cada vez, dependiendo de la demanda interna de producción. Y finalmente, las piezas son transportadas a las afueras del área de pintura para llevar a cabo el secado y endurecimiento de la pintura al aire libre.

Después de realizar un análisis detallado del proceso de pintura que presentan los bastidores o soportes, mariposas, cilindros, contenciones y pecheros, luego de su fabricación, se observó que existen largos tiempos de secado, ya que las piezas tardan aproximadamente entre 12 y 14 horas en secar. Debido a esto, se concluyó que el proceso de pintura es considerado un recurso restrictivo para el sistema productivo de despulpadoras, ya que disminuye la velocidad de la línea de producción y genera tiempos de espera elevados. En la Tabla 12, se encuentran los tiempos de pintura para cada componente de la Despulpadora 3 (1/2) de café.

Tabla 12.

Tiempo aproximado de pintura para cada tipo de componente.

| Componente | Componentes pintados por hora | Tiempo unitario |
|-------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Pechero | 10 | 6 minutos |
| Soporte | 8 | 7,5 minutos |
| Piñones | 13 | 9,23 minutos |
| Volantes | 13 | 4,62 minutos |
| Mariposas | 25 | 2,4 minutos |

Cabe destacar que la sección de pintura y secado es un área que requiere de atención y control, cuyas operaciones se llevan a cabo con pintura en aceite, material que debido a sus propiedades físico químicas posee una baja resistencia física a los rayones y golpes lo que ocasiona acabados de baja calidad y reprocesos. Adicionalmente a esto, presenta un proceso de secado muy lento (De 12 a 14 horas), lo cual condiciona el ritmo productivo de la empresa en gran medida.

Teniendo en cuenta que los componentes llegan por lotes al puesto de pintura, y estos se pintan según el orden de llegada, el puesto de ensamble debe esperar hasta que se pinten y se sequen todos los componentes que conforman una despulpadora de café para iniciar con el ensamble de producto terminado. Es por esta razón, que se busca la forma de disminuir el tiempo de secado de las piezas por medio de un nuevo método de aplicación y secado de pintura, que permita disminuir el tiempo de espera del puesto de ensamble para aumentar la productividad de despulpadoras.

Industrias FIMAR consciente de este problema ha recurrido a estrategias temporales como programar la pintura de componentes de tal forma que el secado se lleve a cabo durante la noche y en horarios fuera de la jornada laboral, pero esta estrategia solo es de utilidad en los periodos de demanda media y baja. Con este panorama y en decisión conjunta con la empresa se considera el mejoramiento de la sección de pintura como prioridad para la planta de producción.

Proceso de pintura y secado de componentes de PENAGOS

La empresa cuenta con la última tecnología en pintura electrostática permitiendo el ahorro y recuperación de pintura para cada una de las máquinas. La pintura en polvo electrostática es una alternativa diferente para el recubrimiento de piezas, el cual presenta grandes ventajas en comparación a otros procedimientos de aplicación de pintura, cuyos beneficios se ven reflejados en la eficiencia de la aplicación, además de que no son inflamables, tiene una resistencia físico-química muy superior frente a impactos, rayones, dobleces y agentes químicos. El proceso de pintura es un proceso que se lleva a cabo con la finalidad de proteger los equipos contra la corrosión y lograr un revestimiento uniforme, atractivo y durable en los productos.

Actualmente esta sección de la empresa tiene a su disposición dos tipos diferentes de pintura, el primero que es el más usado en todos los componentes fabricados es la pintura electrostática,

la cual brinda una excelente presentación y acabado a las piezas; y el segundo, que es el más antiguo en la historia de la empresa es la pintura líquida que se aplica en aquellas piezas donde la pintura electrostática no puede ser utilizada. De este proceso las piezas van directamente a la sección de ensamble donde son unidas para formar el producto final (Ballesteros Guerrero & Villabona Silva, 2009, pág. 39).

A la sección de pintura llegan todos los componentes completamente procesados según el requerimiento, una vez se encuentran clasificados según su color asignado (Rojo, Verde, Amarillo) son incorporados en cubas de 3,2 m³ en las que se les realiza procesos electrolíticos para eliminarle cualquier tipo de impurezas. Luego se trasladan a las cabinas de pintura donde por medio de un compresor se expulsa la pintura que se adhiere de manera eficaz gracias a la carga eléctrica. Seguidamente las piezas se transportan hacia un horno donde la pintura se derrite y se adhiere completamente, finalmente se retiran de la cabina para dejarlas secar durante aproximadamente 1 hora, cuando están completamente secas se envían a las demás secciones de ensamble (Bautista Botello, Camargo Rivero, & Pinzón Torra, 2010, pág. 55)

En la Tabla 13 se presentan las máquinas existentes en la sección de PINTURA de la empresa PENAGOS Y HERMANOS & CIA. LTDA:

Tabla 13.

Equipos de pintura en PENAGOS Y HERMANOS & CIA. LTDA.

| Número de máquinas | Máquina | Marca | Modelo |
|--------------------|------------------------|------------|----------|
| 1 | Horno de curado | Genérico | Briellon |
| 1 | Compresor aire | Puzca | AT-150 |
| 2 | Equipos electrostática | Nordson | HR-2-50 |
| 3 | Cabinas de pintura | | |
| 1 | Polipasto | Berg Steel | BS-TEW |

Nota: Ballesteros Guerrero, O. A., & Villabona Silva, M. F. (2009). *Mejoramiento del sistema de manufactura de la línea de accesorios de GAS en PENAGOS HERMANOS & CIA LTDA.*

Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander.

Facultad Físico-mecánicas p. 156.

A continuación, se presentan algunos tiempos ciclos obtenidos de las hojas de ruta de DESMUCILAGINADOR DX-2 de la empresa PENAGOS Y HERMANOS & CIA. LTDA con el propósito de conocer y analizar los tiempos que requiere cada pieza en el proceso de pintura y secado, utilizando tecnología de pintura electrostática en polvo.

Tabla 14.

Tiempos ciclo de pintura y secado de componentes del Desmucilaginador DX-2.

| Nombre de la pieza | Operación | Máquina | Tiempo de ciclo |
|---------------------|-----------|------------------------|-----------------|
| Estructura DX-2 | Pintura | Equipos electrostática | 5 minutos |
| | Secado | Horno | 40 minutos |
| Canal de salida | Pintura | Equipos electrostática | 5 minutos |
| | Secado | Horno | 30 minutos |
| Rotor DX-2 | Pintura | Equipos electrostática | 10 minutos |
| | Secado | Horno | 35 minutos |
| Bastidor Tangencial | Pintura | Equipos electrostática | 10 minutos |
| | Secado | Horno | 35 minutos |
| Bandeja Mucilago | Pintura | Equipos electrostática | 10 minutos |

| Nombre de la pieza | Operación | Máquina | Tiempo de ciclo |
|--------------------------|-----------|------------------------|-----------------|
| | Secado | Horno | 35 minutos |
| Soporte Bandeja mucilago | Pintura | Equipos electrostática | 10 minutos |
| | Secado | Horno | 30 minutos |
| Guardas Mucilago | Pintura | Equipos electrostática | 5 minutos |
| | Secado | Horno | 30 minutos |
| Alimentador | Pintura | Equipos electrostática | 10 minutos |
| | Secado | Horno | 30 minutos |
| Filtro | Pintura | Equipos electrostática | 10 minutos |
| | Secado | Horno | 30 minutos |

Nota: Jimenez, C.A., & Amaya, J. L: (2013) Propuesta de mejoramiento para las secciones de metalistería, soldadura e ingeniería de manufactura de la empresa PENAGOS HERMANOS & CIA LTDA. Trabajo de grado Ingeniería Mecánica. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad Físico-mecánicas. p. 229-245.

Frente a esta información se puede observar que los tiempos de aplicación de pintura oscilan entre los 5 y 10 minutos, y los tiempos de secado entre 30 y 40 minutos, dependiendo del tipo de pieza. Según la permanencia de estos equipos de pintura electrostática en polvo, que han tenido durante los últimos 7 años en la planta de producción de PENAGOS Y HERMANOS & CIA LTDA, se puede concluir que este sistema de pintura ha generado beneficios e impactos positivos a la empresa, entre ellos, lograr tiempos de procesos más bajos, acabados resistentes al rayado, a la corrosión, a la intemperie, la abrasión, el impacto y los químicos, y por supuesto, un ahorro de pintura, producto del reciclaje de este material que no queda aplicada en la pieza.

Debido a lo anteriormente mencionado, INDUSTRIAS FIMAR se ve en la necesidad de ampliar su capacidad productiva por medio de un rediseño del sistema de pintura de la planta actual, como alternativa de solución frente al recurso restrictivo presente en la línea de producción de despulpadoras. Además, al contemplar el funcionamiento del sistema de pintura en polvo de PENAGOS, y los resultados de sus tiempos de operación en la sección de pintura, se

puede llegar a la conclusión de que este sistema puede generar muchos beneficios a corto y largo plazo para la compañía con respecto a su productividad y competitividad. Se puede llegar a reducir hasta en un 94% del tiempo de secado de los componentes fabricados en la planta de INDUSTRIAS FIMAR, empleando un horno de curado para el endurecimiento del revestimiento de los componentes, teniendo en cuenta que en PENAGOS los tiempos de curado oscilan aproximadamente entre los 30 y 40 minutos, y en INDUSTRIAS FIMAR tardan aproximadamente entre 12 y 14 horas en secar al aire libre.

Cuarta etapa: Integrar mejoras a los procesos

A continuación en el presente documento se presentan las diferentes propuestas de mejora para el sistema productivo de Industrias FIMAR, en el cual se adiciona una propuesta de rediseño del sistema de pintura, como alternativa de solución para los problemas presentes en la sección de pintura y el recurso restrictivo existente en la planta de producción de despulpadoras, donde se realiza una investigación exhaustiva del sistema de pintura nuevo para la selección adecuada de los equipos de aplicación de pintura electrostática en polvo que se integrarían en un futuro en la planta de producción de Industrias FIMAR. Adicionalmente, se presentan las cotizaciones de las máquinas que se requieren para el funcionamiento del nuevo sistema de pintura, en el apéndice 15.

8.2. Propuesta rediseño para el sistema de pintura actual

En vista de las falencias derivadas del actual sistema de pintura como son los largos tiempos de secado, la baja resistencia física a rayones o golpes que ocasiona reprocesos de retoque a las piezas, además de ser considerado un recurso que restringe la capacidad productiva de industrias

FIMAR, se considera necesario analizar y evaluar nuevas propuestas para el rediseño del sistema de pintura que permita eliminar o al menos reducir los desperdicios derivados del actual sistema, para ello se ha considerado en conjunto con la gerencia la implementación de un sistema de pintura en polvo electrostático dadas las ventajas que ofrece con respecto a los demás tipos de pintura, adicional al buen rendimiento comprobado por diferentes empresas del sector como es el caso de Penagos considerados uno de los líderes en el mercado.

Colombia ha presenciado un crecimiento vertiginoso en el consumo de pintura en polvo, gracias a su versatilidad, la disminución de los costos de deposición de residuos y la alta transferencia del recubrimiento; además, es un producto que no contiene solventes y emite cantidades ínfimas de compuestos orgánicos volátiles, que lo hacen amigable con el medio ambiente(Francescutti, 2007).

El perfeccionamiento de la línea de pintura electrostática permite mejorar la calidad, incrementar la velocidad de producción, optimizar el uso de los recursos y reducir los tiempos de entrega de los productos. El mejoramiento de una planta de pintura en polvo, promueve el ahorro de materia prima y garantiza procesos más limpios, dentro y fuera de las instalaciones.

- Mejorar el proceso de la pintura electrostática significa para la industria inversiones de grandes proporciones, pero también conlleva el reconocimiento y buen prestigio de la empresa y el incremento de su capital. Adicionalmente aporta mejoras en la presentación del producto, mejoras en la resistencia físico - química frente a rayones, impactos, dobleces y agentes químicos, aumento en el desempeño y durabilidad de la pintura electrostática supera a cualquier otro tipo de pintura. Por esta razón, las inversiones en pro de la optimización, deben ser vistas como un valor agregado, mas no como un gasto inoficioso.

8.2.1. Generalidades de la pintura en polvo

- El proceso de pintura en polvo presenta algunas restricciones y es que únicamente se puede aplicar en materiales sólidos con capacidad conductora y/o termostable.
- Hay que tener en cuenta que el buen comportamiento de la pintura en polvo, depende de las adecuadas condiciones de manipulación y almacenamiento, tareas que deben desarrollarse en áreas secas, con buena ventilación.
- Este tipo de recubrimiento se usa en mayor medida en productos metálicos (componentes de máquinas, muebles metálicos, electrodomésticos, en la industria automotriz y en las estructuras metálicas).
- La pintura en polvo difiere principalmente de la pintura líquida en que no se necesita el uso de ningún tipo de disolvente.
- La temperatura de fusión promedio es de 60 °C A 100°C, la temperatura de polimerizado está en el rango de 180 °C - 200°C la misma que debe realizarse durante un tiempo de 10 a 20 minutos.

8.2.2. Descripción del proceso de pintura en polvo El objetivo de este tipo de proceso es obtener un producto confiable y de fácil manejo, con alto rendimiento y un mínimo impacto en el medio ambiente. La Pintura en Polvo es una mezcla homogénea de cargas minerales, pigmentos y resinas en forma sólida, que se aplica con un equipamiento especial en el que se mezcla con aire y se carga eléctricamente (Alcaldía mayor de Bogotá, s.f.). El principio del pintado electrostático se basa en el concepto del imán, donde cargas opuestas se atraen. La pintura en polvo es transportada por mangueras, a través de un sistema de vacío creado por aire comprimido a alta

velocidad, hasta las pistolas de aplicación (Pintuco S.A. , s.f.), donde son bombardeados con cargas eléctricas de alto voltaje (hasta 90.000V en algunos casos) y bajísimo amperaje; esta operación provee carga eléctrica negativa a las partículas de pintura que son atraídas a la pieza metálica que se encuentra puesta a tierra. Las partículas de Pintura en Polvo que permanecen adheridas a la pieza por carga estática son inmediatamente calentadas en un horno donde se transforman en un revestimiento continuo. Cuando la pintura se funde los componentes químicos, en este caso las resinas, reaccionan entre sí formando una película. Dando como resultado un revestimiento uniforme, de alta calidad, adherido a la superficie, atractivo y durable.

Para dar un poco más de claridad sobre el proceso de aplicación de pintura en polvo se define paso a paso:

1) TRATAMIENTO DE SUPERFICIES

Las superficies deben estar limpias, libres de polvo, aceite, grasa, óxido o cualquier sustancia extraña que no pertenezca a la pieza a pintar. Mediante la preparación de la superficie se aumenta la resistencia a la corrosión con la aplicación de fosfatos y selladores con el propósito de facilitar la adherencia de la pintura. Posterior al tratamiento de limpieza, se realiza la aplicación.

2) APLICACIÓN DE POLVO ELECTROSTÁTICO

La segunda fase hace referencia al proceso de pintado de las piezas, este proceso se lleva a cabo en una cámara especializada para la aplicación, dicha cámara se debe ubicar en un lugar donde la temperatura, contaminación, presión atmosférica, velocidad del viento y la humedad estén en rangos que se puedan asumir óptimos para la aplicación.

Para establecer estos parámetros se recomienda lo siguiente:

- Humedad no más de 65%

- Temperatura ambiente máximo 35 °C
- Aire libre de contaminantes y sólidos.
- Tratar en lo posible mantener la cámara cerrada y si es cámara continua menor cantidad

de entrada y salida de aire.

Al momento de la aplicación se recomienda tener una distancia prudente de 30 cm aproximadamente.

Para la aplicación electrostática en el proceso, las partículas de polvo de la pintura se cargan eléctricamente mientras el producto a pintar está conectado a tierra, de esta manera se produce una atracción electrostática que adhiere una película de polvo a la pieza, logrando cubrir toda su superficie de manera pareja y total.

3) CURADO DE LA PINTURA

Cuando una pintura termoestable es expuesta a temperatura (aproximadamente 100°C, comenzará a derretirse, a medida que esto sucede el material fluirá y luego reaccionará químicamente para formar un polímero de peso molecular más alto, con una estructura tipo red. Este proceso requiere cierto grado de temperatura por un tiempo determinado para poder llegar a un curado pleno y establecer las propiedades de película plenas para las que fue diseñado (Pintuco S.A., s.f.)

Este procedimiento es muy controlado por sus niveles de temperatura y tiempo de curado del producto ya que el conjunto de estas dos variables serán las responsables del acabado final y de sus propiedades mecánicas y químicas.

Se pueden utilizar dos tipos de hornos para el curado: los de convección o los de radiación, donde la diferencia radica en que el de convección se transmite el calor al aire y de ahí al metal

que hará que actúe sobre el polvo y el de radiación que transfiere mayor calor directamente a la pintura.

