

Mejoramiento del proceso productivo de la empresa Prada Alviar Ltda.

Johan Alonso Quintero Cruz y Nelson Uriel Traslaviña Cruz

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Industrial

Director

Fabio Adolfo Velasco Sossa

Magister en administración de empresas

Tutor

James Zafra Bautista

Supervisor planta de producción

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga

2020

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mis padres Clementina Cruz Mateus y Buenaventura Traslaviña Amado por su amor incondicional, su ejemplo, su voz de aliento en los momentos difíciles, su tenacidad y lucha incansable, porque gracias a ellos pude hacer posible la consecución de este logro el cual es por y para mis queridos padres. Gracias por cada uno de los consejos y valores inculcados, son la mejor formación de vida.

A mis hermanos Luz Dary Traslaviña Cruz y Jose Ventura Traslaviña Cruz por el cariño, la confianza y su fe puesta en mí. Gracias por cada voz de aliento en los momentos de dificultad y por su apoyo incondicional para poder alcanzar cada una de mis metas.

Nelson Uriel Traslaviña Cruz

Esta tesis está dedicada a:

A la vida, ya que cada día es una oportunidad para seguir adelante y demostrar que se puede triunfar y ser feliz.

Johan Alonso Quintero Cruz

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos primeramente a Dios por guiar y cuidar cada uno de nuestros pasos durante el transcurrir de nuestras vidas, por brindarnos la sabiduría, la paciencia y la fortaleza para poder culminar con éxito el proceso formativo.

Agradecemos a cada uno de los docentes de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander que hicieron parte de este proceso formativo contribuyendo en nuestro crecimiento profesional y personal.

Agradecemos al profesor Fabio Adolfo Velasco Sossa por la amistad, confianza, apoyo y orientación brindada durante el transcurso de la carrera y el desarrollo del proyecto de grado.

Agradecemos al señor Olaya Prada y a la señora Claudia Alviar por la oportunidad y confianza brindada para poder desarrollar el trabajo de grado en su empresa.

De igual manera agradecemos a nuestro tutor James Zafra Bautista y en general al personal de la empresa Prada Alviar por la orientación y apoyo ofrecido para el desarrollo del trabajo de grado.

Tabla de contenido

Introducción	17
Cumplimiento de objetivos	19
1. Aspectos generales de la empresa	20
1.1 Identificación de la empresa.....	20
1.2 Localización planta física.....	20
1.3 Misión	21
1.4 Visión	21
1.5 Valores corporativos	21
1.6 Estructura organizacional.....	22
1.7 Mapa de procesos	23
2. Descripción del proyecto.....	24
2.1 Objetivo general	24
2.2 Objetivo específicos	24
2.3 Planteamiento del problema.....	25
2.4 Metodología	26
Fase I: Acercamiento a la empresa.....	26
Fase II: Construcción del diagnóstico del proyecto	26
Fase III: Plan de mejoramiento	27
Fase IV: Simulación del sistema productivo.....	27
Fase V: Implementación del plan de mejoramiento.....	27
Fase VI: Formulación de indicadores de seguimiento	28

Fase VII: Socialización y capacitación	28
Fase VIII: Presentación de resultados	28
3. Marco de referencia	29
3.1 Marco de antecedentes	29
3.2 Marco teórico	32
3.2.1 Mejoramiento de los procesos.....	32
3.2.2. Análisis de procesos.....	33
3.2.3. Herramientas de análisis	33
3.2.4. Lean Manufacturing.....	35
3.2.5. Simulación.....	39
4. Diagnóstico de la empresa.....	40
4.1 Fase I: Recolección de la información	41
4.1.1. Acercamiento a la empresa	41
4.1.2. Información general del proceso	41
4.1.3. Planta de producción	50
4.1.4. Planificación de la producción	52
4.2 Fase II: Análisis de la información	56
4.2.1. Diagnóstico de las 5´s	57
4.2.2. Análisis de despilfarros	61
4.2.3. Análisis de capacidad.....	71
4.2.4. Análisis de inventario.....	76
4.2.5. Análisis de causa efecto para el diagnóstico del proceso.....	79
4.3 Fase III: Resultados del diagnóstico	80

5. Plan de mejoramiento	82
5.1. Metodología del plan de mejoramiento.....	82
Fase I. Presentación de las propuestas de mejora	82
Fase II. Diseño e implementación de las propuestas.....	83
Fase III. Indicadores para el control y seguimiento de las propuestas	83
5.2. Presentación de las propuestas de mejora	83
6. Diseño e implementación de mejoras	86
6.1. propuesta de mejora programa de las 5´s	86
6.1.1. Implementación de la propuesta de mejora.....	87
6.1.2. Resultado de la aplicación de la herramienta de la 5`s	96
6.2 Propuesta de mejora para la gestión de inventarios	97
6.2.1. Pronóstico de demanda	97
6.2.2. Modelo de inventario de periodo fijo con inventario de seguridad (Modelo P)	100
6.2.3. Definición de políticas de inventario	103
6.2.4. Herramienta ofimática para el control de inventario.....	104
6.3. Propuesta de mejora para la reducción de tiempos de alistamiento (SMED).....	105
6.3.1. Identificación de actividades objeto de mejora.....	105
6.3.2. Clasificación de actividades internas y externas	105
6.3.3. Diseño y aplicación de estrategia de mejora	106
6.3.4. Estandarización de actividades de alistamiento de materia prima	107
6.4 Sistema a prueba de errores – Poka Yoke	107
6.4.1. Poka – Yoke para la operación de corte.....	108
6.4.2. Poka – Yoke para la operación de medición	110

6.5 Propuesta de mejora para redistribución de planta.....	112
6.5.1. Flujo de materiales	114
6.5.2. Relación de actividades.....	115
6.5.3. Diagrama de relaciones de actividades	116
6.5.4. Necesidades de espacio	118
6.5.5. Desarrollo de soluciones	119
6.5.6. Evaluación de alternativas.....	121
6.5.7. Selección de la alternativa de redistribución de planta	123
7. Simulación del proceso productivo.....	124
7.1 Planteamiento del problema de simulación.....	124
7.2 Metodología de la simulación	125
7.2.1. Recolección y validación de datos	125
7.2.2. Construcción del modelo de simulación del sistema actual - Escenario 1.....	126
7.2.3. Verificación y validación del modelo	127
7.2.4. Planteamiento y simulación del mejoramiento del proceso - Escenario 2.....	130
7.3. Análisis de resultados.....	134
8. Sistema de indicadores.....	139
8.1. Diseño de indicadores	139
8.1.1. Indicador cumplimiento herramienta de las 5's	140
8.1.2. Indicador control de inventario	141
8.1.3. Indicador de productos defectuosos	142
8.4.4. Indicador de tiempo de alistamiento	143
8.1.5. Indicador de utilización de espacio	143