El sistema de pintura en polvo electrostática consta de 4 subsistemas los cuales deben tener un perfecto estado para garantizar la obtención de los mejores resultados del sistema en general:

8.2.2.1. Subsistema de preparación de las superficies de los componentes Generalmente los componentes que se desea pintar proceden de fundición, en búsqueda de darle las condiciones necesarias que garanticen una adecuada recepción de la pintura en polvo, lo primero que se debe hacer es realizar un tratamiento de limpieza el cual puede ser de 3 formas: alcalino, mecánico o químico, esta fase previa asegura la calidad en los acabados que se le den a los componentes.

El pretratamiento puede ser tan simple como una limpieza con solvente hasta un lavado por inmersión o aspersion de varios pasos para eliminar los contaminantes y aplicación de recubrimiento de conversión para una buena adherencia de la pintura y un buen desempeño (Pintuco S.A. , s.f.)

8.2.2.2. Subsistema de aplicación de pintura en polvo. Posterior al proceso de limpieza de la fase anterior se procede a aplicar el recubrimiento electrostático. La aplicación se lleva a cabo en una cabina especializada y allí se ubica el componente, generalmente los componentes se cuelgan en un soporte que está conectado a tierra. Para llevar a cabo la aplicación se utiliza un equipo electrostático especializado, la pintura es cargada en un contenedor y posteriormente se hace fluir la pintura de forma neumática hacia la pistola, la cual genera un campo eléctrico que carga eléctricamente las partículas de pintura, estas partículas son atraídas hacia el componente conectado a tierra.

La cabina cuenta con una serie de filtros de aspiración que se encargan de retener las partículas de pintura que no lograron adherirse a la superficie del componente, donde a través de un pulso de aire comprimido dirige hacia el interior de una tolva la pintura donde se recolecta y se reutiliza.

8.2.2.3. Subsistema de curado Al finalizar el proceso de aplicación, el componente se transporta hacia el horno de curado. En el horno la pintura se eleva a temperaturas del rango de 200°C a esta temperatura la pintura se derrite y sus componentes reaccionan, dando paso a una película dura sobre el substrato y así se completa el proceso.

8.2.2.4. Ventajas

- Elevada resistencia físico - química frente a rayones, impactos, dobleces y agentes químicos.
- El desempeño y durabilidad de la pintura electrostática supera a cualquier otro tipo de pintura.
- La pintura y secado en horno no produce emanaciones tóxicas al medio ambiente.
- Ausencia de compuestos orgánicos volátiles.
- La manipulación de la pintura en polvo es más fácil y segura que la pintura líquida.
- Generan un bajo nivel de residuos.
- Reducción de costos de deposición de residuos
- Propiedades como resistencia a la corrosión, abrasión e impacto.
- No necesita solventes para su dilución.

- Apariencia más fina y de mejor calidad.
- Permite un uso más eficiente de los recursos ya que presenta un muy buen reciclaje del polvo, con pérdidas en el proceso de máximo 5% de material.
- Proceso independiente de la humedad y la temperatura del aire.
- Aumento significativo de la productividad ya que se reducen los tiempos de secado en gran cantidad.

8.2.2.5. Desventajas

- No es posible usarse en materiales que no soporten temperaturas de 200 grados centígrados.
- El costo de la pintura en polvo es mayor que el de la pintura líquida, pero su rendimiento es superior.
- Encontrar un horno y ciclón adecuados representa un alto costo de implementación.
- Es difícil cambiar el color después de que se ha elaborado el polvo.
- Dificultades para pintar lugares de difícil acceso.

8.3. Evaluación de tecnología disponible en el mercado

A continuación, se relaciona los componentes de cada subsistema, además se expone información acerca de los diferentes tipos de componentes existentes en el mercado de tal forma que se pueda evidenciar cuál es la mejor opción para las necesidades de industrias FIMAR.

8.3.1. Subsistema de aplicación y recuperación. El sistema de aplicación consta de las siguientes partes:

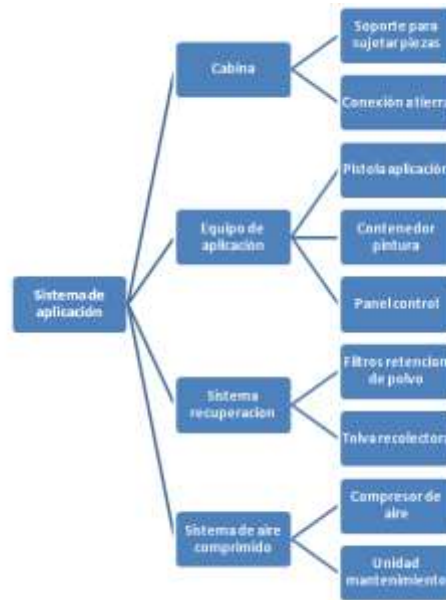


Figura 6. Subsistema de aplicación y recuperación.

8.3.1.1. Cabinas de aplicación de pintura Las cabinas son cuartos fabricados por lo general en acero inoxidable, polipropileno, policarbonato o plásticos transparentes, la finalidad de las cabinas es alojar el proceso de pintura, dichas cabinas están equipadas con un sistema de recuperación de polvo que evita que la pintura que no se adhiere a la superficie del producto se pierda o salga de la cabina.

El tipo de cabina adecuado para cada sistema productivo depende del espacio disponible, el tamaño de los productos y el volumen de producto que se pintará, estos factores definen la cantidad, el tamaño y el estilo de dichas cabinas.

Tabla 15.

Ventajas y desventajas del tipo de material base para cabina.

| Material base para cabina | Ventajas/desventajas |
|---------------------------|---|
| Acero pintado | <ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de desprendimiento de la pintura • Riesgo de contaminación de la pintura en polvo, debido a la pintura que se desprenda de las paredes. |
| Acero inoxidable | <ul style="list-style-type: none"> • Durabilidad • Superficie suave • Fácil de limpiar |
| Paredes plásticas | <ul style="list-style-type: none"> • Fácil de limpiar • Buena iluminación • No conductivas • Menor probabilidad de que se pegue la pintura a las paredes |

- **Cabinas de aplicación manual:** Este tipo de cabina se caracteriza por su simplicidad, su fabricación está orientada para sistemas productivos que presenten un bajo volumen de producción. Su diseño se caracteriza por:

- ✓ El sistema de recuperación se encuentra ubicado en la parte trasera de la cabina.
- ✓ La pintura es aplicada a desperdicio, es decir, luego de aplicar la pintura en las piezas, el sobrante de la pintura en polvo que no se adhiere a la pieza, queda almacenado en la parte inferior del ciclón.

- ✓ Diseñadas para aplicación manual sobre productos estacionarios y/o pequeños lotes.

- **Cabinas de transporte continuo:** Estas cabinas están diseñadas para evitar las dificultades de manipulación presentes en la aplicación manual y lograr así altos volúmenes en la producción. Su diseño está orientado a la aplicación automática y también puede combinarse con aplicación manual, de esta manera es posible el transporte y pintado de los productos a través de una guía.

8.3.1.2. Pistolas para la aplicación En el mercado se encuentra gran variedad de pistolas para aplicación de pintura en polvo, se encuentran de tipo manual y automáticas, entre los tipos de pistolas que se encuentran con más frecuencia están:

- **Pistola tipo corona:**

Este tipo de pistola es el más común y de mayor uso en el mercado, Utiliza voltaje para suministrar una carga a las partículas de la pintura en polvo. Un electrodo de carga en la punta de la pistola está conectado a un generador de alto voltaje. Los multiplicadores de alto voltaje dentro del cuerpo de la pistola están conectados al tablero de control por un cable de bajo voltaje. Cuando es accionada una pistola de este tipo, se crea un campo magnético en la punta de la pistola y la pintura es cargada (Pintuco S.A. , s.f.)

Las piezas que se encuentran conectadas a tierra, adoptan un electrodo receptor que posibilita la creación del campo electromagnético entre la pieza y la pistola, de esta forma la atracción electromagnética conduce y adhiere las partículas de pintura al componente que se desea pintar.

Los parámetros o situaciones más comunes que afectan la carga por corona son:

- ✓ Configuración de la boquilla y el electrodo
- ✓ Distancia entre la pieza y la pistola
- ✓ La fuerza del campo electromagnético
- ✓ La forma y las dimensiones de las partículas de pintura

Las mayores ventajas que ofrecen las pistolas de carga por corona es que ofrece mayor flexibilidad para controlar el espesor de la película y otras variables ya que dichas pistolas presentan una mayor cantidad de ajustes para diferencias de tamaño y geometrías.

- **Pistola tipo tribocarga:**

Este tipo de pistola se caracteriza porque carga las partículas por medio de fricción dentro del cuerpo de la pistola. La mayor ventaja que ofrece este tipo de pistola es que permite repintar, ya que al recibir la superficie una baja cantidad de electrones libres, opone una baja resistencia a recibir una segunda capa. Así mismo su mayor desventaja es que no es posible utilizar efectivamente todas las variedades de pintura en polvo en este tipo de pistolas, adicionalmente son más sensibles al tamaño de las partículas que otros tipos de pistolas.(Pintuco S.A. , s.f.)

Este tipo de pistola se sugiere para situaciones donde la variedad de pinturas y piezas es reducida ya que ofrece posibilidades reducidas de ajuste.

- **Pistola tipo campana:**

Está diseñada con la campana en una posición horizontal sobre un montaje de pistola estacionaria, su funcionamiento es similar al de las pistolas rotatorias para aplicación de pintura líquida.

La principal ventaja de este tipo de pistola es que tiene la capacidad de entregar un gran volumen de pintura eficientemente sobre una amplia área de superficie y con un excelente control del espesor de la película.

Este tipo de pistolas es más adecuado para sistemas con un alto volumen de producción y a su vez no se recomienda para pintar áreas de difícil acceso, ni para productos con áreas pequeñas o huecos. Adicionalmente puede presentarse demasiado sobrepintado durante la llegada y salida de piezas a la zona de aplicación ya que la campana debe estar activada antes de que ingrese el producto y después de que salga de dicha zona.

8.3.2. Subsistema de recuperación. Esta es una de las fases críticas del sistema de pintura en polvo, ya que una adecuada elección y funcionamiento de dicho subsistema permite una mayor eficiencia en el uso de los recursos. La finalidad de este subsistema es recuperar la pintura que no logro adherirse a la superficie de los productos para luego reutilizar la que sea posible y la demás desecharla, cabe resaltar que con un sistema adecuadamente instalado se obtienen pérdidas muy reducidas de material de tan solo un 5%.

Las cabinas utilizan un montaje de succión con filtro y un contenedor. Este sistema captura la pintura sobrante para ser tamizada y luego reutilizada o evacuada como basura. Los sistemas diseñados apropiadamente, constan de un filtro primario y uno secundario. El primer filtro es usado para separar la pintura sobrante, para ser recuperada y el filtro final es utilizado para quitar cualquier partícula que haya pasado a través del filtro primario manteniendo el ambiente de trabajo libre de partículas. Adicionalmente el sistema cuenta con un extractor de aire, que para garantizar un adecuado funcionamiento debe mantener velocidades entre los 100 y los 120 pies por minuto, para este componente del sistema se recomienda no ubicarlo cerca al lugar de aplicación ya que puede alejar la pintura de la pieza que se desea pintar, este error puede representar grandes despilfarros de material (Pintuco S.A. , s.f.)

En el mercado se encuentran dos tipos de sistemas de recuperación:

- **Sistemas con filtro de tipo cartucho:** Este tipo de sistema aporta beneficios notables, ya que puede ser utilizado para múltiples colores en un sistema de aplicación y adicionalmente traen incorporado un equipo de tamizado para eliminar los contaminantes del ambiente, su diseño consta de:

- ✓ Los filtros de tipo cartucho de aspiración contraria que están fabricados con material corrugado (celulosa, poliéster).

✓ Extractor de aire que se encarga de halar hacia los filtros la pintura que no logra adherirse al producto.

✓ Tolva recolectora a la cual son dirigidas con la ayuda del aire las partículas de pintura para posteriormente mezclarla y filtrarla con material virgen para reutilizar la pintando otros productos.

- **Sistema de recuperación tipo ciclón:** Este tipo de sistema ofrece una ventaja importante y es que permite la aplicación de colores ilimitados de forma fácil y sin la necesidad de equipos adicionales, adicionalmente presentan una utilización menor de material que los sistemas de cartucho. La función del ciclón es clasificar la pintura de acuerdo al tamaño de sus partículas, de esta forma el ciclón agrupa las partículas más finas en el cartucho colector y las de mayor tamaño las dirige en el ciclón para reutilizarlas.

Para que el diseño y el funcionamiento del sistema de aplicación y recuperación sean óptimos, las principales características y parámetros que se deben tener en cuenta son:

- ✓ Manejo y control del volumen, dirección y velocidad del aire.
- ✓ Tamaño adecuado para la tarea con flexibilidad para varios productos y futuro crecimiento.
- ✓ Materiales no corrosivos, fáciles de limpiar y con alta durabilidad.
- ✓ Accesibilidad de mantenimiento, a todos los puntos donde haya la necesidad de regulación.
- ✓ Requerimientos de cambios de colores.
- ✓ Impacto al medio ambiente.
- ✓ Costo del equipo.
- ✓ Costo de operación.

De acuerdo a estos parámetros y a la información previamente expuesta sobre cada tipo de equipo, se concluye que los equipos que más se ajustan a los requerimientos y necesidades de la empresa son los siguientes:

- Cabina para aplicación manual, gracias a su simplicidad y a que los volúmenes de producción de industrias FIMAR no son tan altos, este tipo de equipo se ajusta perfectamente a lo que requiere el sistema productivo y adicionalmente el costo del equipo es notablemente menor que los sistemas continuos o conveyor.
- Sistema de recuperación de pintura en polvo tipo ciclón, ya que presenta una utilización menor de materia prima que los sistemas tipo cartucho, lo cual se traduce en menores costos de operación.

8.3.3. Sistema de curado de la pintura. La transferencia de energía a los productos para ser curados puede llevarse a cabo en diferentes tipos de horno (gas, electricidad, vapor), la elección depende del costo del combustible, la facilidad para su obtención y el impacto ambiental que genera, a continuación, se expone los diferentes tipos de horno presentes en el mercado:

- **Horno de curado por convección:** Este tipo de hornos utilizan un quemador de gas propano o natural para transferirle energía calorífica al interior del horno, adicionalmente está equipado con un ventilador centrífugo que se encarga de la recirculación del aire al interior del horno. El gas natural es el combustible más común y de mayor utilización ya que es fácil de controlar y más barato que los demás combustibles.

El tiempo de curado en estos hornos está entre los 10 y 30 minutos, las características más destacables de estos hornos son su flexibilidad, confiabilidad, además de su eficiencia y

efectividad en costos. Otra cualidad destacable es la variedad de ajustes que ofrecen ya que cuenta con un amplio rango de velocidades de línea y temperatura.

- **Horno de curado eléctrico:** Este tipo de horno presenta un diseño similar al de gas y su funcionamiento es bastante bueno ya que permite mantener una temperatura homogénea en el interior del horno. No obstante, su operación es mucho más costosa que los hornos de gas, además de requerir mayor cantidad de tiempo subir o bajar la temperatura al interior del horno.

- **Hornos de curado infrarrojo:** Este tipo de hornos funcionan a partir de radiación electromagnética, donde el recubrimiento absorbe la energía emitida por las diferentes longitudes de onda del infrarrojo. Los hornos infrarrojos suelen considerarse la mejor opción cuando se trata de piezas muy pesadas y con geometrías consistentes ya que pueden elevar la temperatura de la superficie mucho más rápido que los demás tipos de horno, generando una reducción de tiempos notable en el curado.

Como se señaló anteriormente este tipo de horno ofrece tiempos de curado más bajos que los hornos por convección, aunque esta rapidez en el curado sea un poco opacada por su sensibilidad a diferencias en la geometría de los componentes.

A continuación, se presenta la relación entre los diferentes tipos de horno y las propiedades más significativas a la hora de elegir el equipo más adecuado para el sistema productivo. En este sentido, para Industrias FIMAR las características y/o criterios de interés a la hora de seleccionar el tipo de horno son:

- Consumo energético
- Dificultades para obtener una distribución homogénea del calor
- Impacto ambiental
- Costo inicial

- Complejidad en la construcción
- Mantenimiento

Para la comparación sobre qué tipo de horno se ajustaría a las necesidades y requerimientos de industrias FIMAR, se define la siguiente escala con el fin de calificar cada característica o parámetro de interés a la hora de la selección:

A:Muy alto=4 **R:** Medio = 2

B: Alto =3 **P:** Poco/bajo = 1

La actual escala está definida de tal forma que el tipo de horno con menor puntuación será la elección que más se ajusta a los criterios de interés de industrias FIMAR. Esto debido a que como se puede observar, las características o criterios están planteados de tal forma que cuando se tiene una calificación alta esta representa un efecto negativo para la empresa (alto costo inicial, alto impacto ambiental), mientras que al tener un puntaje bajo este generará un impacto positivo con respecto a la propiedad que se evalúa (consumo energético bajo, complejidad en la construcción baja).

Tabla 16.

Comparación tipos de horno de curado y sus propiedades.

| Propiedades | Eléctrico | Gas natural | Gas propano | Infrarrojo |
|--|------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Consumo energético | A | R | R | A |
| Dificultades en la distribución homogénea de temperatura | R | R | R | P |
| Impacto ambiental | P | P | A | R |
| Costo inicial | R | R | R | A |

| Propiedades | Eléctrico | Gas natural | Gas propano | Infrarrojo |
|--------------------------------|-----------|-------------|-------------|------------|
| Abastecimiento de combustible | B | B | B | R |
| Complejidad en la construcción | A | R | R | A |
| Mantenimiento | R | R | R | A |
| TOTAL | 18 | 14 | 17 | 21 |

De acuerdo a la investigación previa realizada y al estudio de los criterios de interés de la empresa, se puede concluir que la opción más adecuada para las características del sistema productivo de industrias FIMAR es el horno de curado por convección a base de gas natural, ya que como se puede apreciar en la tabla 16, este tipo de horno presenta las mejores condiciones en cuanto a consumo energético, costo inicial, impacto ambiental y mayor facilidad de obtención del combustible.

9. Diseño e implementación de propuestas de mejora

Con base al diagnóstico de las condiciones iniciales del sistema productivo, se identifican las falencias más significativas y los despilfarros que tienen mayor prioridad para su pronta solución y atención. Seguido a esto, se exponen las propuestas de mejora diseñadas para reducir o eliminar dichos despilfarros. Cabe aclarar que los procesos productivos de los diferentes tipos de despulpadoras son similares, la única variación entre tales procesos es el tamaño de los componentes, por ende, aunque las propuestas de mejora fueron formuladas con respecto a la

línea representativa, dichas mejoras tendrán similares efectos en todos los productos del portafolio de Industrias FIMAR.

9.1. 5S's.

Durante el diagnóstico inicial se evidenciaron pérdidas de tiempo en búsqueda de herramientas y materiales en los puestos de trabajo ya que, si bien se cuenta con armarios y lugares para almacenarlos, dentro de estos no se cuenta con un orden ni con un lugar específico para cada elemento, tampoco mecanismos visuales que faciliten ubicarlos. Bajo este panorama se ve la necesidad de buscar mejorar la seguridad, el flujo del trabajo, la cultura organizacional y el ambiente laboral mediante la implementación de un sistema 5S's que facilite la limpieza, organización y estandarización de los puestos de trabajo. Esto permitirá obtener una mayor eficiencia, además de ayudar a evidenciar los despilfarros que se presentan en los procesos.

Fase 1. Conformación del comité 5S's: Inicialmente con la ayuda de la subgerente de la empresa se procede con la selección de los integrantes del comité 5s's, se busca crear un grupo interdisciplinario y con alto nivel de liderazgo. Este comité tendrá como principales objetivos la implementación, seguimiento y mantenimiento del programa 5S's, además de la realización de reuniones después de ciertos periodos de tiempo para llevar a cabo la evaluación del programa y definir las estrategias más adecuadas para la solución de los inconvenientes presentados.

Evaluando las consideraciones previamente mencionadas se conforma el equipo de trabajo de la siguiente manera:

- Subgerente Sandra Rueda
- Jefe de producción

- Jefe de sección de despulpadoras Javier Díaz
- Autores del proyecto Kelly Ramos, Julián Salazar

Fase 2. Capacitación y difusión: Para dar inicio con el programa 5S's se realiza primero la difusión por medio de carteles en los cuales se exponen sus principales conceptos. Posteriormente se realizó una capacitación dirigida a todo el personal de la empresa industrias FIMAR. La capacitación contó con la participación del personal operativo y administrativo de la empresa y estuvo orientada a familiarizar a la comunidad con los conceptos básicos del programa 5S's, además de dar a conocer la metodología planteada para la implementación del programa. Adicionalmente se mencionaron casos de éxito de la metodología usada con el objetivo de motivar y comprometer a los trabajadores en la implementación del programa 5S's. A continuación, se hizo una retroalimentación sobre la capacitación y se resolvieron las dudas pertinentes al tema, luego se les solicitó a los asistentes que compartieran las principales falencias evidenciadas tanto en su puesto de trabajo como en la planta. Este ejercicio se hizo de forma voluntaria y se convirtió en el punto de partida para la implementación del programa. En el apéndice 21- se encuentra consignado el formato utilizado para la capacitación de 5S's y en el apéndice 22 la capacitación de despilfarros, adicional a esto se encuentra el registro de asistencia.

Fase 3: Diagnóstico inicial: Antes de empezar con la implementación del programa 5 S's, fue necesario realizar un diagnóstico inicial del estado actual de la planta en materia de orden y aseo. Para tal fin, se elaboró y ejecutó una lista de chequeo que permitió evidenciar las principales falencias y oportunidades de mejora de la empresa en cuanto a 5S's se refiere, dicha lista de chequeo se encuentra consignada en el apéndice 13. Los principales hallazgos del diagnóstico son:

- No existe un lugar designado o un orden definido de las herramientas y materiales en los puestos de trabajo. Se cuenta con armarios y cajones para almacenar las herramientas, pero dentro de ellos no se evidencia un orden adecuado, lo cual dificulta la identificación fácil y rápida de elementos por parte del operario.



Figura 7. Herramientas de trabajo

- Aunque existen carteles y señalizaciones de seguridad industrial en varios puntos de la planta, estos se encuentran en su mayoría deteriorados por el paso del tiempo. Por lo tanto, es necesario reemplazar los avisos para generar una mayor comprensión por parte de los operarios y remarcar las señalizaciones para garantizar su buena visibilidad.



Figura 8. Señalización seguridad industrial.

- Como se puede observar en la figura 9, es común encontrar herramientas, objetos ajenos al proceso y materiales en desorden en algunos puestos de trabajo, lo cual impide el aprovechamiento del espacio.



Figura 9. Producto en proceso.

- Los componentes provenientes de fundición, generalmente no cuentan con un lugar específico para su ubicación, por lo tanto, se sitúan en los pasillos y a los alrededores del puesto de trabajo. En la figura 10 se puede evidenciar el amontonamiento de componentes alrededor de los puestos de trabajo.



Figura 10. Encamisado cilindros.

- En algunos puestos de trabajo se puede identificar cierto aspecto de suciedad, como en el caso de los tornos, que luego de su utilización acumulan los residuos resultantes en el suelo, generando un ambiente de trabajo desordenado.



*Figura 11.*Torno y soldadura.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos luego de haber aplicado el cuestionario para determinar el nivel de implementación actual de la planta en cada uno de los componentes especificados:

Tabla 17.

Resultados lista chequeo 5S.

| Resultados | Total | % de cumplimiento por componente |
|----------------------------------|--------------|---|
| Clasificación | 12 | 60% |
| Orden | 16 | 53,33% |
| Limpieza | 8 | 53,33% |
| Estandarización | 11 | 55% |
| Autodisciplina | 15 | 60% |
| % DE CUMPLIMIENTO GENERAL | 62 | 56,36% |

Teniendo en cuenta el total máximo de calificación del cuestionario (cada pregunta con una calificación máxima de 5 puntos) y la suma total de puntuaciones obtenidas por observación y percepción de la planta en cada una de las preguntas, se concluye que la empresa INDUSTRIAS FIMAR se encuentra en un porcentaje de cumplimiento del 56,36% con respecto a los criterios evaluados (ver apéndice 13).

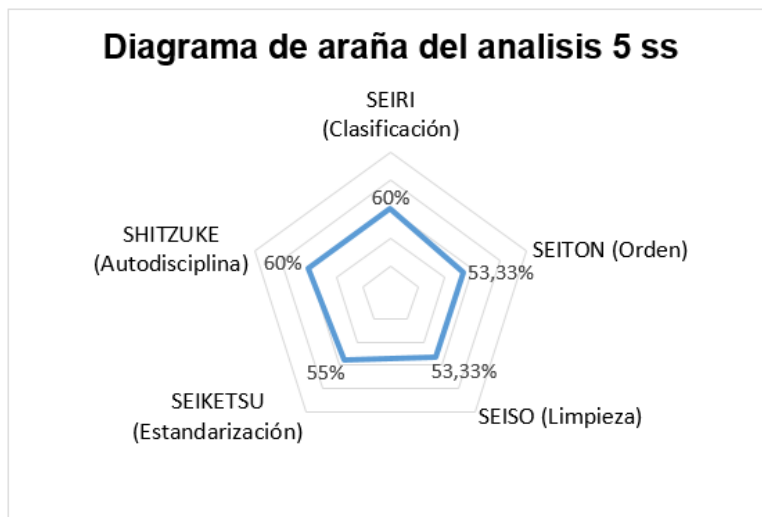


Figura 12. Diagrama de araña del análisis 5 S's.

Fase 4: Implementación del programa 5s

La implementación del programa 5s se realizó inicialmente en la sección de despulpadoras para luego extenderla a los demás departamentos de la empresa.

- **SEIRI-CLASIFICAR:**

Significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios para la tarea que realiza. Consiste en separar lo que se necesita de lo que no se necesita, y controlar el flujo de objetos para evitar estorbos y elementos inútiles que originan despilfarros. Para la implementación de esta fase se diseñan y se utilizan etiquetas de color con el objetivo de

clasificar los elementos innecesarios en los puestos de trabajo. El formato de las etiquetas se encuentra en el apéndice 17. En la implementación se colocan las etiquetas a los objetos innecesarios para diferenciarlos de los necesarios, en las que se especifican las características y el tipo de elemento, la razón por la que se etiquetan y la frecuencia de uso. Después se decide junto con el comité 5S la disposición que se le da a cada elemento.

En este ejercicio se evidenciaron diversos elementos que no tenían relación con el proceso productivo y que eran comunes en varios centros de trabajo, como son: envases de bebidas, madera y cajas de cartón. Además, a los anteriores se encontraron baldes plásticos y de metal los cuales en ocasiones son utilizados para mantener piezas pequeñas a disposición de los operarios y en otras para los residuos derivados de la operación. El problema con estos baldes es que cuando no se necesitan no son reubicados, sino que se dejan sobre los puestos de trabajo durante amplios lapsos hasta el punto de acumular varios en un solo puesto. Otros elementos que no tuvieron relación con la operación fueron los tubos de cartón, los cuales contenían un tipo de plástico utilizado para el embalaje de componentes. Cuando los operarios terminaban el plástico olvidaban desechar dichos tubos manteniéndolos en el centro de trabajo por tiempos prolongados. Adicionalmente, era común encontrar herramientas, materiales y elementos de protección en desorden sobre los puestos de trabajo aun cuando no eran necesarios para la operación que se realizaba en el momento, dificultando de esta forma el óptimo desarrollo de las operaciones.

- **SEITON – ORDENAR:**

Se debe definir la ubicación de dichos elementos necesarios e identificarlos para facilitar la búsqueda y el retorno a su posición. Luego de la identificación y clasificación de los objetos se procede con la organización y una correcta disposición de dichos objetos. Para esta labor se

llevan a cabo reuniones con el comité 5S's con el propósito de decidir la disposición que se le dará a cada objeto, dicha disposición está relacionada directamente con la frecuencia de uso de los elementos y suele tratarse de la siguiente manera:

Tabla 18.

Disposición objetos innecesarios de acuerdo a la frecuencia de uso.

| Frecuencia de uso | Acción |
|---------------------------|--------------------------------|
| Obsoleto (no necesario) | Eliminar (sacar de la sección) |
| Rara vez usado (1 al año) | Almacenar en otro lugar lejano |
| Menos de una vez al mes | Guardar dentro de la planta |
| Una vez a la semana | Guardar en el área |
| Una vez al día o mas | Mantener en la estación |

Inicialmente se realizó la jornada de organización en los puestos de trabajo con el objetivo de dar una ubicación adecuada a las herramientas, equipos, componentes y demás objetos de interés clasificados en la fase previa, la disposición que se le dio obedece a la frecuencia de uso tal cual como se muestra en la tabla 18.

En el marco de esta dinámica se llevó a cabo la organización del área de almacenamiento que contenía en su mayoría objetos obsoletos o averiados, en este caso se organizó y despejó el espacio de esta zona extrayendo aproximadamente el 40% del total de objetos almacenados en este lugar, se encontró allí gran cantidad de componentes, herramientas, productos obsoletos y en mal estado que en su mayoría fueron enviados a la empresa “fundiciones Reyol” para reutilizarlos en la fundición de componentes. Los objetos imposibles de reutilizar como lo son piezas de cartón, costales con material no relacionado con la producción, entre otros, fueron retirados permanentemente de la planta.



Figura 13. Implementación 5S's en bodega de productos obsoletos.

En el marco de la implementación de la etapa “seiton” y con la premisa del desorden evidente en los puestos de trabajo y en las bodegas se realizó una jornada para la organización de las estanterías existentes y adicionalmente se instalaron unas nuevas en algunos puestos de trabajo (procesamiento de láminas y varillas, taladro, almacén de materiales y producto terminado) lo que permitió una mejor disposición de las herramientas, componentes y materiales en dichos puestos de trabajo. La bodega de producto terminado y materiales tuvo cambios considerables. Inicialmente los componentes eran aglomerados en el suelo. Para mejorar este aspecto se instalaron allí estanterías nuevas y se definió una ubicación específica para cada tipo de componente, de esta forma el almacén luce más ordenado lo que a su vez facilita la identificación y acceso a los componentes y productos terminados.



Figura 14. Almacén de productos terminados y componentes previo a implementación de 5S's.



Figura 15. Almacén de productos terminados y componentes posterior a implementación 5S's.

- **SEISO – LIMPIEZA:**

Después de la fase de organización de los puestos de trabajo, se realizaron jornadas de aseo encaminadas a limpiar los puestos de trabajo y maquinaria, eliminando el polvo, los desechos y la viruta. A continuación, se procedió con las labores pertinentes para desengrasar las máquinas.



Figura 16. Limpieza de puestos de trabajo

Las jornadas de orden y aseo orientaron los esfuerzos de los trabajadores hacia los pasillos y zonas comunes. Inicialmente se despejaron los pasillos del exceso de inventarios, productos en proceso, objetos innecesarios y demás elementos que estorbaban y dificultaban el flujo de materiales y personal en dicha sección. Finalmente, con la participación activa de todos los

operarios se realizó la limpieza de los pisos, pasillos, aéreas de almacenamiento y zonas comunes en general.



Figura 17. Orden y limpieza de zonas comunes.

Finalizadas las 3 primeras fases del programa se realizó una retroalimentación con los trabajadores, orientada a que los operarios reconocieran las ventajas que ofrece tener un puesto de trabajo limpio y ordenado, haciendo énfasis en los beneficios que el procedimiento conlleva (mayor facilidad para encontrar las herramientas, menores riesgos de fallas o accidentes).

- **SEIKETSU - ESTANDARIZACIÓN**

En esta fase se establecieron estándares y rutinas de inspección diarias para mantener la sección en buenas condiciones de orden y limpieza. La responsable de esta inspección será la subgerente de la empresa, quien realizará las revisiones cada vez que realice las rondas en la planta. También se ubicaron mensajes alusivos a la metodología 5S's en la sección de despulpadoras, como fuente de información frente a lo tratado y desarrollado en el transcurso de la implementación y por supuesto, para motivar a los trabajadores a mantener sus puestos de trabajo en las mejores condiciones.

- **SHITZUKE-DISCIPLINA**

Para asegurar el cumplimiento del programa 5 S's, se pretende lograr el hábito de respetar y cumplir los estándares establecidos de orden y aseo. Para ello, fue necesario plantear junto con el comité y la gerencia, los controles que se realizarán para darle permanencia a la metodología en la sección de despulpadoras. Diariamente se realizarán controles visuales en las áreas de trabajo y se recordará la importancia de mantener limpio los centros de trabajo.

Para complementar se realizaron controles mensuales mediante la aplicación de la lista de chequeo 5S's (Apéndice 13), la cual permitió una visión más clara de los beneficios derivados de la implementación de 5S's, además de verificar el cumplimiento de cada una de las S. A continuación, se presentan los resultados de la aplicación de la lista de chequeo en el estado inicial y final de la planta, así como el incremento porcentual de cumplimiento.

Tabla 19.

Incremento porcentual en el cumplimiento de la metodología 5S's

| S | SEIRI | SEITON | SEISO | SEIKETSU | SHITSUKE | TOTAL |
|------------------------------|--------------|---------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Puntaje inicial | 60% | 53,3% | 53,3% | 55% | 60% | 56,32% |
| Puntaje final | 85% | 83,3% | 80% | 85% | 76% | 81,86% |
| Incremento porcentual | 25% | 30% | 26,7% | 30% | 16% | 25,54% |

Como se puede observar gracias a la implementación de la metodología 5S's, se ha logrado mejorar la organización de la planta en un 30% y la pulcritud de la empresa en un 26,7%, en general el cumplimiento en relación a 5S's ha aumentado en un 25,54%, lo que ha beneficiado a industrias FIMAR reduciendo los tiempos empleados en búsqueda de herramientas y

material. Además, se mejoraron y retocaron las señales visuales facilitando la ubicación de lo que se busca.