8.1.6. Porcentaje de utilización de la capacidad.....	144
9. Programa de capacitación	146
9.1. Contenido programa de capacitación	146
10. Conclusiones	149
11. Recomendaciones	151
Referencias bibliográficas	152

Lista de Tablas

Tabla 1. Cumplimiento de objetivos.	19
Tabla 2. Metodología desarrollo del diagnóstico.	40
Tabla 3. Total, de metros lineales de producto fabricados en el año 2018.	54
Tabla 4. Tiempo productivo vs tiempo no productivo.	63
Tabla 5. Suplementos y contingencias	73
Tabla 6. Nivel de inventario año 2018.	76
Tabla 7. Presentación de las propuestas de mejora.	84
Tabla 7. Cronograma implementación propuesta de la herramienta de las 5´s.	87
Tabla 8. Clasificación de elementos de la planta de producción.	89
Tabla 9. Clasificación de las actividades de alistamiento de materia prima.	106
Tabla 10. Distribución de probabilidad para tiempos de operación.	126
Tabla 11. Intervalos de confianza para la capacidad productiva.	128
Tabla 12. Validación del modelo de simulación.	129
Tabla 13. Intervalos de confianza para la capacidad en el modelo del mejoramiento.	131
Tabla 14. Resultados de la simulación para mejoramiento.	133
Tabla 15. Indicadores de gestión para la empresa Prada Alviar Ltda.	139

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación empresa Prada Alviar Ltda.	20
Figura 2. Organigrama de Prada Alviar Ltda.	22
Figura 3. Mapa de procesos Prada Alviar Ltda.	23
Figura 4. Símbolos diagrama de flujo (ASME).	34
Figura 5. Productos fabricados en la planta de producción de la empresa Prada Alviar.	43
Figura 6. Principal materia prima para el proceso productivo.	44
Figura 7. Roladora para el formado de cubiertas.	45
Figura 8. Dobladora para el doblado de láminas.	45
Figura 9. Cortadora ADH para el corte de láminas de acero.	46
Figura 10. Curvadora para el arqueado de láminas.	46
Figura 11. Diagrama de proceso para línea de cubiertas y flush panel.	48
Figura 12. Diagrama de flujo de proceso para línea de remates, caballetes y fleje.	49
Figura 13. Diagrama de recorrido para cada uno de los productos.	52
Figura 14. Diagrama de Pareto, metros lineales procesados 2018.	55
Figura 15. Proporción de la producción por referencias de producto.	56
Figura 16. Diagrama resultados diagnóstico 5` s.	58
Figura 17. Resultados del muestreo.	66
Figura 18. Actividades del tiempo productivo.	66
Figura 19. Causas de tiempo contributivo.	67
Figura 20. Causas del tiempo no contributivo.	68
Figura 21. Causa de detenciones en la producción.	69

Figura 22. Diagrama de Pareto para análisis de despilfarros.	70
Figura 23. Comportamiento inventario vs producción.	78
Figura 24. Diagrama Causa y Efecto de los principales problemas encontrados.	79
Figura 25. Clasificación elementos	88
Figura 26. Área producto terminado	91
Figura 27. Almacenamiento bobinas de cartón.....	92
Figura 28. Almacenamiento de sobrantes de producción.	92
Figura 29. Evidencia jornada de limpieza.....	93
Figura 30. Adecuación punto ecológico.....	94
Figura 31. Tablero para disposición de herramientas.	94
Figura 32. Control visual para clasificación de producto terminado.	95
Figura 33. Resultados implementación 5´s.....	96
Figura 34. Demanda Real VS Pronóstico.	99
Figura 35. Evaluación del error para los pronósticos.....	100
Figura 36. Resultados del modelo P de inventario.....	102
Figura 37. Módulos herramienta ofimática.....	104
Figura 38. Estructura actual para medición en la operación de corte.	108
Figura 39. Diseño de mesa móvil para operación de corte.	109
Figura 40. Procedimiento para marcación de los pliegues.....	110
Figura 41. Guías para el desarrollo de remates y caballetes	111
Figura 42. Tiempos de marcación de pliegues para los desarrollos de remates y caballetes.	112
Figura 43. Esquema general del SLP (Systematic Layout Planning).	113
Figura 44. Diagrama multiproducto.....	114

Figura 45. Producción del 2017 a 2019.	115
Figura 46. Matriz origen – destino de volúmenes.....	116
Figura 47. Calificación de adyacencias para la matriz origen – destino.....	116
Figura 48. Diagrama de relación de actividades.	117
Figura 49. Diagrama relacional de áreas.....	118
Figura 50. Requerimientos de espacio para la distribución de planta.....	119
Figura 51. Evaluación de adyacencias para las alternativas.	122
Figura 52. Calificación de distancias para alternativas.....	123
Figura 53. Interfaz gráfica del escenario 1.....	127
Figura 54. Interfaz gráfica del escenario 2.....	130
Figura 55. Diagrama de capacidad productiva simulación.	134
Figura 56. Diagrama de capacidad de las cubiertas y remates en la simulación.....	135
Figura 57. Diagrama tiempos de flujo de simulación.	136
Figura 58. Diagrama capacidad productiva escenario 1	137
Figura 59. Diagrama capacidad productiva escenario 2.	137
Figura 60. Ficha técnica indicador cumplimiento del programa de las 5´s.....	140
Figura 61. Ficha técnica indicadora de nivel de inventario.	141
Figura 62. Ficha técnica indicador productos defectuosos.	142
Figura 63. Ficha técnica del indicador de tiempo de alistamiento.	143
Figura 64. Ficha técnica del indicador de utilización de espacio.....	144
Figura 65. Ficha técnica del indicador % utilización de la capacidad.	145
Figura 66. Evidencia programa de socialización y capacitación.	147