9.2. SMED.

La implementación de la metodología SMED, está constituida por un conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de máquina, principalmente de las actividades que se realizan con la máquina parada, estas actividades además de consumir tiempo, no agregan valor al producto, por ende, deben ser reducidas o eliminadas.

Los principales objetivos que persigue la implementación de SMED es la de brindar una mayor flexibilidad al sistema por medio de la reducción de los tiempos de alistamiento, convirtiéndolo en tiempo productivo. Una exitosa aplicación de esta herramienta permitirá a su vez una reducción en los lotes de producción y por ende en los inventarios.

Fase 1: Difusión y capacitación

Con el objetivo de dar a conocer la herramienta en la organización, inicialmente se ubican carteles publicitarios en las carteleras de cada sección, posteriormente se realiza una capacitación dirigida a los operarios responsables de los puestos de trabajo a tratar (torno, fresadora) con el objetivo de familiarizarlos con algunos conceptos propios de la herramienta y a su vez dar pleno conocimiento de lo que se va a hacer y la metodología que se usa para llevarlo a cabo.

Fase 2: Documentación y diagnóstico del proceso de alistamiento

Se debe estudiar detalladamente el proceso e incorporar cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan tiempos de preparación.

Para la implementación de esta herramienta se seleccionaron las máquinas que presentan los alistamientos más prolongados del sistema productivo, en este caso se eligieron los tornos y la fresadora para realizarles un estudio sobre la situación actual del proceso de alistamiento que presentan cada una de estas máquinas. Para llevar a cabo esta fase, inicialmente se realizan entrevistas con el jefe de producción y los operarios de cada máquina, posteriormente se realiza documentación fotográfica del proceso y por último se lleva a cabo un estudio de métodos y tiempos sobre las actividades de dicho alistamiento, esto permite identificar y conocer más a fondo las actividades propias del alistamiento de las máquinas, así como la metodología usada por cada trabajador al momento de realizarlas. Con base en la información de los estudios previamente mencionados, fue posible elaborar un diagrama de flujo de las operaciones de alistamiento el cual se encuentra expuesto en el apéndice 18, realizar el levantamiento del proceso e identificar los principales desperdicios presentes en el alistamiento. A partir de los estudios mencionados anteriormente fue posible evidenciar una serie de hallazgos y consideraciones importantes que se exponen a continuación:

- El tipo o tamaño de fresa es elegido de acuerdo a la referencia de despulpadora que se vaya a fabricar, de la misma forma que las paralelas usadas para ajustar las piezas, dichas herramientas están ubicadas en un armario ubicado aproximadamente a 10 metros de la fresadora.
- El tipo o tamaño de copa utilizado en el torno es seleccionado de acuerdo a la referencia de despulpadora a fabricar, dichas copas varían en tamaño y se encuentran ubicadas en el armario de herramientas ubicado aproximadamente a 8 metros del torno.
- La limpieza del torno es llevada a cabo por parte del operario encargado del alistamiento y es realizado en su mayoría con la ayuda de un compresor de aire.

- Las herramientas y accesorios no cuentan con una ubicación estándar dentro del armario de herramientas, esta situación sumada a que no se lleva control en el préstamo de las herramientas ocasiona que se pierda tiempo ubicando los elementos necesarios para el alistamiento.
- El operario a medida que va necesitando alguna herramienta o componente se desplaza para buscarlo, debido a que no transporta inicialmente todas las herramientas necesarias para el alistamiento el operario debe realizar numerosos desplazamientos y búsquedas en el armario de herramientas.
- Las inspecciones sobre los niveles de lubricación son llevadas a cabo por el operario de la máquina y éste mismo se encarga de lubricarla adecuadamente.
- El alistamiento es llevado a cabo por el mismo operario que se encarga de procesar los componentes de las despulpadoras.
- Los operarios no tienen conciencia de la importancia de lograr las actividades de alistamiento con mayor rapidez.
- Existen diferentes metodologías para ejecutar las operaciones, estas varían dependiendo del trabajador que las ejecute.
- Los instrumentos de medición requieren de calibración; para este fin no se cuenta con ningún tipo de laboratorio, por lo tanto, la calibración es realizada por el mismo operario encargado del alistamiento.
- Los accesorios y herramientas necesarios para el alistamiento se encuentran en el armario de herramientas, el cual se encuentra distante de los puestos de trabajo, aproximadamente a 10 metros.

Fase 3: Separar las actividades internas de las externas

Esta fase está orientada en la clasificación de las actividades definidas en el diagrama de flujo elaborado en la fase 2. De acuerdo a la información recolectada en la fase previa, se elabora una tabla donde se consignan todas las actividades propias del alistamiento y allí se clasifican dichas actividades entre actividades con máquina parada y actividades con máquina en funcionamiento, adicionalmente, se presentan los tiempos empleados en cada actividad, cuya tabla se encuentra en el apéndice 19.

Analizando el diagrama de flujo y las tablas de clasificación de actividades se puede evidenciar que el proceso de alistamiento es realizado en su totalidad usando tiempo improductivo, ya que como se puede observar en las tablas el proceso de alistamiento está compuesto en su mayoría por elementos internos, es decir actividades que se ejecutan cuando la maquina esta parada, representando así un despilfarro notable de tiempo que no agrega valor y que afecta negativamente la flexibilidad del sistema, condicionando así al sistema a trabajar con lotes de producción grandes.

Fase 4: Transformación de elementos internos en externos

Los elementos o actividades internas son las que se realizan mientras la máquina se encuentra parada, son considerados como tiempo improductivo y por ende dichas actividades deben eliminarse o al menos reducir el tiempo empleado en ellas. Esta fase consiste en analizar la información recolectada en las fases previas para entender la finalidad y metodología de cada actividad. Con un profundo conocimiento de todas las actividades es posible identificar estrategias que permitan la conversión de algunas actividades internas en externas, además de identificar las actividades innecesarias con el propósito de mitigarlas. Analizando la información

recolectada se identificaron las siguientes oportunidades de mejora para los procesos de alistamiento:

- En vista de que durante el proceso de alistamiento se presentan numerosos desplazamientos en busca de herramientas y equipos, se lleva a cabo la inclusión de estantes o carros porta herramientas, con el objetivo de que los trabajadores realicen un único traslado al armario de herramientas y trasladen todas las herramientas, fresas, copas y demás equipos que necesiten para realizar el alistamiento de la máquina.
- Proveer y almacenar en el carro porta herramientas los elementos necesarios y de uso frecuente para el alistamiento de las máquinas, para evitar así pérdidas de tiempo en la búsqueda de las mismas.
- Considerando que el fresado y torneado de componentes presenta tiempos prolongados en que la máquina trabaja sin la intervención del operario, se define y estandariza en los procesos que el operario durante ese tiempo ocioso, mientras la máquina está en funcionamiento realice la búsqueda de las herramientas, equipos y componentes a procesar para de esta forma reducir el tiempo improductivo con la máquina parada que se destinaba a estas actividades.
- Las labores de limpieza y lubricación como se puede observar se realizan con la máquina parada, se estandariza en los procesos que dichas actividades deben realizarse con la máquina en funcionamiento, para aprovechar así el tiempo ocioso del operario cuando la máquina trabaja sin su intervención.

La implementación de las propuestas de mejora expuestas contribuye a disminuir los tiempos en actividades de búsqueda, transporte, limpieza y calibración. Adicionalmente, con la implementación de la herramienta SMED, se ha logrado sensibilizar a los operarios sobre la importancia de su participación y compromiso con esta metodología para lograr reducir los

tiempos de alistamiento y aumentar la flexibilidad del sistema productivo. A continuación, se muestra cómo ha cambiado la secuencia de actividades y la reducción de los tiempos en el alistamiento posterior a la implementación de la metodología SMED:

Con la implementación de las propuestas de mejora, se ha logrado eliminar un total de 10 operaciones que correspondían a desplazamientos y búsqueda de herramientas, estas actividades como se puede observar eran realizadas con la maquina inactiva, adicionalmente como se había mencionado las actividades de limpieza y lubricación se realizará ahora cuando la maquina este activa, de esta forma se logra eliminar y/o transformar un total de 13 actividades internas, que representan aproximadamente el 50% de las actividades de alistamiento del torno, de esta forma se logra reducir el tiempo improductivo empleado en el alistamiento en un total de 231,7 segundos, aproximadamente el 22%.

Con la implementación de las propuestas de mejora, se ha logrado eliminar un total de 13 operaciones que correspondían a desplazamientos y búsqueda de herramientas, actividades realizadas con la maquina inactiva, adicionalmente como se había mencionado las actividades de limpieza y lubricación se realizaran ahora cuando la maquina este activa, de esta forma se logra eliminar y/o transformar un total de 16 actividades internas, que representan el 59% de las actividades de alistamiento de la fresadora, de esta forma se logra reducir el tiempo improductivo empleado en el alistamiento en un total de 222,9segundos.

9.3. Ajuste de actividades por puesto de trabajo

- Actividades por puestos de trabajo

En el apéndice 27 se presentan las operaciones que se llevan a cabo en cada uno de los puestos de trabajo de la planta de INDUSTRIAS FIMAR relacionados con el proceso de fabricación de despulpadoras de café.

- **Cálculo del takt time:**

El takt time mide el ritmo al cual se debería producir para satisfacer la demanda del cliente de forma exacta. El takt time relaciona la demanda de los clientes con la disponibilidad de tiempo productivo, es decir que se puede calcular el takt time dividiendo el tiempo disponible entre la demanda de los clientes. Para calcular el takt time se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

✓ Industrias FIMAR cuenta con una jornada laboral distribuida de la siguiente forma: En la sección de ensamble de despulpadoras, se trabajan 2 turnos diarios de 8 horas cada uno, con 6 empleados cada jornada laboral (De 4:00 am a 12:00 m y de 1:00 pm a 9:00 pm), es decir, que el tiempo disponible en estos departamentos es de 57600 segundos = 960 minutos = 16 horas al día.

✓ Adicionalmente, los empleados toman 2 descansos de 5 minutos en la mañana y 2 descansos de 5 minutos en la tarde, por lo tanto, el tiempo productivo por día es de 460 minutos en la sección de mecanizado y 940 minutos en la sección de despulpadoras. Para el cálculo del tiempo real productivo de cada centro de trabajo se debe restar al tiempo productivo el respectivo tiempo de alistamiento de las herramientas y maquinarias que allí intervienen.

$$\text{TAKT TIME} = 940(\text{min/día}) / 2 (\text{unid/día}) = 470 \text{ min/unidad} = 28200 \text{ s/unidad}$$

Tabla 20.

Comparación tiempos de ciclo y takt time.

| Puesto de trabajo | Tiempo ciclo (s) | Takt time |
|-----------------------------|-------------------------|------------------|
| Taladro de árbol | 4548,15 | 28200 |
| Encamisado | 1833,20 | 28200 |
| Ensamble de soportes | 530,56 | 28200 |
| Ajuste de tacos | 314,51 | 28200 |
| Torno 1 | 454,68 | 28200 |
| Torno 2 | 941,05 | 28200 |
| Torno 3 | 1907,77 | 28200 |
| Ensamble | 1554,63 | 28200 |
| Pintura y secado | 217508 | 28200 |
| Cizalla eléctrica | 408,85 | 28200 |
| Troqueladora | 217,76 | 28200 |
| Segueta mecánica | 176,79 | 28200 |
| Fresadora | 1488,08 | 28200 |
| Dobladora | 589,17 | 28200 |
| Soldadura | 279,54 | 28200 |

- **Balanceo**

Con el objetivo de alcanzar un mejor balanceo de las operaciones con respecto al takt time, se consideran las siguientes propuestas encaminadas a reducir los tiempos de producción y a aumentar la capacidad del sistema productivo:

- ❖ Analizando los tiempos presentados en la tabla 20, las operaciones de encamisado de cilindros y ensamble de despulpadoras presentan un tiempo elevado a comparación de las demás operaciones, estas operaciones suele llevarlas a cabo un único operario. Teniendo en cuenta esta situación, se sugiere que, durante las labores de encamisado de cilindros y ensamble, se sumen

operarios destinados a trabajos varios, para poder aumentar la capacidad de estos centros de trabajo.

❖ En cuanto al centro de trabajo de taladro, como se puede observar en el diagrama de flujo y el estudio de tiempos, es un puesto en el cual se procesan gran número de piezas de diferentes tipos. Este centro de trabajo realiza diferentes operaciones de mecanizado para pecheros, bastidores, volantes, piñones y varillas alimentadoras, al tener que procesar diferentes tipos de componentes, y teniendo en cuenta que se debe realizar alistamiento para cada tipo diferente de lote, es evidente que este es un centro de trabajo crítico que requiere de intervención para evitar que restrinja la capacidad del sistema productivo. Contemplando esto, se ha decidido incluir inicialmente una segunda estación de taladro para duplicar la capacidad de dicho centro de trabajo y de esta forma aumentar el flujo de componentes hacia los centros de trabajo siguientes, teniendo en cuenta que dichos puestos de trabajo procesan un único tipo de componente en relación a los 6 tipos que procesa el taladro.

❖ Como se ha observado en el diagnóstico, estudio de tiempos y capacidad, las operaciones que mayor tiempo productivo consumen son las de pintura y secado, en este sentido la sección de pintura es considerado un recurso restrictivo para el sistema productivo. Adicionalmente las operaciones de secado como se puede evidenciar son las únicas operaciones que superan el takttime, vista la necesidad latente de intervenir en este proceso se ha realizado una propuesta de rediseño del sistema de pintura donde se realizará la transición de un sistema de pintura en aceite a un sistema de pintura en polvo electrostática que permitirá reducir en más de 10 veces el tiempo empleado en el secado de las piezas, además de reducir la cantidad de reprocesos gracias a que también se mejoran los acabados y aumenta la resistencia fisicoquímica de las piezas pintadas.

Tabla 21.

Comparación tiempos de ciclo y takt time posterior al balanceo

| Puesto de trabajo | Tiempo ciclo (s) | Takt time |
|-----------------------------|-------------------------|------------------|
| Taladro de árbol | 2274,075 | 28200 |
| Encamisado | 916,6 | 28200 |
| Ensamble de soportes | 530,56 | 28200 |
| Ajuste de tacos | 314,51 | 28200 |
| Torno 1 | 454,68 | 28200 |
| Torno 2 | 941,05 | 28200 |
| Torno 3 | 1907,77 | 28200 |
| Ensamble | 777,315 | 28200 |
| Pintura y secado | 21750,8 | 28200 |
| Cizalla eléctrica | 408,85 | 28200 |
| Troqueladora | 217,76 | 28200 |
| Segueta mecánica | 176,79 | 28200 |
| Fresadora | 1488,08 | 28200 |
| Dobladora | 589,17 | 28200 |
| Soldadura | 279,54 | 28200 |

9.4. Propuesta de distribución de planta

El objetivo principal de la distribución de planta consiste en encontrar aquella ordenación de los equipos y de las áreas de trabajo que sea más económica y eficiente, al mismo tiempo seguro y satisfactorio para el personal que ha de realizar el trabajo. Para ello, es importante contar con información base de los procesos productivos de la empresa, lo cual permite establecer los datos básicos de entrada para el diseño de la propuesta de distribución de planta. En este caso, se utilizaron los diagramas de flujo, diagramas de recorrido y el estudio de tiempos.

Analizando los hallazgos del diagnóstico inicial de la planta donde se identificaron frecuentes y largos desplazamientos de material y personal, se vio la necesidad de formular una propuesta de distribución de planta que ayude a minimizar los costos de transporte de material, producto en

proceso y producto terminado. Para lograr esto, es necesario reducir las distancias entre los departamentos que tienen relaciones de proximidad más fuertes, luego se procede a elaborar una tabla y un gráfico que permita medir la intensidad de las relaciones de proximidad existentes entre los diferentes puestos de trabajo y procesos.

- **ANÁLISIS DE LAS RELACIONES ENTRE ACTIVIDADES**

Luego de conocer los recorridos de los productos fabricados por Industrias FIMAR, se debe plantear el tipo y la intensidad de las interacciones existentes entre las diferentes actividades productivas. Para poder representar este tipo de relación de una manera lógica y que permita clasificar la intensidad de dichas relaciones, se realizó una tabla relacional de actividades (Apéndice 28) y un cuadro organizado en diagonal, para plasmar y determinar las necesidades de proximidad entre centros de trabajo. Es habitual expresar estas necesidades mediante el código de 6 letras representado en la tabla 22.

Tabla 22.

Criterios para la intensidad en las relaciones.

| Código | Prioridad | Valor |
|---------------|-------------------------|--------------|
| A | Absolutamente necesaria | 4 |
| E | Especialmente necesaria | 3 |
| I | Importante | 2 |
| O | Ordinario | 1 |
| U | No importante | 0 |
| X | Indeseable | -1 |

En la tabla 23 se muestran las posibles razones que influyen en la intensidad de las relaciones entre las diferentes actividades. A continuación, se encuentran las razones y los códigos que nos

permite realizar una medición de la importancia de las relaciones existentes entre las actividades y centros de trabajo.

Tabla 23.

Razones que influyen en la intensidad de relaciones.

| Código | Razón |
|---------------|---------------------------------|
| 1 | Cantidad de flujo |
| 2 | Costo de manejo de materiales |
| 3 | Flujo de información |
| 4 | Necesidad de comunicación |
| 5 | Necesidad de compartir personal |
| 6 | Necesidad de compartir equipo |
| 7 | Separación necesaria |

En el apéndice 28 se especifican las relaciones de proximidad entre una actividad o área y el resto, utilizando las valoraciones de proximidad definidas anteriormente. A su vez, cada valoración de proximidad excepto la U, se justifica con un determinado motivo, que pueden ser muy variados: generación de ruidos, proximidad en diagrama de proceso, uso de los mismos equipos, uso del mismo personal y accesibilidad.

9.4.1. Propuesta de mejora en la distribución Como se puede observar en el análisis de relaciones de proximidad existen algunos puestos de trabajo que se encuentran a distancias muy grandes con respecto a las secciones con las que presentan una relación más fuerte, se evidencia que debido a esto algunos componentes y operarios deben realizar desplazamientos bastante prolongados, ocasionando tiempos improductivos y costos asociados a dichas prácticas. Analizando las falencias encontradas en el diagnóstico del diagrama de recorrido y los análisis de relaciones de proximidad se hace evidente la necesidad de realizar una redistribución de planta

que permita reducir dichos desplazamientos y tiempos improductivos, con este panorama las principales propuestas de mejora se exponen a continuación:

- En vista de que la sección de torneado presenta una fuerte relación con los puestos de ensamble, taladro y pintura, además de que la sección de despulpadoras usa generalmente 2-3 tornos para su operación dependiendo de la temporada y nivel de producción requerido, la primera propuesta de mejora contempla reubicar los tornos empleados para el mecanizado de componentes para despulpadoras, trasladándolos desde el primer nivel al tercer nivel en la sección de empaque y carpintería ubicada a tan solo 8 metros de los puestos de taladro y 15 metros de los puestos de ensamble. De esta forma la empresa podrá contar con 2 secciones de tornos enfocadas cada una a una sección en específico (una para la fabricación de despulpadoras y otra para la sección de módulos y torrefacción). Esta reubicación permitiría reducir en un alto porcentaje el desplazamiento de componentes y operarios entre estos departamentos, logrando reducir a su vez el tiempo de producción de cada artículo y sus costos asociados.

- En vista de que la sección de corte provee de componentes a los puestos de troquelado y doblado, y teniendo en cuenta que el flujo de material es elevado, se sugiere evaluar la posibilidad de trasladar la cizalla eléctrica a la sección de despulpadoras, la planta cuenta con espacio para tal fin justo al lado del puesto de doblado, de esta forma se aprovecharía de una mejor manera el espacio en la planta, además de reducir el desplazamiento de láminas en aproximadamente el 70%.

- Como se ha evidenciado existe una zona de almacenamiento que en su mayoría contiene maquinaria en mal estado y productos obsoletos, en este sentido la empresa presenta un uso ineficiente del espacio, por ende, la propuesta en este sentido va orientada a la ejecución de jornadas clasificación, orden y aseo a esta zona con la finalidad de identificar los objetos

innecesarios y darles una mejor disposición (bien sea reciclando o reutilizando en fundición). Teniendo en cuenta la necesidad de trasladar tornos y cizalla hacia la sección de despulpadoras, la propuesta en este sentido es que el espacio liberado con las jornadas de orden y aseo puede ser utilizado como zona de almacenamiento de materiales y componentes para suplir los tornos, cizalla y fresadora ya que dichos puestos de trabajo según el análisis de relaciones deben estar situados cerca al almacén.

❖ **Recorridos de los componentes por la planta**

A continuación, se exponen los recorridos que deben realizar los materiales, componentes y productos durante el proceso productivo. Con el objetivo de verificar la viabilidad de las propuestas de mejora en la distribución de la planta se realiza una comparativa en la siguiente tabla sobre los recorridos que realiza cada tipo de componente teniendo en cuenta la distribución actual y la distribución sujeta a las propuestas de mejora señaladas anteriormente.

Puerta S.D: Significa la puerta interna de la planta de la sección de despulpadoras

Entrada S.D: Significa la puerta externa de la planta que queda en el área de la sección de carpintería de la sección de despulpadoras.

Tabla 24.

Desplazamientos de cada tipo de componente

| Componente | Distribución actual (metros) | Distribución futura (metros) |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| LAMINAS | Bodega a trazado: 19,842 | Bodega PT a trazado: 14,473 |
| | Trazado a cizalla: 4,399 | Trazado a cizalla: 1,5 |
| | Cizalla a ascensor: 30,865 | Cizalla a Dobladora: 3 |
| | Ascensor a puerta S.D: 12,033 | Dobladora a bodega: 14,473 |
| | Puerta S.D a Dobladora: 14,887 | Total recorrido: 33,446 |
| | Dobladora a bodega PT: 14,473 | |
| | Total recorrido: 96,499 | |
| BASTIDORES | Bodega piso 1 a ascensor: 51,292 | Bodega SD a mecanizado: |

| Componente | Distribución actual (metros) | Distribución futura (metros) |
|----------------------|--|-------------------------------------|
| | Ascensor a puerta SD: 12,033 | 28,475 |
| | Puerta SD a Mecanizado: 19,048 | Mecanizado a taladro: 6,783 |
| | Mecanizado a Taladro: 6,783 | Taladro a seriado: 8,742 |
| | Taladro a marcar seriado: 8,742 | Seriado a ensamble soporte: |
| | Seriado a ensamble de soportes: 4,5 | 4,5 |
| | Soportes a pintura: 7,305 | Soporte a pintura: 7,305 |
| | Pintura a secado: 4,075 | Pintura a secado: 4,075 |
| | Secado a ensamble: 11,245 | Secado a ensamble: 11,245 |
| | Total recorrido: 125,023 | Total recorrido: 71,125 |
| TAMBORES | Bodega piso I a ajuste de tacos: 37,05 | Bodega S.D a ajuste de tacos: 7,556 |
| | Ajuste de tacos a torno: 3,957 | Ajuste de tacos a torno: 3,985 |
| | Torno a ascensor: 12,99 | Torno a Encamisado: 18,102 |
| | Ascensor a puerta S.D: 12,033 | Encamisado a ensamble: 3,25 |
| | Puerta S.D a Encamisado: 19,726 | Total recorrido: 32,893 |
| | Encamisado a ensamble: 4,5 | |
| | Total recorrido: 90,256 | |
| CAMISAS DE HIERRO | Bodega P1 a trazado: 19,842 | Bodega SD a trazado: 14,473 |
| | Trazado a cizalla: 4,399 | Trazado a cizalla: 1,5 |
| | Cizalla a ascensor: 30,865 | Cizalla a troqueladora: 16,306 |
| | Ascensor a puerta S.D: 12,033 | Troqueladora a encamisado: |
| | Puerta S.D a troqueladora: 27,841 | 9,25 |
| | Troqueladora a encamisado: 9,25 | Total recorrido: 41,529 |
| | Total recorrido: 104,23 | |
| VARILLA ALIMENTADORA | Bodega a Segueta: 18,497 | Bodega a Segueta: 10,5 |
| | Segueta a ascensor: 33,269 | Segueta a taladro: 32,654 |
| | Ascensor a puerta S.D: 12,033 | Taladro a ensamble: 6,717 |
| | Puerta S.D a Taladro: 25,731 | Total recorrido: 49,871 |
| | Taladro a ensamble: 6,717 | |
| | Total recorrido: 96,247 m | |
| PECHEROS | Bodega piso I a ascensor: 51,292 | Bodega SD a fresadora: |
| | Ascensor a puerta SD: 12,033 | 30,094 |
| | Puerta SD a Fresadora: 21,108 | Fresadora a Taladro: 3,5 |
| | Fresadora a Taladro: 3,5 | Taladro a Ajuste de paladares: |
| | Taladro a Ajuste de paladares: 6,038 | 6,038 |
| | Ajuste de paladares a pintura: | Ajuste de paladares a pintura: |
| | 16,162 | 16,162 |
| | Pintura a secado: 4,075 | Pintura a secado: 4,075 |
| | Secado a ensamble: 11,245 | Secado a ensamble: 11,245 |

| Componente | Distribución actual (metros) | Distribución futura (metros) |
|------------------------------|--|--|
| | Total recorrido: 125,453 | Total recorrido: 71,114 |
| VOLANTES | Bodega piso1 a torno: 42,612 Torno a ascensor: 12,99 Ascensor a puertaS.D: 12,033 Puerta S.D a Taladro: 25,731 Taladro a pintura:27,749 Pintura a secado: 4,075 Secado a ensamble: 11,245 Total recorrido: 136,435 | Bodega SD a torno: 10,105 Torno a taladro: 29,548 Taladro a pintura: 27,749 Pintura a secado: 4,075 Secado a ensamble: 11,245 Total recorrido: 82,722 |
| PIÑONES | Bodega piso1 a torno: 42,612 Torno a ascensor: 12,99 Ascensor a puertaS.D: 12,033 Puerta S.D a Taladro: 25,731 Taladro a pintura: 27,749 Pintura a secado: 4,075 Secado a ensamble: 11,245 Total recorrido: 136,435 | Bodega SD a torno: 10,105 Torno a taladro: 29,548 Taladro a pintura: 27,749 Pintura a secado: 4,075 Secado a ensamble: 11,245 Total recorrido: 82,722 |
| VARILLAS TENSORAS | Bodega a Segueta: 18,497 Segueta a Torno: 26,43 Torno a ascensor: 12,99 Ascensor a puertaS.D: 12,033 Puerta S.D a Taladro: 25,731 Taladro a soportes: 17,674 Soportes a pintura: 7,305 Pintura a secado: 4,075 Secado a ensamble: 11,245 Total recorrido: 135,98 | Bodega a Segueta: 10,5 Segueta a Torno: 3,5 Torno a Taladro: 29,548 Taladro a soportes: 17,674 Soportes a pintura: 7,305 Pintura a secado: 4,075 Secado a ensamble: 11,245 Total recorrido: 83,847 |
| MARIPOSAS | Entrada S.D a Taladro: 28,8 Taladro a soldadura: 14,379 Soldadura a pintura: 18,095 Pintura a secado: 4,075 Secado a ensamble: 11,245 Total recorrido: 76,594 | Entrada S.D a Taladro: 28,8 Taladro a soldadura: 14,379 Soldadura a pintura: 18,095 Pintura a secado: 4,075 Secado a ensamble: 11,245 Total recorrido: 76,594 |

| Componente | Distribución actual (metros) | Distribución futura (metros) |
|---------------|--|---|
| DESPULPADORAS | Ensamble a Bodega de P.T: 3,393 Producto terminado a entrada S.D: 37,419 Total recorrido: 40,812 m | Ensamble a Bodega de P.T: 3,393 Producto terminado a entrada S.D: 37,419 Total recorrido: 40,812 m |

Como resultado del análisis de relaciones y de algunas recomendaciones de la gerencia se obtiene una propuesta para la distribución de la planta formulada teniendo en cuenta la intensidad de las interacciones existentes en el sistema productivo; esta nueva propuesta de distribución permite reducir notablemente el transporte de materiales y productos en proceso ya que se ha provisto la sección de despulpadoras con la maquinaria y operaciones que solían realizarse en otras áreas lejanas. Adicionalmente, considerando que todas las operaciones requeridas para la producción de despulpadoras se encuentran ahora agrupadas en una misma sección se estableció que los materiales ya no ingresen por la puerta principal ubicada en el primer piso, sino que ingresaran por la puerta de entrada de la sección de despulpadoras ubicada en el tercer nivel, de esta forma se contribuye en gran medida a la reducción en los desplazamientos de materiales y operarios. En el apéndice 25 se puede evidenciar la propuesta de redistribución para la planta.

Con estas modificaciones en la distribución de la planta se logran los siguientes beneficios:

- En cuanto al desplazamiento de láminas en la distribución inicial el recorrido total es de 96,499 metros y en la nueva propuesta dicho recorrido sería de 33,446 metros, representando de esta forma una reducción del 65% en el desplazamiento de materiales y personal.
- Con respecto a los volantes y piñones con la nueva propuesta se obtiene una reducción de 53,713 metros (40%) del recorrido total de dichos componentes.

- En cuanto al desplazamiento de bastidores en el proceso productivo se obtiene una reducción de 53,898 metros que representan 43% del recorrido total que deben realizar los bastidores durante el proceso productivo.
- Con respecto a la secuencia de operaciones para la producción y mecanizado de pecheros se puede evidenciar una reducción de 54,339 metros que representa el 46% del recorrido total de materiales y personal.

10. Simulación

Con el objetivo de evidenciar de una forma más clara los cambios y beneficios que ofrecen el rediseño del sistema productivo, la redistribución de la planta y las propuestas de mejora en general, se ejecuta una simulación del sistema productivo de despulpadoras de industrias FIMAR, dicha simulación se llevará a cabo a través del software FLEXSIM, considerada una de las herramientas más completas del mercado en cuanto a modelar y analizar se refiere.

10.1. Objetivo de la simulación

Analizar el proceso productivo de despulpadoras de la empresa INDUSTRIAS FIMAR para verificar los resultados de las propuestas de mejora que permitan el aumento de la productividad de la empresa, y validar el rediseño del sistema productivo para reflejar los beneficios que conllevaría su implementación.

10.2. Construcción de modelos de simulación

En aras de hacer posible un adecuado análisis estadístico y visualizar con mayor claridad el proceso productivo, Industrias FIMAR decide utilizar el software FLEXSIM ya que este aporta las mayores ventajas en dichos aspectos, además de proveer información clave para la toma de decisiones en relación al sistema productivo, haciendo posible verificar el impacto posible con la implementación de mejoras al proceso productivo.

Se construirá dos simulaciones, el primer modelo se plantea a partir de las condiciones actuales en el proceso productivo de despulpadoras y el segundo modelo se construye teniendo en cuenta las propuestas de mejora aprobadas por la empresa, de esta forma es posible compararlas y verificar el impacto potencial de la implementación de dichas mejoras al proceso productivo.

10.2.1. Modelo del sistema productivo actual Inicialmente se construirá un modelo a partir de los parámetros y las condiciones actuales con las que se desempeña la planta y más específicamente el proceso productivo de despulpadoras en industrias FIMAR. Para la construcción del modelo se necesita hacer uso de las consideraciones, estudios, parámetros, hallazgos y diagramas propios del proceso productivo.

Para dar inicio a la construcción del modelo se utilizan los planos de la planta (Apéndice 24), diagrama de flujo (Apéndice 26) y los diagramas de recorrido (Apéndice 11) creados por los autores, para definir adecuada y coherentemente la ubicación de los centros de trabajo y las rutas de flujo de los componentes, acorde a la distribución de planta actual.

Los datos de entrada referentes a los tiempos de producción tanto de los trabajos manuales de los operarios, así como los tiempos empleados por las máquinas se extraen del estudio de tiempos presentado en el apéndice 8, sería un error pensar que en el sistema se generan de forma repetitiva los mismos tiempos de producción sin contemplar valores aleatorios originados por alguna eventualidad, es por esto que se considera necesario realizar un ajuste de los datos a una distribución de probabilidad por medio de pruebas de bondad de ajuste, de esta forma se asegura que en la simulación los valores extremos también sean contemplados.

Los elementos propios de este modelo junto con la descripción detallada del proceso productivo de despulpadoras se encuentran consignados en el apéndice 16, en cuanto al modelo de simulación, los elementos contemplados se exponen a continuación:

- **ENTRADAS**

En este ítem se encuentran consignadas la cantidad y el tiempo entre llegadas de materia prima (laminas, varillas, hierro gris, etc) y componentes provenientes de fundición (cilindros, volantes, piñones, bastidores, pecheros). Para el transporte de dichos materiales se utilizan Operators ya que, si bien el transporte es realizado a través de carros o carretas, estos son trasladados con la fuerza de 1 o más operarios dependiendo del peso de la carga. Para representar dichas entradas, se utiliza un elemento conocido como source, estos crean entidades de cada tipo de componente o materia prima que ingresan al modelo de simulación del proceso de fabricación de despulpadoras, en total se cuenta con 4sources diferentes:

Source_1: En cargado de simular la entrada de los volantes provenientes de fundición al sistema.

Source_2: Representa la entrada de tambores o cilindros al sistema.

Source_3: Representa la entrada de piñones, varillas, pecheros y bastidores.

Source97: Representa la entrada de láminas al sistema

- **ESTACIONES O PUESTOS DE TRABAJO:**

1. CIZALLA: El puesto de trabajo de cizalla, se encarga específicamente del trazado y corte de láminas de diferentes calibres, además de realizar diferentes tipos de cortes de acuerdo al tipo de componente a fabricar. Para la construcción del modelo, se utiliza 1 processor con el propósito de simular los cortes de las láminas que se realizan para la fabricación de camisas de hierro, contenciones, baberos y tolvas. Ya que dicha maquina procesa diferentes tipos de componentes y a su vez estos presentan tiempos diferentes de operación, en el processor se incluyen los tiempos de procesamiento por cada caso en específico, dichos tiempos se encuentran consignados en el apéndice19de análisis de probabilidades.