Lista de Apéndices

Apéndice 1. Información general de la empresa Prada Alviar.....	41
Apéndice 2. Materias primas e insumos.....	44
Apéndice 3. Equipo del proceso productivo.....	44
Apéndice 4. Descripción del proceso productivo.....	47
Apéndice 5. Distribución de planta Prada Alviar.....	50
Apéndice 6. Producción año 2018.....	53
Apéndice 7. Lista de chequeo para herramienta de las 5´s.....	57
Apéndice 8. Evidencia fotográfica estado actual de la planta de producción.....	57
Apéndice 9. Muestreo de trabajo.....	62
Apéndice 10. Estudio de tiempo por cronómetro.....	71
Apéndice 11. Metodología para el desarrollo del programa de las 5´s.....	86
Apéndice 12. Plan de acción para la implementación de las 5`s.....	87
Apéndice 13. Evidencia capacitación de las cinco eses.....	88
Apéndice 14. Formato de chequeo para el programa de las 5´s.....	96
Apéndice 15. Validación de modelo P de inventario.....	101
Apéndice 16. Compras de bobinas de acero años 2017, 2018 y 2019.....	101
Apéndice 17. Producción años 2017, 2018 y 2019.....	101
Apéndice 18. Herramienta ofimática para el control de inventarios.....	104
Apéndice 19. Herramienta ofimática en Excel para el control de inventarios.....	104
Apéndice 20. Manual de procedimiento para el alistamiento.....	107
Apéndice 21. Tiempos para la operación de medición.....	112

Apéndice 22. Alternativas de distribución de planta.....	120
Apéndice 23. Distribución de planta seleccionada.....	123
Apéndice 24. Distribución de probabilidad de tiempos de operación.....	126
Apéndice 25. Simulación escenario 1.....	127
Apéndice 26. Simulación escenario 2.....	130
Apéndice 27. Formato de registro para productos defectuosos.....	142
Apéndice 28. Formato de registro para tiempos de alistamiento.....	143

Resumen

Título: Mejoramiento del proceso productivo de la empresa Prada Alviar Ltda.*

Autor: Johan Alonso Quintero Cruz

Nelson Uriel Traslaviña Cruz**

Palabras Clave: Mejoramiento, procesos, productividad, Lean Manufacturing, diagnóstico, simulación, factibilidad, indicador.

Descripción. El propósito de este proyecto es el diseño y la implementación de un plan de mejoramiento para el proceso productivo de la empresa Prada Alviar basados en la filosofía Lean Manufacturing cuyo fin es aumentar la productividad por medio del cambio en la cultura de la empresa, la reorganización y optimización de las actividades del proceso.

En consecuencia, de lo anterior, en una primera estancia se realizó una inducción general al proceso productivo y al conjunto de actividades que se desarrollan en la empresa donde se reúne información primaria a partir de entrevistar al personal de la empresa, tanto a directivos como operarios que están involucrados diariamente con las actividades del proceso productivo. Posteriormente se realiza el diagnóstico del estado actual del proceso, el cual está respaldado por datos cuantitativos y cualitativos obtenidos mediante observación directa al proceso. El diagnóstico presenta información sobre la productividad en el área de producción y además se establecen las oportunidades de mejora identificadas.

Una vez identificadas las oportunidades de mejora, se realizó el diseño de las propuestas las cuales se enfocan en el aumento de la productividad a partir del orden y limpieza de la planta, distribución de espacios, sistema a prueba de errores y gestión de inventarios. Posteriormente se validaron las propuestas de mejora a partir de una simulación en el software Flexsim y fueron presentadas a la gerencia de la empresa con lo cual se procedió a realizar la implementación únicamente de las propuestas que fueron aprobadas.

Por último, se realizó el diseño y seguimiento de indicadores de gestión con los que se pudo evidenciar el cambio en la productividad y el impacto generado por el mejoramiento realizado al proceso productivo de la empresa Prada Alviar.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: MBA. Fabio Adolfo Velasco Sossa. Tutor: James Zafra Bautista

Abstract

Title: Improvement of the production process of the company Prada Alviar Ltda. *

Author: Johan Alonso Quintero Cruz

Nelson Uriel Traslaviña Cruz **

Keywords: Improvement, processes, productivity, Lean Manufacturing, diagnosis, simulation, feasibility, indicator.

Description: The purpose of this project is the design and implementation of an improvement plan for the production process of the Prada Alviar company based on the Lean Manufacturing philosophy, the purpose of which is to increase productivity by changing the company culture, the reorganization and optimization of process activities.

Consequently, from the above, in a first stay, a general induction was made to the production process and to the set of activities that take place in the company where primary information is gathered through of the company's personnel, both managers and operators who they are involved daily with the activities of the production process. Subsequently, the current state of the process is diagnosed, which is supported by quantitative and qualitative data obtained through direct observation of the process. The diagnosis presents information on productivity in the production area and also identifies the opportunities for improvement identified.

Once the improvement opportunities were identified, the improvement proposals were designed, which focus on increasing productivity mainly from the order and cleanliness of the plant, distribution of spaces, safe-proof system and inventory management. Subsequently, the improvement proposals were validated from a simulation in the Flexsim software and were presented to the management of the company, which proceeded to carry out the implementation of only the proposals that were approved.

Finally, the design and monitoring of management indicators was carried out with which it was possible to demonstrate the change in productivity and the impact generated by the improvement made to the production process of the Prada Alviar company.

* Degree project.

** Physical – Mechanical engineering Faculty. School of Industrial and Business Studies. Director: MBA. Fabio Adolfo Velasco Sossa. Tutor: James Zafra Bautista.

Introducción

La globalización de la economía trae consigo la participación de un gran número de empresas en cada uno de los sectores, pero también es claro que las necesidades de los clientes requieren constantemente cambios por lo que las organizaciones necesitan contar con procesos que permitan satisfacer las necesidades de cada uno de ellos, por lo cual es necesario indagar si los métodos empleados por las empresas son los ideales para poder responder a los cambios recurrentes y continuos del mercado.

En Colombia, la industria metalmeccánica es un sector que ha venido creciendo y tomando relevancia en la economía nacional, llegando a ser desde el año 2016 uno de los sectores objetivo del programa de transformación productiva (PTP) del ministerio de comercio, industria y turismo, el cual tiene como propósito fomentar el crecimiento, la productividad y la competitividad de 12 sectores estratégicos de la economía nacional (Ministerio de comercio, industria y turismo, 2017). En el informe sectorial de la cámara de comercio de Bucaramanga, el sector metalmeccánico tiene una participación del 3.2% de la industria del departamento y la industria santandereana representa el 2,5 % del PIB a nivel nacional, consolidándose en el décimo puesto entre catorce departamentos (Cámara de Comercio de Bucaramanga, 2019). El sector se caracteriza por su presencia en diversas actividades económicas claves de la región como la agroindustria, transporte, energía, minería, hidrocarburos, salud, construcción, entre otros.

La empresa Prada Alviar pertenece al sector metalmecánico, se dedica a la fabricación de productos empleados en el sector de la construcción, esta empresa ofrece productos que satisfacen cada una de las necesidades de sus clientes, por tal motivo ha optado por buscar alternativas que estén encaminadas a crear procesos y métodos capaces de dar respuesta a la demanda a través del uso de la filosofía Lean Manufacturing la cual está compuesta de una serie de herramientas utilizadas en la ingeniería industrial, cuya aplicación permite atacar las falencias y fortalecer la ejecución de las actividades que intervienen en el desarrollo del proceso productivo generando un impacto positivo en los índices de productividad de la empresa.

Inicialmente se realiza un diagnóstico general al proceso productivo de la empresa, por medio de herramientas como estudio de trabajo, análisis de despilfarros, análisis de capacidad y análisis de la gestión de inventarios con las cuales se identifican las falencias presentes y se establece el punto de partida para el mejoramiento. Posteriormente se realiza el planteamiento de mejoras para el proceso productivo que permitan dar solución a los problemas encontrados con el propósito de tener procesos eficientes y capaces de responder a la demanda de los clientes, además se diseñan indicadores de seguimiento que permiten medir el desempeño de cada una de las soluciones planteadas.

Finalmente se implementan las mejoras y se realizan capacitaciones al personal de la planta de producción con el objetivo de garantizar la aplicación y el seguimiento a las propuestas realizadas para la empresa Prada Alviar que contribuirán en el mejoramiento de la productividad.

Cumplimiento de objetivos**Tabla 1***Cumplimiento de objetivos.*

OBJETIVOS PROPUESTOS	CAPITULO REFERENCIADO
Realizar un análisis diagnóstico que permita visualizar la situación actual del proceso productivo de la empresa Prada Alviar Ltda.	Capítulo 4
Formular un plan de mejoramiento para el proceso productivo a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico.	Capítulo 5
Evaluar las propuestas de mejora mediante la simulación de diferentes escenarios, teniendo en cuenta las variables de capacidad de producción y tiempo de flujo del proceso productivo.	Capítulo 7
Implementar las propuestas de mejora aprobadas por la gerencia de la empresa Prada Alviar Ltda, que puedan ser desarrolladas en el corto plazo para el proceso productivo.	Capítulo 6
Diseñar e implementar un sistema de indicadores que permita el seguimiento y la medición de la eficacia de las propuestas implementadas en el sistema productivo de la empresa Prada Alviar Ltda.	Capítulo 8
Desarrollar un programa de capacitación para la socialización con los directivos y el personal acerca de las mejoras y los cambios planteados en la empresa.	Capítulo 9

1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

1.1 Identificación de la empresa

Prada Alviar es una empresa santandereana con una trayectoria de más de 20 años, especializada en la comercialización, diseño, fabricación e instalación de cubiertas y fachadas para todo tipo de proyecto. Cuenta con un departamento de ingeniería y arquitectura en donde expertos realizan el diseño, acompañamiento y asesoría con el fin de buscar la mejor alternativa que permita cumplir con las exigencias del cliente.

1.2 Localización planta física

La empresa Prada Alviar cuenta con instalaciones ubicadas en la ciudad de Bucaramanga en Cra. 18 # 46 – 103 donde se encuentra el área comercial y en la calle 59 #16e-2, Girón Santander donde se encuentra ubicada la planta de producción como se aprecia en la Figura 3. La planta cuenta con un espacio total de 492 m² en los cuales se desarrollan operaciones tanto de producción como administrativas.

Figura 1

Ubicación empresa Prada Alviar Ltda.



Nota. Tomado de Google Maps. <https://www.google.com/maps>.

1.3 Misión

“Estamos encaminados a encontrar soluciones óptimas que garanticen resultados de calidad para nuestros clientes, mediante nuestra transparencia de servicio y gestión. Nos centramos en la excelencia y trabajamos constantemente para mantenernos como una alternativa especializada.”

1.4 Visión

“Ser reconocidos como el mejor aliado de los clientes y proveedores en la comercialización, fabricación e instalación de estructuras metálicas, cubiertas y fachadas; asesorándolos siempre para encontrar las soluciones más efectivas. Esto lo conseguiremos con respeto, confianza, conocimiento y experiencia.”

1.5 Valores corporativos

Excelencia: “Trabajamos constantemente para obtener los mejores resultados basados en los más altos estándares de calidad. Esto lo conseguimos a través del mejoramiento continuo en cada uno de nuestros procesos.”.

Honestidad: “Realizamos todas nuestras actividades con transparencia y rectitud, nos ponemos en los zapatos del cliente para brindarles siempre la mejor solución. ¡No les ofrecemos lo que buscan, sino justo lo que necesitan!”.

Responsabilidad: “Nos comprometemos con el trabajo para respaldar y cumplirle a nuestra organización, proveedores y clientes. Además, nos actualizamos en los diferentes procesos y materiales para contribuir al medio ambiente.”.