2. TORNO: La sección de tornos se encarga de mecanizar los diferentes tipos de piezas provenientes de fundición y de la bodega de almacenamiento de materia prima, como son los volantes, piñones, varillas y tambores. Teniendo en cuenta que la empresa para el mecanizado de despulpadoras utiliza solo 3 tornos, se diseña y representa de igual forma que en el puesto de trabajo de cizalla, colocando la restricción de que cada processor únicamente trabaje si cuenta con un operario, y se ubican 3 operarios para trabajar en 4 processor, es decir, un operario se encargará de realizar dos operaciones de torneado de diferente componente, y los otros dos operarios se encargaran de realizar un proceso de torneado de alguna pieza distinta respectivamente, de esta forma siempre habrá un torno inactivo esperando la disponibilidad de un operario, todo esto con el propósito de simular las operaciones tal cual suceden en el proceso productivo real.

3. DOBLADO: Esta sección se encarga específicamente del doblado, soldadura y ensamble de tolvas, baberos y contenciones. Para la construcción del modelo se dividió esta sección de

acuerdo al tipo de componente a procesar. Para la simulación de las operaciones de laminado se usó un processor y se asignaron los valores mediante la opción valuesby case para definir el tiempo respectivo de acuerdo al tipo de componente como se muestra a continuación:

- ✓ El proceso de producción de tolvas consta de trazar, doblar, pulir, soldar ensamblar las tolvas y limpiarlas, dichas operaciones se simulan a través delprocessor que contempla el conjunto total de tiempos empleados en la fabricación de las tolvas.

- ✓ Para el proceso de contenciones, también se utiliza dicho processor donde se simulan las operaciones de doblado y soldadura de contenciones con sus respectivos tiempos asociados.

- ✓ En cuanto a los baberos, ya que estos constan de una única lámina y la forma se le da doblando la pieza, se usa elprocessormencionado anteriormente para simular la operación de doblado con su respectivo tiempo asociado.

4. TALADRO: La estación de taladro se encarga de procesar diferentes tipos de componentes (pecheros, piñones, bastidores, varillas alimentadoras, mariposas), para el procesamiento de los componentes industrias FIMAR cuenta únicamente con 1 taladro, siendo dicho puesto de trabajo un recurso restrictivo de la capacidad. Para modelar las operaciones realizadas en este puesto de trabajo se utiliza un processor y se usará la opción de valuesby case para asignar los tiempos respectivos para el procesamiento de cada tipo de componente, el taladro procesa de a un componente a la vez y de igual forma se trabajará en el modelo de simulación.

5. TROQUELADORA: El puesto de trabajo de troquelado se encarga de una única operación que trata de procesar las camisas de hierro que se adhiere al tambor. En la planta de industrias FIMAR, se cuenta con una única troqueladora y para la construcción del modelo esta

operación se simula con el uso de un processor o procesador y un único operario encargado de operar dicha máquina.

6. SEGUETA MECANICA: Al igual que en el proceso de corte de láminas, se utilizaron processors para representar el corte de varillas en el sistema. En este caso, se emplean 2 processors, 1 para cada tipo de varilla que se procesa. Cabe aclarar que en la planta solo existe una segueta para el corte de varillas, se modeló de esta forma ya que en FIMAR operarios diferentes llevan a cabo por separado el proceso de las varillas tensoras y el de las varillas alimentadoras, además de que ambos tipos de varillas presentan un proceso de fabricación y flujo totalmente diferente.

7. FRESADORA: La estación de fresado se encarga de una única operación que se les realiza a los pecheros, debido a esto para la construcción del modelo se utiliza un processor para simular la fresadora y un único operario para darle uso a la máquina.

8. ENCAMISADO: Para la construcción del modelo, el centro de trabajo y operaciones de encamisado de cilindro se llevan a cabo utilizando un combiner que se encarga de unir los dos tipos de componentes necesarios para el proceso (Una camisa de hierro y un tambor o cilindro).

9. ENSAMBLE DE DESPULPADORAS: El ensamble de despulpadoras se simuló utilizando un combiner, encargado de unir las piezas requeridas para la fabricación de despulpadoras. Cabe resaltar que cada despulpadora cuenta con 10 partes diferentes: 1 soporte, 1 cilindro o tambor, 1 pechero, 2 mariposas, 1 volante, 2 piñones, 4 contenciones, 4 láminas de tolva, 1 babero y 1 varilla alimentadora.

10. ARMADO DE SOPORTES: Esta operación funciona como un ensamble y por lo tanto se realiza utilizando un combiner que simula la operación de unir los bastidores con las varillas tensoras. Cada soporte consta de 2 bastidores y 4 varillas tensoras.

11. PINTURA: En la sección de pintura se procesan diferentes tipos de componentes, para la construcción del modelo se utilizaron:

✓ 5 processors para simular el proceso de aplicación de pintura en aceite, usando la restricción de que los processors solo trabajan si hay un operario disponible. Adicionalmente, se añade un único operario encargado de los 5processors, de esta forma se garantiza que únicamente 1 processor va a estar operando mientras los restantes se mantienen inactivos. (se ponen 5processors para que cada uno procese un tipo diferente de componente y se plantea que trabaje solo 1 a la vez para simular adecuadamente la capacidad productiva de la empresa que sería de un único centro de trabajo). En este puesto de trabajo se procesan soportes, mariposas, pecheros, piñones y volantes.

✓ Para la construcción del proceso de secado de las piezas se utilizaron 5processors destinados cada uno a un tipo de pieza diferente, en este caso no se asigna ninguna restricción ya que el proceso de secado se lleva a cabo simultáneamente en los diferentes tipos de piezas.

12. TRANSPORTES Y DESPLAZAMIENTOS: Las operaciones relacionadas con el desplazamiento de material y componentes entre puestos de trabajo se modeló utilizando operarios, esto debido a que, si bien para el transporte de componentes se utilizan carros, estos deben ser impulsados con la fuerza provista por los operarios, en este sentido cada operario se encargará de transportar los materiales propios de su operación.

13. FLOWITEMS: Hacen referencia a los materiales y componentes que fluyen a lo largo del proceso productivo. Se usan flowitems para modelar componentes como cilindros, laminas, varillas, volantes, piñones, bastidores, pecheros, mariposas.

14. ALMACENAMIENTO: En cuanto a almacenamiento se refiere, industrias FIMAR cuenta con una bodega en el primer piso donde se almacenan materias primas, herramientas,

componentes y en general lo necesario para la fabricación de despulpadoras. En este caso, para la representación de la bodega, se utilizaron sources para modelar dichas llegadas y se añadieron en la bodega ubicada al frente de la entrada principal del primer piso de la planta, que es por donde entran los componentes de fundición y los materiales requeridos para la fabricación de despulpadoras. En la sección de despulpadoras existe una segunda bodega, esta se encarga de almacenar los productos terminados, en este caso se utilizó un elemento Rack que tiene forma de estantería, el cual representa de la mejor forma el proceso de almacenamiento que maneja la empresa.

15. OPERARIOS: En total se utilizaron 14 operarios distribuidos en todo el modelo del sistema productivo de despulpadoras. En la siguiente tabla se muestra la cantidad de operarios y las respectivas operaciones a las que fue asignado:

Tabla 25.

Operarios empleados en la simulación con sus respectivas operaciones.

| Operario | Operaciones asignadas |
|---------------------|---|
| Operario 276 | Torneado de volantes y los transportes asociados al procesamiento de volantes. |
| Operario277 | Ajuste de tacos, torneado de tambores y transportes asociados al procesamiento de tambores. |
| Operario 2 | Torneado y mecanizado de piñones, transportes asociados al procesamiento de piñones. |
| Operario 281 | Operaciones de transporte asociadas al procesamiento de bastidores y mariposas. |
| Operario 279 | Fresado de pecheros y transportes asociados al procesamiento de pecheros. |
| Operario 1 | Corte de varillas tensoras, torneado de varillas tensoras y transportes asociados al procesamiento de varillas tensoras |
| Operario3 | Corte de varillas alimentadoras y transportes asociados al procesamiento de dichas varillas. |
| Operario 278 | Corte de láminas y transportes asociados al procesamiento de láminas. |

| Operario | Operaciones asignadas |
|---------------------|--|
| Operario 282 | Proceso de baberos; Proceso de tolvas; Proceso de contenciones (Dichos procesos constan de doblado, soldadura y ensamble). |
| Operario 280 | Taladro de pecheros, mariposas, piñones, bastidores, varillas alimentadoras. |
| Operario 291 | Troquelado de camisas de acero |
| Operario 283 | Soldadura de mariposas |
| Operario 284 | Armado de soportes |
| Operario 285 | Encamisado de cilindros |
| Operario 286 | Ensamble de despulpadoras |

10.2.2. Modelo del sistema productivo contemplando las propuestas de mejora aprobadas por la empresa Con la construcción de este modelo se busca mostrar una evidencia latente del impacto potencial que tiene la implementación de las propuestas de mejora planteadas para el proceso productivo. Como se pudo observar en capítulos anteriores, las nuevas propuestas de rediseño del sistema productivo, redistribución de planta, implementación de herramientas de manufactura esbelta y la ampliación de capacidad en algunos centros de trabajo hacen posible reducir la cantidad y amplitud de los desplazamientos de materiales, reducir los tiempos de producción y aumentar la capacidad productiva de la empresa. La construcción del modelo con base a dichos cambios, les permite a los directivos visualizar con mayor claridad el impacto de las propuestas en el sistema productivo y es de gran utilidad para la toma de decisiones.

La construcción del modelo es similar al modelo inicial, pero se realizan algunas modificaciones relacionadas con la redistribución de la planta y el rediseño del sistema productivo, modificaciones que como se mencionó previamente proporcionan reducciones en los tiempos de producción y aumento en la capacidad productiva de la empresa. Entre las modificaciones más notables se tienen:

- Las llegadas de componentes provenientes de fundición ya no se realizarán por la entrada del primer piso, sino que se realizarán directamente por la entrada a la sección de despulpadoras, de esta forma se reduce en gran cantidad los desplazamientos de material, tiempo de producción y el esfuerzo físico de los operarios. Debido a esto los sources ubicados en el primer piso serán trasladados a la entrada de la sección de despulpadoras.

- Una de las principales modificaciones en la distribución de la planta consiste en el traslado de los tornos hacia la sección de despulpadoras, ubicándolos a pocos metros del taladro y encamisado que son las estaciones con las que comparten mayor flujo de material, con esta variación se reduce la distancia entre dichos centros de trabajo en más del 60%, por lo tanto, se espera un aumento en la capacidad productiva. Para la construcción del modelo se realiza el traslado de los processors encargados de las operaciones de torno. Los parámetros, operarios, rutas de flujo y tiempos de producción de dichos processors permanecen igual, lo único que cambia es su ubicación en el espacio de la planta.

- Otra modificación importante es la adecuación de la cizalla para el corte de láminas, la cual se ubicó junto a la estación de laminado (doblado y ensamble de tolvas, baberos y contenciones), estaciones que tienen una relación de proximidad muy alta ya que comparten materiales y personal, de esta forma se reducen las distancias de los desplazamientos entre estas dos estaciones en más del 80%. Al igual que en el caso de los tornos el modelo sigue igual en ese caso, lo único que cambia es la ubicación de la cizalla y por ende la distancia recorrida entre centros de trabajo.

- En cuanto al almacenamiento se incluyó un nuevo almacén ubicado en la sección de despulpadoras, con el objetivo de almacenar ahí los componentes que llegan de fundición previo a su mecanizado.

- En cuanto a la sección de pintura se tuvo en cuenta el rediseño del sistema de pintura con las reducciones de tiempos asociadas a dicha modificación. Esta propuesta de mejora para el sistema de pintura fue aprobada por los directivos de la empresa, por lo tanto, se pretende mostrar los beneficios que puede generar la implementación de un sistema de pintura en polvo, cuya mejora permitirá reducir la cantidad de reprocesos y reducir los tiempos de secado en un 90% aproximadamente, además de mejorar la calidad de los acabados de los componentes. Para la construcción del modelo en esta sección se ha modificado los tiempos de secado de acuerdo a los tiempos obtenidos en el benchmarking, consultando en otras empresas y usando la información provista por el proveedor.

- En este modelo de simulación, se añadió un nuevo processor para representar el nuevo taladro incluido en la sección de despulpadoras que la empresa ha incorporado para incrementar la capacidad de dicho puesto de trabajo, ya que es una de las máquinas con mayor utilización por la cantidad de piezas que debe procesar y sus tiempos de operación.

10.3. Análisis de probabilidades

Los datos recolectados anteriormente durante el proceso de diagnóstico, deben ser analizados para que el funcionamiento del sistema productivo de despulpadoras resulte correctamente representado en el modelo de simulación. Para la simulación del sistema, es necesario elegir adecuadamente los datos que alimentarán al modelo y la forma en que serán representados en la simulación. Dicha información (Tiempos de procesamiento, cantidades procesadas, etc.) puede ser representada de tres maneras distintas: utilizar de manera exacta los datos que se registraron,

utilizar una distribución empírica que caracterice los datos o seleccionar de una lista de distribución de probabilidad la que mejor se ajuste a los datos.

Teniendo en cuenta que utilizar de manera exacta los datos recolectados, se incurriría en el error de afirmar que en todo el sistema se generaran de forma repetitiva los mismos datos que se han recolectado sin contemplar la posibilidad de que surja un valor diferente resultante de alguna eventualidad.

Alimentar un modelo utilizando una distribución empírica requiere que los datos que fueron recolectados sean convertidos a una distribución continua o discreta de frecuencias. Durante la simulación se generan continuamente datos de manera aleatoria, usando la distribución empírica sobre la base de los datos agrupados (Correa Figueroa & Torres Rincón, 2008, pág. 46). La desventaja que presenta este tipo de distribución es que estas se crean sobre la base de un limitado tamaño de muestra, no generan valores extremos, aunque exista la posibilidad de que estos datos si se encuentren dentro de la población que conforma el sistema real.

Para representar los datos por medio de una distribución de probabilidad, es necesario definir a que distribución se ajustan los datos recopilados. Durante la corrida de la simulación, se van generando datos según la función de probabilidad definida, los cuales le aportan al modelo una aleatoriedad suficiente. Ajustando los datos a una distribución de probabilidad, asegura además que en la simulación los valores extremos también sean contemplados, lo cual es favorable. Por esta razón, se recomienda el uso de distribuciones de probabilidad para representar un sistema real, siempre y cuando la distribución se ajuste a los datos.

Es necesario contar con un programa para realizar el ajuste de los datos recolectados a una distribución de probabilidad. Para ello, se utilizó el programa stat-fit de PROMODEL, el cual analiza las distintas distribuciones de probabilidad predefinidas en el programa, y determina la

distribución que más se ajusta a los datos recopilados, arrojando como resultado las distribuciones de probabilidad de acuerdo al comportamiento de los datos, realizando pruebas de independencia, continuidad y de bondad y ajuste como la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la prueba de Anderson Darling.

Las pruebas de bondad y ajuste inician con la hipótesis nula que afirma que existe un buen ajuste de los datos recolectados con respecto a los datos generados por la distribución seleccionada. Luego de insertar e iniciar el análisis de los datos en el programa, resulta un listado de las diferentes distribuciones de probabilidad que se pueden ajustar a los datos. Este listado se presenta de forma descendente de acuerdo al puntaje en relación con el ajuste de los datos. En este caso, para el modelo de simulación se elige la primera distribución que aparece en el programa, ya que representa el mayor puntaje con respecto al ajuste de los datos.

En la figura 18, se presenta un ejemplo del funcionamiento del programa y los resultados que arrojó para determinar la distribución adecuada que se ajustará a los tiempos de operación del mecanizado de bastidores, del cual resultó con un mayor puntaje la distribución exponencial con un 79.1. Cabe mencionar que en el apéndice 20 se pueden observar los análisis de distribución de probabilidad realizados para cada uno de los tiempos de operación y cantidades procesadas. Adicionalmente, se presenta en la figura 19 la distribución de los objetos en el modelo de la planta actual de la empresa.

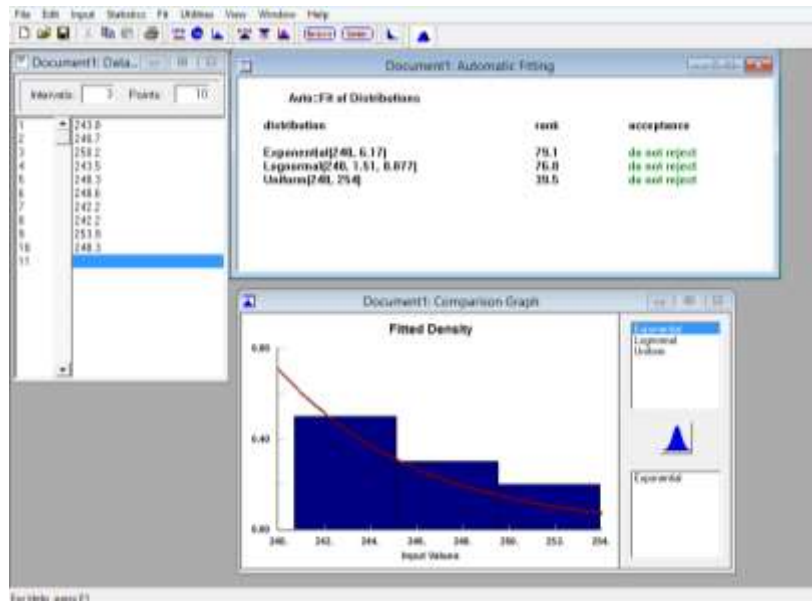


Figura 18. Análisis de probabilidad mecanizado bastidores.

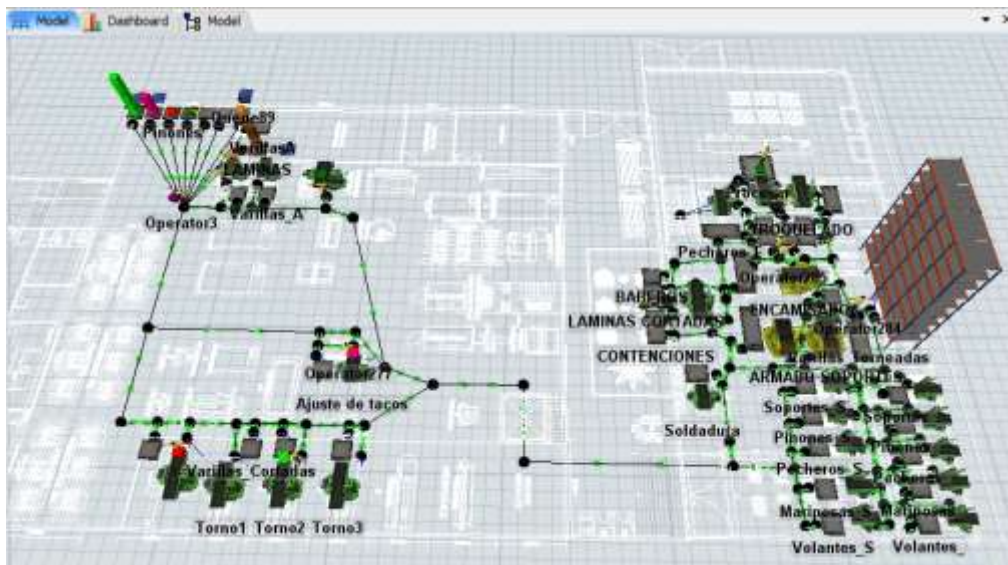


Figura 19. Modelo de la planta actual de Industrias Fimar.

10.4. Validación del modelo

Es importante verificar que el modelo de simulación de la planta de INDUSTRIAS FIMAR, sea lo suficientemente parecido a la realidad y que este tenga validez para llegar a tomar decisiones con base a los resultados que arroje este modelo.

La validación es el proceso de comprobar que los resultados aportados por el modelo para las variables de salida y de estado no son muy diferentes a los medidos en la realidad.

La metodología de validación consiste en someter a pruebas de razonamiento los modelos diseñados, para identificar si existe una gran similitud entre el sistema real de la empresa y el modelo creado.

- Prueba de continuidad

En esta fase del proceso de validación, se realizaron pequeños cambios en los parámetros o variables de entrada del modelo construido, cuyas modificaciones, en consecuencia, generaron cambios de igual magnitud en aquellas variables siguientes a ese proceso o en la salida del sistema completo.

Para este caso, se realizaron cambios en las cantidades de los componentes generados por los Source_1, Source_2, Source_3 y Source97. Se disminuyeron 40 unidades de cada tipo de componente, con el propósito de observar los cambios resultantes de los nuevos valores ingresados, lo cual se debía esperar que, al disminuir las cantidades de entrada al sistema, la producción de despulpadoras de café resultaría menor en comparación a los resultados del modelo representativo. Al realizar la corrida con el flujo normal y el flujo disminuido, se encontraron diferencias en los resultados los cuales se muestran en la tabla 26.

Tabla 26.

Variación en las cantidades de entrada al sistema de producción para la prueba de continuidad.

| Variable | Source_1 | Source_2 | Source_3 | Source97 |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Cantidad de entrada establecida | 80 | 80 | 960 | 800 |
| Cantidad de despulpadoras | | | 47 | |
| Cantidad de entrada disminuida | 40 | 40 | 920 | 760 |
| Cantidad de despulpadoras | | | 40 | |
| Variación (%) | | | 8,04% | |

Se puede observar que los cambios realizados en las cantidades de entrada generaron una variación de producto terminado del 8,04% con respecto a la cantidad resultante del modelo original, cuya modificación produjo que la cantidad de despulpadoras fuera menor, lo cual quiere decir que el modelo de simulación acepta la prueba de continuidad.

- Prueba de consistencia

Esta prueba consiste en determinar si existe un equilibrio entre los resultados que surgen del modelo al realizar varias corridas similares, es decir, no se pueden presentar grandes variaciones luego de correr 2 o más corridas del modelo con las mismas variables.

Luego de correr el modelo 3 veces conservando los mismos parámetros por un tiempo de 3456000 segundos (12 días en una jornada de 8 horas), se pudo observar que los resultados de las cantidades totales de producción del modelo de simulación no variaron (20 despulpadoras ensambladas en total), teniendo en cuenta que en este sistema cada tiempo de operación presenta una distribución de probabilidad distinta y las cantidades de entrada son discretas.

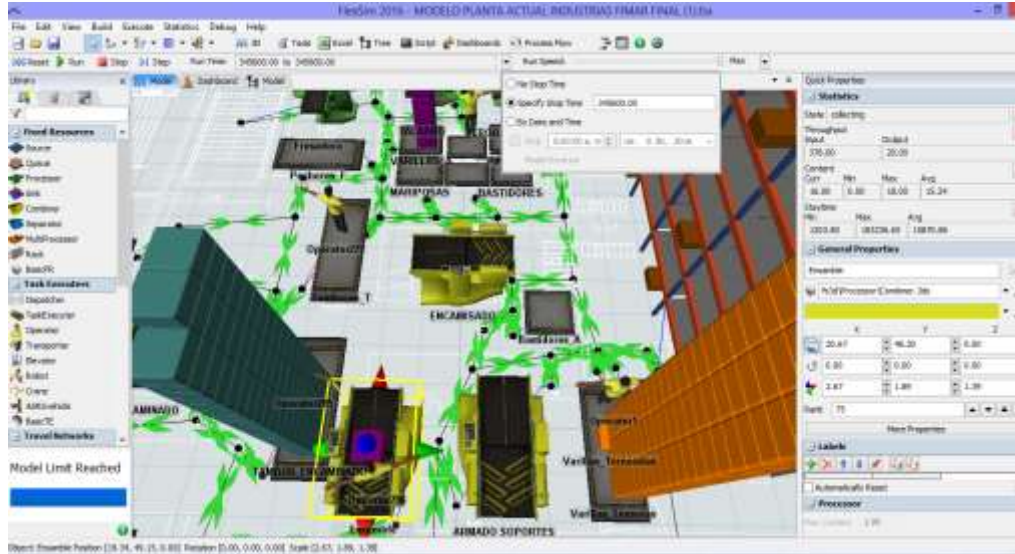


Figura 20. Prueba de consistencia.

Adicional a esto, tomando como muestra para evaluar la consistencia del sistema, se analizó el puesto de trabajo de taladro y se notó que, al correrlo 5 veces, en un tiempo de 175000 segundos (equivalente a 6 días en una jornada de 8 horas), salieron entre 451 y 456 unidades procesadas, lo cual representa una pequeña variación entre cantidades, resultando de la prueba de consistencia un concepto satisfactorio.

Tabla 27.

Entradas y productos procesados por corrida.

| Corrida | Entradas | Productos procesados |
|-----------------|----------|----------------------|
| 1 | 452 | 451 |
| 2 | 457 | 456 |
| 3 | 453 | 452 |
| PROMEDIO | 454 | 453 |

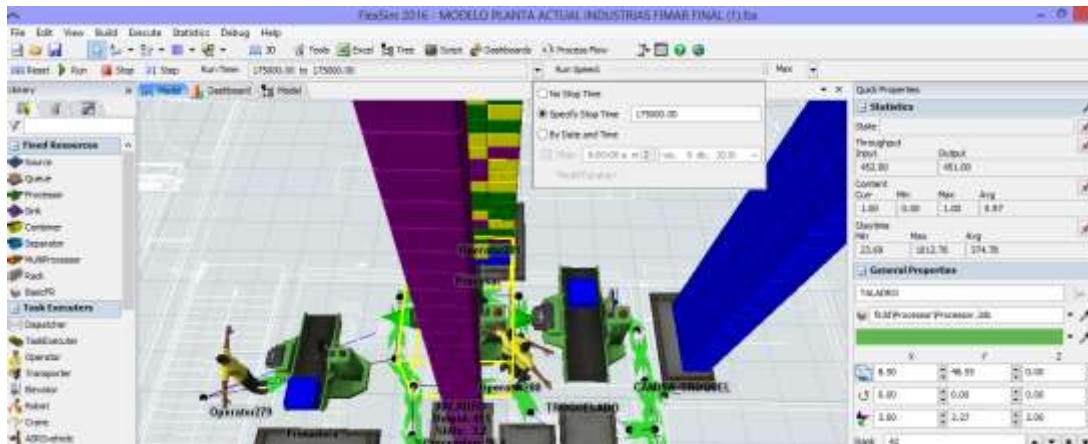


Figura 21. Entradas y productos procesados en Flexsim.

- Prueba de degeneración

Esta prueba consiste en remover objetos del modelo de simulación y comprobar que esta acción produce un impacto en los resultados acorde a la magnitud de dicho cambio. En este caso, se eliminó 1 turno del modelo de la planta actual, específicamente el turno encargado del mecanizado de volantes, y se corrió para identificar el impacto generado en los resultados del modelo. Al remover este turno se espera que el procesamiento de componentes en la sección de turno disminuya. A continuación, se presentan las cantidades de componentes procesados en la sección de tornos en el caso 1(4 tornos) y en el caso 2(3tornos), luego de eliminado el turno encargado del mecanizado de volantes:

Tabla 28.

Componentes procesados por torno.

| | Componentes procesados caso 1 | Componentes procesados caso 2 |
|-------------------------|--|--|
| Torno 1 | 245 | 251 |
| Torno 2 | 387 | 385 |
| Torno 3 | 189 | 187 |
| Torno 4 | 105 | -- |
| PRODUCCION TOTAL | 926 | 823 |

Con los resultados obtenidos en ambos casos se puede observar que al realizar las operaciones con un torno menos se reduce la producción total de componentes en 103 unidades, el equivalente al 11,2% de la producción.

- Prueba de comportamiento del modelo

Se busca comprobar que el modelo tenga un comportamiento similar al del sistema real. En esta prueba se realiza una comparación de los resultados de la simulación del modelo y los resultados reales del sistema productivo, con el propósito de determinar si los datos generados a través de la estructura del modelo son coherentes, y si este representa al sistema real.

Esta prueba de validación se llevó a cabo corriendo el modelo durante 864.000 segundos, equivalentes a 30 días con una jornada de 8 horas de trabajo y se ejecutó de la siguiente forma:

1. Se recolectaron datos del sistema real (cantidad de productos terminados) para un periodo de tiempo de 1 mes. A partir de la información provista por el departamento comercial sobre las ventas realizadas en el año 2015, información presentada en la tabla 3 de la sección 7.1, se evidencia que en promedio FIMAR fabrica 51 despulpadoras al mes, este dato también es validado por la frecuencia y tamaño de los lotes que se solicita generalmente a fundiciones REYOR y son de 50 unidades de cada tipo aproximadamente cada 20 días.

2. Se realiza una comparación con los datos que genera el modelo de simulación. Al ejecutar el modelo de simulación de la planta de industrias FIMAR durante un tiempo de 864000 segundos equivalente a un mes, se producen 58 unidades en promedio, dicho valor es cercano a la producción promedio real de FIMAR. Teniendo en cuenta que en el modelo no se contemplan paradas no programadas debido a averías en las maquinas o derivadas de alguna reunión, capacitación, accidente o descanso de los operarios, es normal que en el modelo la producción sea un poco más elevada que en el sistema real.

10.5. Resultados

Cabe mencionar que los modelos de simulación tanto de la planta actual como de la nueva distribución de la planta, fueron simulados con un tiempo específico de 228.000 segundos, equivalente a 10 días de tiempo productivo, teniendo en cuenta que la empresa realmente trabaja 8 horas diarias de lunes a sábado. Para esclarecer las diferencias entre los modelos presentados y los beneficios de la propuesta de distribución de planta representada con las propuestas de mejora mencionadas en el proyecto, se determinó la cantidad de despulpadoras fabricadas en 10 días de tiempo productivo, la capacidad de producción del sistema de pintura y los tiempos de transporte de componentes realizados por los operarios de la planta.

Tabla 29.

Variables de los modelos.

| Variable | Modelo 1 | Modelo 2 |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Producto terminado de despulpadoras | 9 | 55 |
| Cantidad de Pecheros pintados | 12 | 60 |
| Cantidad de volantes pintados | 50 | 160 |
| Cantidad de soportes pintados | 43 | 128 |
| Cantidad mariposas pintados | 24 | 325 |
| Cantidad de piñones pintados | 47 | 310 |

Con respecto a lo anterior se puede concluir lo siguiente:

- Debido de cierta forma a que los tiempos del proceso de pintura en polvo del nuevo modelo propuesto son notablemente más bajos que en el caso de la pintura en aceite usada actualmente, el sistema de pintura del modelo 2 presenta una mayor capacidad comparada con la actual, obteniendo de esta forma 110 volantes, 85 soportes, 300 mariposas, 263 piñones y 48 pecheros pintados por encima del modelo actual de la planta luego de simular por 10 días.

- Teniendo en cuenta los resultados de las simulaciones, con el modelo 1 se obtuvieron 9 despulpadoras de café y en el modelo 2, 55 despulpadoras en un periodo de tiempo de aproximadamente 80 horas, lo cual significa que se presentó un aumento del 83.6% con respecto a la cantidad de despulpadoras resultantes del modelo de la planta actual. Por consiguiente, se puede concluir que las mejoras presentadas en el modelo 2 que contempla una redistribución de planta, un nuevo sistema de pintura y un taladro adicional en la sección de despulpadoras, aumentan la capacidad productiva de la empresa, disminuyendo tiempos de desplazamientos y el tiempo de procesamiento de secado.

- Se evidencia una diferencia de tiempo de transporte de componentes entre el modelo 1 y el modelo 2, gracias a la nueva distribución realizada en el modelo 2, en donde se trasladaron

tres tornos, una segueta mecánica y una cizalla eléctrica a la sección de despulpadoras con el fin de que todas las máquinas que intervienen en el proceso de despulpadoras se encuentren en un mismo piso de la planta. Se redujo un 31 % del tiempo requerido para el transporte de componentes entre puestos de trabajo con el nuevo modelo propuesto para la empresa.

11. Indicadores de gestión

Con el objetivo de evaluar las mejoras implementadas y llevar un control sobre los procesos internos de la empresa, se crearon unos indicadores de desempeño relacionados con la productividad, eficacia y eficiencia del proceso productivo, y por supuesto el desarrollo de las mejoras implementadas en el transcurso del proyecto (Ver apéndice 20).

Para el cálculo de los indicadores de gestión se tuvo en cuenta los meses comprendidos entre septiembre y diciembre del año 2016, durante el desarrollo de la temporada alta, y para los indicadores de desempeño de las mejoras se midieron antes y después de las mejoras implementadas.

Tipos de indicadores

- Índice de productividad

Para calcular este indicador fue necesario recurrir al área de producción, vista la necesidad de información relacionada con el volumen de producción y los recursos empleados en ello mensualmente. A continuación, se puede evidenciar los resultados para el indicador de productividad de septiembre a diciembre, durante la temporada de demanda alta.

Tabla 30.

Índice de productividad.

| MES | Producción Total | Recursos Utilizados | Productividad |
|------------|------------------|---------------------|---------------|
| Septiembre | \$ 169.792.450 | \$ 135.833.960 | 1,250 |
| Octubre | \$ 154.247.150 | \$ 121.797.720 | 1,266 |
| Noviembre | \$ 250.232.350 | \$ 196.985.880 | 1,270 |
| Diciembre | \$ 270.388.850 | \$ 211.503.080 | 1,278 |

Como se puede evidenciar en la temporada alta, los meses de noviembre y diciembre presentan un volumen de producción alto con respecto a octubre y septiembre, esto es debido a que en estos periodos de tiempo se genera una mayor compra y venta de café, y por ende aumenta también la necesidad de maquinaria agrícola para el beneficio del café. Como se puede evidenciar en el cálculo del indicador, la productividad entre septiembre y diciembre aumenta progresivamente cada mes.