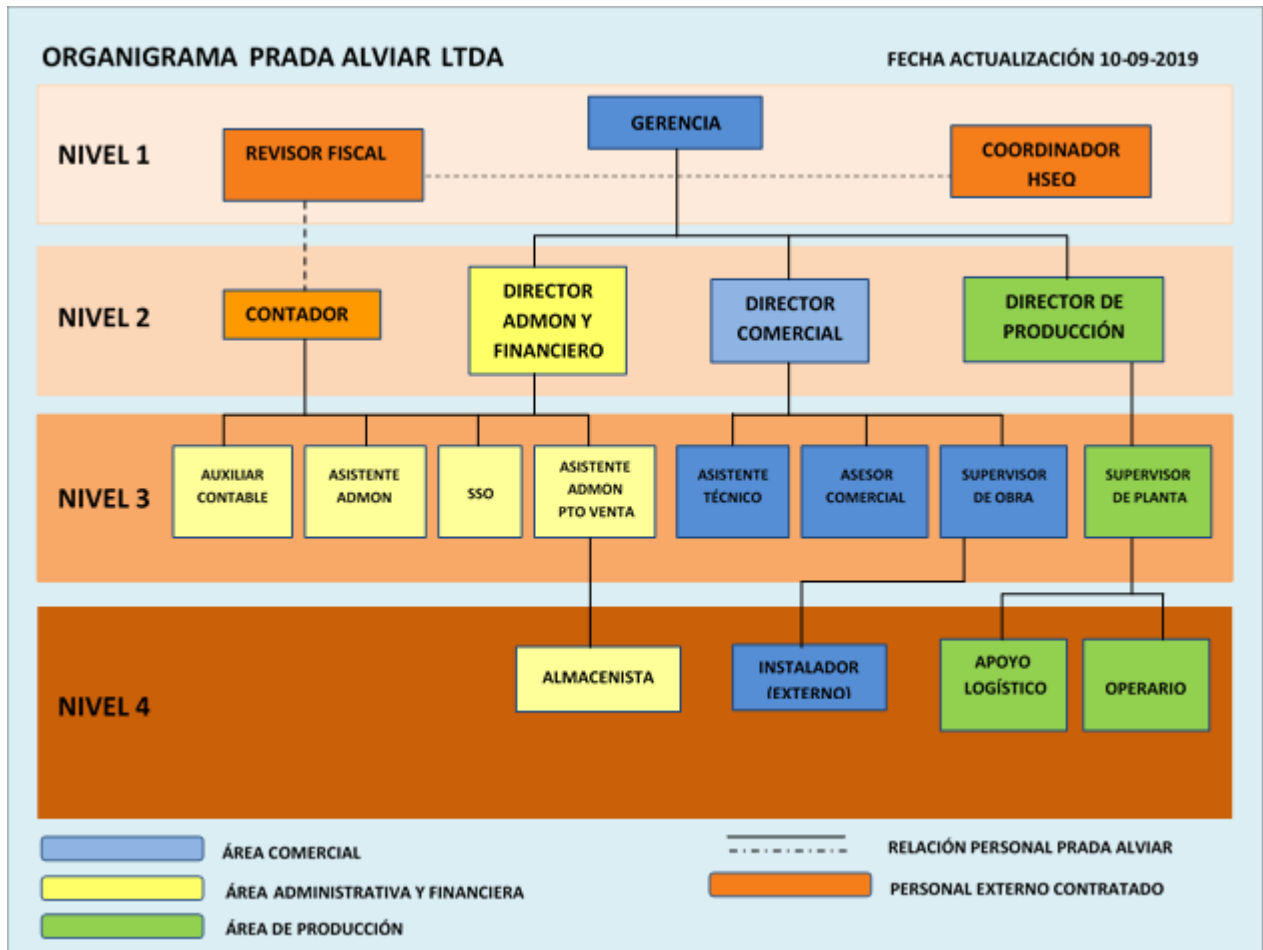
Trabajo en equipo: “Con el conocimiento y habilidades de todo nuestro equipo de trabajo cumplimos con las metas y objetivos de la compañía.”.

1.6 Estructura organizacional

Prada Alviar cuenta con 30 empleados, de los cuales, 10 están asignados directamente al área de producción, los demás se encuentran ocupando las demás áreas de la empresa. A continuación, se presenta el organigrama donde se muestran los diferentes cargos existentes en las distintas áreas de la empresa.

Figura 2

Organigrama de Prada Alviar Ltda.



Nota. Tomado de la empresa Prada Alviar Ltda.

1.7 Mapa de procesos

Prada Alviar maneja un mapa de procesos como se observa en la Figura 2, en el cual tiene definido los procesos estratégicos conformado por: gestión gerencial y gestión integral; los procesos misionales en los que se encuentra: gestión comercial, gestión de producción y la gestión de instalación y finalmente los procesos de apoyo conformado por: gestión administrativa y financiera y la gestión de compras y logística. Cada uno de estos procesos están enfocados en conseguir los más altos estándares de calidad para cumplir con los requerimientos exigidos por sus clientes.

Figura 3

Mapa de procesos Prada Alviar Ltda.



Nota. Tomado de la empresa Prada Alviar Ltda.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un plan de mejoramiento del proceso productivo para la empresa Prada Alviar Ltda. basados en la filosofía Lean Manufacturing, que permita mejorar la productividad de la empresa.

2.2 Objetivo específicos

Realizar un análisis diagnóstico que permita visualizar la situación actual del proceso productivo de la empresa Prada Alviar Ltda.

Formular un plan de mejoramiento para el proceso productivo a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico.

Evaluar las propuestas de mejora mediante la simulación de diferentes escenarios, teniendo en cuenta las variables de capacidad de producción y tiempo de flujo del proceso productivo.

Implementar las propuestas de mejora aprobadas por la gerencia de la empresa Prada Alviar Ltda., que puedan ser desarrolladas en el corto plazo para el proceso productivo.

Diseñar e implementar un sistema de indicadores que permita el seguimiento y la medición de la eficacia de las propuestas implementadas en el sistema productivo de la empresa Prada Alviar Ltda.

Desarrollar un programa de capacitación para la socialización con los directivos y el personal acerca de las mejoras y los cambios planteados en la empresa.

2.3 Planteamiento del problema

Prada Alviar Ltda. es una empresa con más de 20 años en el mercado, se dedica a la comercialización y distribución de materiales de construcción liviana y a la fabricación de cubiertas, fachadas y estructuras metálicas. Esta empresa tiene como objetivo posicionarse y ser reconocida a nivel nacional como la mejor opción en la comercialización y fabricación de estructuras metálicas, cubiertas y fachadas. No obstante, la gerencia ha notado una serie de fallas en la planta que afectan directamente la productividad de la empresa y los objetivos a corto, mediano y largo plazo.

La estructura actual del proceso está limitada por la ausencia en el control y planificación de la producción lo cual se evidencia en el desconocimiento de la capacidad productiva, la inexistencia de pronósticos de demanda, control de inventarios y gestión de compras de materiales ocasionando el sobreabastecimiento de existencias que ocupan un espacio de 172,9 metros cuadrados correspondientes al 32% del espacio disponible en la planta de producción.

El estado actual de la planta de producción y el flujo del proceso productivo generan congestión en las diferentes áreas de trabajo generando pérdidas de tiempo de cerca del 17% de la jornada laboral en largos desplazamientos para el desarrollo de las operaciones, transporte de materiales y búsqueda de herramientas lo cual es causa de la baja eficiencia en el proceso de la empresa Prada Alviar Ltda.

Por las razones mencionadas anteriormente la empresa Prada Alviar Ltda. requiere de un plan de mejoramiento del proceso productivo basado en la filosofía Lean Manufacturing que permita alcanzar las metas establecidas en el corto plazo, aumentando la productividad e impactando de manera positiva los resultados económicos de la organización.

2.4 Metodología

El proyecto que se realizó para el mejoramiento del proceso productivo de la empresa Prada Alviar Ltda. implica realizar un diagnóstico inicial, plantear una serie de mejoras, crear un sistema de indicadores, realizar capacitación y socialización al personal. Para el desarrollo del proyecto se lleva a cabo las siguientes fases:

Fase I: Acercamiento a la empresa

Esta fase consiste en realizar el primer acercamiento de la empresa Prada Alviar por medio de entrevistas al personal y visitas a la planta, en la que se procede a conocer los mercados que está atendiendo, proveedores que maneja, productos ofrecidos, ventas y demás aspectos relacionados con el área de producción como personal, maquinaria usada y en general entender de forma macro el funcionamiento de la empresa.

Fase II: Construcción del diagnóstico del proyecto

Para la construcción del diagnóstico se procede a realizar un análisis bibliográfico para indagar sobre metodologías que nos permita obtener y recolectar la información de la situación actual de la empresa y del estado en que se encuentra el proceso productivo, una vez identificada las herramientas de las cuales se hará uso para este fin se procederá a plantear el diagnóstico en el que se usaran herramientas como los diagramas de flujo, diagramas de recorrido, análisis al diseño y distribución de planta, análisis de despilfarros, estudio de trabajo.

Fase III: Plan de mejoramiento

Con base a los hallazgos obtenidos en la fase II se procede a proponer o plantear una serie de alternativas que permitan dar solución a los problemas encontrados en la empresa, elaborando un plan de acción y definiendo métodos y herramientas que permitan la ejecución de las mejoras planteadas.

Fase IV: Simulación del sistema productivo

La simulación del sistema productivo se lleva a cabo a partir de 3 etapas fundamentales, inicialmente se realiza la conceptualización del proceso en la cual se conoce el problema a estudiar, se establecen los objetivos de la simulación y se esquematiza el modelo deseado. En una segunda etapa se realiza la recolección de datos, se desarrolla gráficamente el modelo del sistema productivo y se realiza su validación de tal manera que tenga similitud con el modelo real, por último, en la tercera etapa se realiza la experimentación del modelo y un análisis de los resultados obtenidos.

Fase V: Implementación del plan de mejoramiento

Una vez definido el plan de mejoramiento se inicia la ejecución de este según las mejoras aprobadas por la directiva para su implementación, dichas propuestas de mejora se plantean de acuerdo con el orden que mantienen los objetivos del proyecto.

Fase VI: Formulación de indicadores de seguimiento

Para determinar el impacto de las mejoras dentro de la empresa se plantean indicadores que nos permitan evaluar, controlar y dar seguimiento a las mejoras y acciones que se aborden dentro de la empresa.

Fase VII: Socialización y capacitación

Para la fase de socialización y capacitación se realizará la gestión con la directiva para establecer los horarios que serán asignados para esta, además se elaborará material de apoyo que brinde ayuda a la hora de exponer a los directivos y operarios las soluciones planteadas a los problemas encontrados en la empresa.

Fase VIII: Presentación de resultados

Una vez concluidas las actividades propuestas para el desarrollo del proyecto se realizará un análisis que permita realizar un contraste entre resultados obtenidos y los objetivos propuestos a fin de verificar el cumplimiento de cada uno de ellos.

3. MARCO DE REFERENCIA

La revisión literaria que se realizó permitió conocer e indagar acerca de las bases que servirán como guía para la elaboración del proyecto, el objeto de esta revisión se fundamenta en identificar las herramientas y metodologías de las cuales se podrá hacer uso para el desarrollo del proyecto, el cual está enfocado en el mejoramiento del proceso productivo de la empresa Prada Alviar Ltda.

3.1 Marco de antecedentes

El continuo cambio y las exigencias del mercado ha obligado a las empresas a realizar constantes reformas en su estructura organizativa buscando generar ventajas competitivas que les permita hacerse sostenibles y permanecer en el tiempo, por esta razón las organizaciones buscan constantemente mecanismos generadores de productividad y eficiencia, además buscan diferenciarse y responder activamente a las exigencias del mercado, por lo tal razón optan por mejorar sus procesos a partir de estrategias de producción que les provea flexibilidad para responder a los cambios de la demanda, alta calidad y sobre todo innovación (Pedraza, 2010).

Después de la revisión de diferentes trabajos de grado realizados en la universidad de Santander enfocados en el campo del mejoramiento de los procesos empresariales, se observó que una solución para alcanzar un mejor nivel productivo se encuentra en la intervención de la organización a partir de mejoramiento de los procesos internos el cual comienza con un diagnóstico general de la empresa este se realiza a través de visitas *in situ* donde se aprecia de forma directa el funcionamiento de la organización. Además, se realizan entrevistas a directivos

y empleados para conocer inquietudes acerca de los diferentes aspectos que afectan directamente la productividad de la empresa (Castellanos, 2008; Ardila, 2017; Peña, 2015 & Gómez, 2018). A partir del diagnóstico se conocen las características y particularidades de la empresa, teniendo así una manera de abordar las problemáticas presentes en la organización.

Los principales problemas presentados en las empresas están relacionados con la distribución de planta, paradas no planificadas, manejo de inventarios, programación de la producción lo cual causa desperdicios de materiales, tiempo improductivo de la jornada laboral y retrasos en el cumplimiento de la entrega de pedidos (Castellanos, 2008; Ardila, 2017; Peña, 2015 & Gómez, 2018).

Luego de conocer el problema, sus particularidades y el contexto en el que se desarrolla, se procede a formular un plan de mejoramiento. Con el fin de eliminar los desperdicios presentes en la empresa TESICOL, se propuso como manera idónea la implementación del sistema de producción “Toyota” el cual supone “producir lo que se necesite, cuando se necesite y en las cantidades necesarias”, además, la implementación de las 5’s permitió la reducción de los desperdicios, dar orden y limpieza a la planta de producción (Castellano Patiño, 2008).