- Índice de calidad del producto

Este indicador fue calculado gracias al seguimiento de producción realizado a partir de los formatos de producto no conforme, cuyo seguimiento se realiza diariamente en los procesos productivos, verificando el cumplimiento en las especificaciones técnicas de cada componente.

A continuación, se presentan los resultados:

Tabla 31.

Índice de calidad del producto.

| MES | # de piezas no conforme | # de piezas fabricadas | Efectividad en la calidad |
|------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| Septiembre | 4,77 | 159 | 3% |
| Octubre | 3,248 | 116 | 2,8% |
| Noviembre | 7,7 | 275 | 2,8% |
| Diciembre | 6,916 | 266 | 2,6% |

- Índice de eficiencia

Para el cálculo de los indicadores de eficiencia fue necesaria la recolección de información relacionada con el tiempo de producción, los tiempos de alistamiento, tiempos de descanso, entre otros datos los cuales se extrajeron del estudio de tiempos (Apéndice 8) y el análisis de capacidad instalada (Apéndice 9). A continuación, se presentan los indicadores de eficiencia de la fresadora y el torno, los cuales representan el tiempo productivo real de la jornada laboral durante los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre del año 2016.

Tabla 32.

Porcentaje de eficiencia de Fresadora

| MES | Jornada laboral | Tiempo de montaje | Tiempo productivo | Indicador |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------|
| Septiembre | 16 hrs = 960 min | 31,73 min | 940 min | 97,91% |
| Octubre | 16 hrs = 960 min | 28,1 min | 940 min | 97,53% |
| Noviembre | 16 hrs = 960 min | 28,1 min | 940 min | 97,53% |
| Diciembre | 16 hrs = 960 min | 28,1 min | 940 min | 97,53% |

Tabla 33.

Porcentaje de eficiencia de Torno

| MES | Jornada laboral | Tiempo de montaje | Tiempo productivo | Indicador |
|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------|
| Septiembre | 8 hrs = 480 min | 22,48 min | 460min | 95,83% |
| Octubre | 8 hrs = 480 min | 18,6 min | 460min | 95,02% |
| Noviembre | 8 hrs = 480 min | 18,6 min | 460min | 95,02% |
| Diciembre | 8 hrs = 480 min | 18,6 min | 460min | 95,02% |

- Cumplimiento 5S's

El cálculo de este indicador se hace con base al control y a las evaluaciones periódicas relacionadas con el cumplimiento de los estándares establecidos en la metodología 5S's. Para el cálculo de este indicador se utilizó las listas de chequeo 5S's consignadas en el apéndice 23y sus resultados se exponen a continuación:

Tabla 34.

Cumplimiento 5S's.

| S | SEIRI | SEITON | SEISO | SEIKETSU | SHITSUKE | INDICADOR |
|-------------------|-------|--------|-------|----------|----------|-----------|
| SEPTIEMBRE | 60% | 53,3% | 53,3% | 55% | 60% | 56,32% |
| OCTUBRE | 70% | 66,7% | 60% | 65% | 64% | 65,14% |
| NOVIEMBRE | 80% | 73,3% | 80% | 70% | 68% | 74,26% |
| DICIEMBRE | 85% | 83,3% | 80% | 85% | 76% | 81,85% |

Como se puede observar, entre septiembre el mes en que se realiza la lista de chequeo inicial, y diciembre último mes en que se llevó a cabo la evaluación de cumplimiento de 5S's, se evidencia un aumento considerable en el porcentaje de cumplimiento, aumentando entre 8 y 10% el cumplimiento en cada mes. Como se puede observar las mejoras más notables son con respecto a la organización de la planta representado en mejoras en las señales visuales, mayor

facilidad para ubicar lo que se busca, inclusión de nuevas herramientas o áreas para facilitar el almacenamiento. Adicionalmente, actualmente gracias a la implementación de 5S's se cuenta con una planta un 30% más aseada y segura.

12. Conclusiones

- La construcción de los planos, diagramas de flujo y diagramas de recorrido hacen posible una visión más clara de los procesos productivos, además de permitir identificar los recorridos, flujos de material y los principales despilfarros existentes en el sistema productivo. Para conseguir un conocimiento más profundo del funcionamiento del sistema productivo y formular un diagnóstico adecuado de las condiciones iniciales de la planta fue vital el uso de herramientas especializadas para el análisis de los procesos y que en su mayoría son propias del sistema de manufactura esbelta como son el análisis de despilfarros, análisis 5S's, listas de chequeo, caracterización de los puestos de trabajo, dichas herramientas hacen posible evidenciar con mayor claridad los despilfarros presentes en el sistema y de esta forma contemplar y analizar oportunidades de mejora que permitan reducir o eliminar dichos despilfarros.

- Por medio de un estudio detallado de métodos y tiempos se logró determinar la capacidad de cada centro de trabajo del sistema productivo de despulpadoras, cuya información fue útil para determinar y esclarecer los recursos restrictivos presentes en el proceso productivo, oportunidades de mejora y por supuesto, para la obtención de datos que alimentaron los modelos de simulación.

- La formulación de una nueva propuesta para la distribución de la planta, basada en estudios sobre las relaciones de proximidad y sobre la intensidad de relación que hay entre los diferentes puestos de trabajo, permite reducir notablemente los recorridos y el manejo de materiales junto con los costos asociados a dichos transportes. Al formular la propuesta teniendo

en cuenta los factores que influyen en la intensidad de relación como son la cantidad de flujo, el costo del manejo de materiales, la necesidad de compartir personal y equipo, entre otros factores, hizo posible una reducción considerable en el transporte de materiales y componentes tal como se muestra a continuación:

- El desplazamiento de láminas se redujo en un 65%, esta reducción se da gracias al traslado de la cizalla eléctrica ubicándola junto a la sección de doblado y troquelado, secciones con las que presenta un alto flujo de material.
- Con el traslado de los tornos hacia la sección de despulpadoras se redujo notablemente el desplazamiento de volantes, cilindros y piñones en un 40%.
- Adicionalmente, con la implementación de un almacén de componentes para despulpadora, en el espacio despejado (40%) de la bodega de productos obsoletos, teniendo en cuenta que se encuentra dentro de la sección de despulpadoras, dicha modificación contribuye notablemente en las reducciones ya señaladas y además hace posible reducir los recorridos de bastidores y pecheros en un 43% y 46% respectivamente.
- Luego de aplicar un análisis Benchmarking, se pudo determinar y formular una propuesta de mejora para el sistema productivo de despulpadoras con el propósito de incrementar la capacidad del recurso restrictivo identificado en la línea de producción y por ende aumentar la productividad del sistema, cuya herramienta permitió comparar los estándares de la empresa con la competencia para encontrar practicas avanzadas que mejoren las operaciones, en este caso, fue rescatado el procedimiento de aplicación de pintura en polvo empleado por PENAGOS Y HERMANOS & CIA LTDA, el cual ha presentado buenos resultados y beneficios durante su ejecución. Finalmente, se llega a la conclusión de que se puede reducir hasta en un 90% del tiempo de secado de los componentes empleando un horno de curado para el secado de las

piezas, además de mejorar la calidad de los acabados de las partes y optimizar el uso de los recursos.

- La simulación del modelo de la planta actual del sistema productivo de Industrias Fimar a través del software Flexsim, permitió visualizar con mayor claridad el proceso productivo de despulpadoras, sus principales falencias y los recursos restrictivos de capacidad. Al modelar el sistema productivo con las propuestas de mejora, se evidenciaron los beneficios derivados de la implementación de herramientas de manufactura esbelta (SMED, 5S's), el aumento de la capacidad en la sección de taladro, redistribución de la planta y el rediseño del sistema de pintura. A través de la simulación de los dos modelos del sistema productivo, fue posible apreciar el impacto potencial que genera la implementación de dichas propuestas de mejora, evidenciando un aumento notable en la productividad y en el uso eficiente de los recursos, donde se puede observar un aumento de más del 50% en la producción de despulpadoras. La simulación del sistema productivo ha dado resultados bastante satisfactorios, además ha provisto información vital para la aprobación y futura implementación del rediseño del sistema productivo y la redistribución de la planta, propuestas aprobadas por industrias FIMAR y programadas para implementarse en el transcurso del presente año.

- La implementación de la metodología 5S's permite promover un lugar de trabajo más limpio, más seguro y mejor organizado. La implementación de esta metodología ha aportado notables beneficios al sistema productivo de Industrias FIMAR, como son:

- Un mayor aprovechamiento del espacio en la planta, gracias a las jornadas de orden y aseo se logró liberar el 40% del espacio destinado para almacenar productos obsoletos, espacio que ha sido destinado para el almacenamiento de materiales y componentes que inicialmente se

ubicaban en los pasillos, de esta forma se reduce la acumulación de producto en proceso en los pasillos, facilitando así el tránsito de personal y material.

- Reparación y actualización de la señalización, tanto de demarcación de los centros de trabajo, pasillos y zonas de almacenamiento, así como los carteles y señalización referente a la seguridad en el trabajo, contribuyendo de esta forma en el propósito de lograr un funcionamiento más seguro.

- Reducción en los tiempos de búsqueda de herramientas y materiales, la implementación de jornadas de orden y aseo, además de la inclusión de estanterías y carros de herramientas han permitido lograr una mejor organización de las herramientas en los puestos de trabajo y de los materiales en las zonas de almacenamiento.

- Los indicadores de gestión formulados servirán como herramienta útil para llevar control y seguimiento de los procesos productivos de la planta, asimismo es posible trazar los resultados y evaluar constantemente las propuestas de mejora planteadas e implementadas y también aquellas en proceso de implementación.
- La realización de las capacitaciones al personal de la planta, ayudaron a que el desarrollo y la implementación de las herramientas de manufactura esbelta se ejecutaran de forma eficaz, además de servir como apoyo para la identificación de falencias por parte de los mismos operarios y la formulación de posibles soluciones en pro del mejoramiento continuo gracias a la disposición y participación activa de cada uno de ellos en todas las actividades programadas.

13. Recomendaciones

- Realizar una evaluación del sistema de pintura en polvo luego de su implementación para visualizar el impacto real de la mejora en la planta de producción de Industrias Fimar.
- En vista de los numerosos beneficios que aportaría el rediseño del sistema productivo, más específicamente el rediseño del sistema de pintura, observados en la competencia del sector metalmecánico de producción de maquinaria agrícola, y representados en reducciones en los reprocesos, reducción en los tiempos de secado, aumento de la capacidad productiva, y unos mejores acabados, hace del sistema de pintura en polvo un procedimiento recomendable para la empresa Industrias FIMAR ya que contribuiría al aumento de la productividad y a ser más competitiva en el mercado.
 - Retomar los modelos diseñados por los autores, empleando el software de simulación Flexsim, para futuros proyectos de mejora enfocados en la planta de producción de la empresa Industrias Fimar que contribuyan al mejoramiento continuo de esta.
 - Se recomienda para el diseño e implementación de los planes de seguimiento relacionados con el cumplimiento de los estándares definidos en la metodología 5 S's, realizar periódicamente auditorías que permitan mantener un control de dichos estándares y la actualización de los mismos. Teniendo en cuenta que esta herramienta fue desarrollada solo en la sección de despulpadoras de la empresa se sugiere ejecutar el programa en las otras secciones de la planta, para obtener un mayor impacto en términos de seguridad, orden y limpieza.
 - En aras de mantener en el futuro una cultura organizacional motivada con el cumplimiento de los estándares de orden y aseo, se recomienda proseguir con las capacitaciones

enfocadas a dicha metodología, además de generar incentivos y reconocimientos que aumenten el interés de los operarios en la participación y colaboración con la metodología 5S's.

- En vista de los resultados obtenidos en la implementación de la herramienta SMED, aplicada a 2 de las máquinas con mayor tiempo de alistamiento, se recomienda extender esta metodología en toda la sección de despulpadoras para luego aplicarla en el sistema productivo en general, y de esta forma poder identificar estrategias que permitan lograr una mejora continua en los procesos de alistamiento.
- Se recomienda darle continuidad al sistema de indicadores, mediante el seguimiento y control periódico que permitan vislumbrar oportunamente las principales oportunidades de mejora.
- Es importante realizar jornadas de capacitación relacionadas a los métodos de trabajo y manejo de los equipos de aplicación y curado de la pintura en polvo, el cual hace referencia al nuevo sistema de pintura que será implementado en la planta de la empresa.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía mayor de Bogotá. (s.f.). *Manual de especificaciones técnicas de diseño y construcción de parques y escenarios públicos de Bogotá D.C.* Recuperado el 22 de Abril de 2016, de <http://www.idrd.gov.co/especificaciones>
- Ballesteros Guerrero, O. A., & Villabona Silva, M. F. (2009). *Mejoramiento del sistema de manufactura de la línea de accesorios de GAS en PENAGOS HERMANOS & CIA LTDA. Trabajo de grado Ingeniería Industrial.* Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander Facultad Fisicomecánicas.
- Bautista Botello, C. S., Camargo Rivero, G. O., & Pinzón Torra, J. A. (2010). *Evaluación y mejoramiento de la cadena de valor y de los recursos restrictivos de capacidad de producción (RRCP) en las áreas de mecanizado y metalistería en la planta industrial de PENAGOS HERMANOS & CIA LTDA. Trabajo de grado Ingeniería Industrial.* Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad Físico-mecánicas.
- Castillo, J. (s.f.). *Kaizen: Soluciones integrales en productividad [diapositivas]. . 21 diapositivas, color.* Bucaramanga.
- Corominas, A., & M. Vallhonrat, J. (1991). *Localización, distribución en planta y manutención.* España: Marcombo S.A.
- Correa Figueroa, P. L., & Torres Rincón, H. D. (2008). *Diseño de un modelo de simulación de eventos discretos para el proceso cervecero en la cervecería BAVARIA SAB-MILLER de Bucaramanga. Trabajo de grado Ingeniería Industrial.* Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad Físico-mecánicas.
- De La Fuente García, D., & Fernández Quesada, I. (2005). *Distribución en planta.* España: Universidad de Oviedo.
- Flórez Herrera, E. C. (2013). *Mejoramiento del proceso de producción de la sección de metalistería de la empresa PENAGOS HNOS & CIA LTDA. .* Bucaramanga: Trabajo de

grado Ingeniería Industrial. Universidad Industrial de Santander. Facultad Físico-mecánicas.

Francescutti, J. O. (23 de Octubre de 2007). Pinturas en polvo.

Garavito Hernández, E. A. (s.f.). *Características generales del software de simulación Flexsim. Simulación aplicada*. . . Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de estudios industriales y empresariales.

Gomez Niz, R., & Gonzalez Rodriguez, V. (s.f.). *Benchmarking. La laguna. Universidad de la laguna campus de guajara. Facultad de economía, empresa y turismo*.

Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2008). *Administración de operaciones. Procesos y cadenas de valor. 8 ed.* México: Pearson Education.

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2012). *Agricultura en Santander*. Recuperado el 18 de Julio de 2016, de <http://www.inviertaencolombia.com.co/Adjuntos/Perfil%20Sector%20Agroindustrial%20Colombiano%20-%202012>

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (3 de Febrero de 2016). *Agroindustria Santander*. Recuperado el 18 de Julio de 2016, de Sociedad de Agricultores de Colombia. Sector Agroindustrial Colombiano [en línea]. <<http://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-299684.html>

Monks, J. G. (1991). *Administración de operaciones*. México: McGraw-Hill.

Ortiz Piminetto, N. R. (1999). *Análisis y mejoramiento de los procesos de la empresa*. Bucaramanga: Publicaciones UIS.

Pintuco S.A. . (s.f.). *Manual de pintura en polvo, sección de fundamentos de la pintura en polvo*. Recuperado el 27 de Abril de 2016, de <http://www.uscltda.com/manualpp/~manualpp.swf>

Rajadell Carreras, M., & Sanchez García, L. (2010). *Lean manufacturing, la evidencia de una necesidad*. España: Ediciones Díaz de Santos.

Rueda Mejía, S. J. (2016). *Manual de calidad de Industrias FIMAR*. San Gil.

Ruíz Orjuela, E. T. (2013). *Mejoramiento de los procesos productivos en Industrias LAVCO LTDA*. Bucaramanga: Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Universidad Industrial de Santander. Facultad Físico-mecánicas.

Spendolini, M. (2005). *Benchmarking*. Bogotá: Norma.

Tibaduisa Quijano, K. L. (2015). *Mejoramiento del sistema productivo de la empresa GARCIA VEGA S.A.S en su planta de Girón*. Bucaramanga: Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Universidad Industrial de Santander. Facultad Físico-mecánicas.

Tijerina Acosta, J. I. (1999). “*Benchmarking – Metodología de desarrollo y aplicación*”. *Tesis Maestro en ciencias de la administración con especialidad en producción y calidad*. San Nicolás de los Garza, N.L., México.: Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. División de estudios de posgrado.

Villaseñor, A. (2007). *Conceptos y reglas de Lean manufacturing*. México: Limusa.

Wheat, B., Mills, C., & Carnell, M. (2003). *Seis Sigma: Una parábola sobre el camino hacia la excelencia y una “empresa esbelta”*. Bogotá: Grupo Editorial Norma.

Apéndices

(Ver documentos adjuntos)