En la empresa Metálicas García, con el fin de eliminar el problema de las paradas no planificadas en la producción causada por fallas en la maquinaria, se diseñó un programa de mantenimiento preventivo y correctivo mediante la utilización de formatos donde se establece la frecuencia, fases y detalles de mantenimiento para cada máquina en específico. Luego de cinco meses de implementado el plan de mantenimiento, se logró reducir las pérdidas de tiempo de 2,5 horas, a no tener desperdicios por paradas no planificadas (Peña Cepeda, 2012).

El desarrollo e implementación de herramientas ofimáticas provee a las empresas soluciones a corto plazo, pero de largo alcance, es una solución rápida y factible dada la disponibilidad de

tiempo y recursos económicos que por lo general poseen las pequeñas empresas. En la empresa la PARED, se desarrolló una herramienta ofimática mediante el uso de macros de Excel, la cual se establece como un sistema para el almacenamiento y administración de la información. Esta herramienta permitió gestionar de manera correcta los inventarios de producto terminado, a su vez, sirvió de apoyo al proceso de facturación y al control sobre el cumplimiento de las entregas de productos (Ardila Sanabria, 2017). En la empresa muebles Bremen, para la planificación, control y análisis de la producción se desarrolló una herramienta ofimática utilizando tablas de Excel la cual permitió gestionar desde ordenes de producción hasta indicadores de eficiencia y eficacia, ofreciendo como resultado final, un informe de seguimiento de la producción (Gómez Santos, 2018). En efecto, la revisión literaria mencionada anteriormente nos presenta el panorama general del proceso de mejoramiento de la productividad en las pequeñas y medianas empresas, exponiendo brevemente las principales problemáticas encontradas, y la forma en cómo se abordan las mismas a partir de propuestas de mejora realizadas desde un enfoque de formación de un ingeniero industrial, encontrando en común la implementación de metodologías establecidas que son caso de éxito en las grandes empresas, y herramientas cualitativas y cuantitativas que se ajustan al contexto de la organización objeto de mejora. Existe un vacío en la utilización de software especializado para la simulación de escenarios que permita orientar la toma de decisiones, por lo cual, el presente trabajo abarca dentro del mejoramiento productivo una componente de simulación apoyada en el software especializado con la que se busca respaldar las propuestas de mejora y a su vez contribuir con conocimientos experimentales a futuros trabajos de grado relacionados con el área de producción.

3.2 Marco teórico

El estudio de los procesos empresariales sugiere un cambio a nivel global de la organización en la cual se busca el aumento de la productividad a partir de la implementación de un conjunto de bases teóricas como filosofías, técnicas y herramientas para ser llevadas a un contexto pragmático. En este orden de ideas, el presente marco teórico permite identificar los fundamentos teóricos que soportan un plan de mejoramiento del proceso productivo empresarial partiendo del análisis de procesos a través de la utilización de elementos como lo son los diagramas que permiten profundizar en la forma en cómo se ejecuta el proceso y la distribución de los medios industriales de la planta. A su vez, el marco teórico nos presenta un recorrido conceptual de lo que es la filosofía Lean Manufacturing la cual engloba la forma de abarcar el plan de mejoramiento a través de sus herramientas como lo son el sistema Kanban, las 5's, sistema a prueba de errores y el sistema Smed. Por último, presenta los conceptos relacionados con el estudio del trabajo los cuales comprenden el estudio de métodos, muestreo del trabajo y estudio de tiempos los cuales tienen como finalidad determinar la capacidad productiva de la organización.

3.2.1 Mejoramiento de los procesos

Las organizaciones buscan contar con proceso eficaces y eficientes que permitan hacer frente a las fluctuaciones que se presentan en los mercados por lo que es indispensable contar con una cultura organizacional enfocada en la mejora continua. El objetivo de las empresas con la implementación del mejoramiento de los procesos es permitir que las organizaciones tengan procesos capaces de eliminar errores, minimizar las demoras, maximizar el uso de los activos,

fáciles de ejecutar, enfocados en el cliente y que logren adaptarse a las necesidades de la organización logrando a su vez generar una ventaja competitiva (Harrington, 1992).

3.2.2. Análisis de procesos

El análisis de procesos implica una revisión extensa y detallada acompañada de una documentación estructurada que facilita la comprensión de la forma en cómo se ejecuta el trabajo que se realiza en una organización identificando como este se realiza y como puede aplicarse el rediseño a cada uno de los procesos involucrados en la actividad productiva de una empresa. A menudo, cuando se realiza los análisis de los procesos se enfatiza en las áreas de operaciones y ventas ya que estas se relacionan directamente con los procesos misionales de la organización. Sin embargo, los demás procesos como la parte financiera, contabilidad y recursos humanos mantienen alto grado de importancia y contribuyen con el éxito de toda la organización (Krajewski & Ritzman, 2008). Por tanto, para realizar un análisis de procesos se plantean seis pasos: identificar oportunidades, definir el alcance, documentar el proceso, evaluar el desempeño, rediseño del proceso e implementar los cambios.

3.2.3. Herramientas de análisis




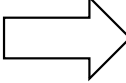


En el estudio de los procesos hay herramientas que permiten la recolección de información para su posterior análisis, estas permiten entender de una forma sencilla los procesos e identificar posibles falencias que estos presentan. Algunas de las herramientas que encontramos son las siguientes:

3.2.3.1. Diagrama de flujo de proceso. Es la representación gráfica de un proceso o sistema mediante el uso de símbolos que se encuentran interconectados. Dicha simbología permite representar el flujo del proceso dentro de la planta de producción teniendo en cuenta el movimiento de las materias primas, maquinaria, equipo, productos y operarios. Los diagramas de flujo permiten entender, analizar y comunicar un proceso (Render & Heizer, 2007), además son útiles a la hora de identificar elementos ocultos que no generan valor al producto entre las que se encuentran recorridos innecesarios, paradas no planificadas y almacenamientos temporales (Niegel & Freivalds, 2009).

Los símbolos usados en la representación de los diagramas de proceso se encuentran estandarizados y regulados por la ASME (American Society of Mechanical Engineers), estos se muestran en la siguiente figura:

Figura 4

Símbolos diagrama de flujo (ASME).

SÍMBOLO	REPRESENTA
	Origen
	Operación
	Inspección
	Transporte
	Demora
	Almacenamiento

3.2.3.2. Diagrama de recorrido. Es la caracterización gráfica de las instalaciones de la planta, permite representar la ubicación de cada una de las actividades que se tiene en el diagrama de flujo del proceso relacionándolas por medio de líneas que indican el movimiento o transporte que se efectúa dentro de las instalaciones del lugar donde se ejecuta el proceso (Niegel & Freivalds, 2009).

El diagrama de recorrido es el complemento ideal para los diagramas de flujo de proceso ya que permitirá identificar posibles áreas que estén congestionadas, avances o retrocesos que presente el proceso y facilitará la configuración de planta.

3.2.3.3. Diagrama de Pareto. El diagrama de Pareto es una herramienta de diagnóstico que permite organizar la frecuencia de una serie de datos en forma descendente. El diagrama de Pareto nos permite identificar y priorizar errores, problemas o defectos que requieren una intervención para el mejoramiento de los procesos; esta herramienta supone que el 80% de los problemas presentes en una organización son el resultado del 20% de las causas (Render & Heizer, 2007).

3.2.4. Lean Manufacturing

Es una filosofía de trabajo fundamentada en una manufactura esbelta la cual busca eliminar cualquier tipo de desperdicio que pueda ser generado en una empresa en el momento de la ejecución de su actividad económica, entendiendo como desperdicios, cualquier actividad o proceso que utiliza más recursos de los necesarios o que no añade valor al producto. Por lo general, los desperdicios están relacionados con la sobreproducción, los tiempos de espera, reprocesos, exceso de inventario, movimientos innecesarios y defectos en los productos.

La filosofía Lean busca generar cambios a nivel organizacional, en efecto, para alcanzar sus objetivos implementa un conjunto de técnicas y herramientas estructuradas y sistematizadas que cubren la totalidad de los procesos relacionados con el área de producción; dentro de ellos encontramos la distribución de planta, flujo interno de producción, gestión de la cadena de suministro y de la calidad (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

El pensamiento Lean, propone cinco principios básicos que se deben tener en cuenta a la hora de la implementación (Jones & Womack, 2012); especificar con precisión el concepto de valor para cada producto, analizar el flujo de valor, permitir el flujo continuo del valor, atraer al cliente y mejora continua.

Cabe destacar que el Lean Manufacturing se logra con disciplina y constancia, debe ser un trabajo mancomunado de toda la organización, desde el nivel más alto, hasta el más bajo de la estructura organizacional. “El pensamiento Lean evoluciona permanentemente como consecuencia del aprendizaje que se va adquiriendo sobre la implementación y adaptación de las diferentes técnicas a los distintos entornos industriales e incluso de servicios” (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013, p. 11). Para lograr sus objetivos, el Lean Manufacturing hace uso de varias herramientas entre las que encontramos:

3.2.4.1. Metodología de las 5's. La práctica de las 5's es una de las técnicas de la producción de la manufactura esbelta. Dentro de las organizaciones su implementación es de vital importancia ya que a través de generar orden y aseo en el espacio de trabajo persigue tres objetivos esenciales en cualquier área de trabajo mejorar la productividad, seguridad industrial y la calidad; debe ser el primer paso dentro de un programa de mejoramiento productivo de cualquier empresa sin importar si es de manufactura o servicios.

A pesar de que una empresa ordenada y limpia permite aumentar la productividad, la implementación de la técnica no es tarea fácil. “Para que una empresa mejore su productividad no sólo debe capacitar a su personal, también debe sensibilizar a su gente para minimizar la resistencia al cambio” (Ortiz Pimiento, 2014, p. 88).

Como lo menciona Ortiz Pimiento (2014), la implementación de las 5's responde a cinco pautas que ayudan a mantener en orden el área de trabajo. Se hace referencia a 5 palabras en japonés:

Seiri (Despejar): Consiste en eliminar del puesto de trabajo los elementos diferentes a los necesarios para llevar a cabo las operaciones que allí se realizan. Implica una clasificación detallada de los elementos de acuerdo con la frecuencia de uso facilitando así la toma de decisiones.

Seiton (Orden): Consiste en organizar aquellos elementos necesarios en el puesto de trabajo de manera que se facilite su ubicación, utilización y devolución. Seiton sugiere la creación de un sistema que permita acceder fácilmente a los elementos de cada puesto de trabajo, esto permite economizar tiempo y disminuir el cansancio físico.

Seiso (Limpieza): Consiste en mantener pulcros y limpios los puestos de trabajo, pasillos y demás áreas de la empresa. La limpieza debe ser responsabilidad de todas las personas independiente del cargo que posea y se debe acompañar con el hábito de no ensuciar o hacerlo en la menor medida posible. Esta pauta incluye dos aspectos importantes: en primer lugar “el mantenimiento de las máquinas y equipos” y en segundo lugar “el diseño de dispositivos para evitar la suciedad” (Ortiz Pimiento, 2014, p. 89).

Seiketsu (Estado de cumplimiento): Las tres primeras eses son *operativas*, ya que al ejecutarlas se puede apreciar de forma visible la práctica de las 5's, no obstante, las dos últimas

aseguran que la ejecución sea efectiva. La pauta actual consiste en la verificación, el seguimiento y la estandarización de las tres pautas anteriores que son las ese operativas por medio de la estandarización de las actividades de trabajo con el fin de prevenir la reaparición del desorden y la suciedad.

Shitsuke (Disciplina): Consiste en hacer de la técnica de las 5's un hábito que pueda hacer parte de la cultura de la organización. Esto se logra generando un ambiente laboral adecuado, que además de otorgar responsabilidades a las personas, permita tener iniciativas reconocida por la dirección de la empresa.

3.2.4.2. Sistema Kanban. Es un sistema utilizado en la producción el cual busca garantizar el flujo continuo de material a partir de tarjetas con información de la orden a producir (Monden, 1996). Es un instrumento que permite controlar la producción según los parámetros del justo a tiempo (JIT), es decir, producir las cantidades necesarias, en el momento correcto bajo especificaciones preestablecidas.

3.2.4.3. Smed. También conocido como cambio de herramienta en un minuto, esta herramienta busca eliminar o reducir el tiempo perdido en el alistamiento, cambio de referencia y el tiempo de mantenimiento de maquinaria en el momento en que se está llevando a cabo la producción (Shingo, 1985). El Smed se establece como una ventaja competitiva para las organizaciones que lo poseen, ya que se busca corregir desde un primer instante las pérdidas de tiempo en preparación o alistamiento de maquinaria generando la capacidad de respuesta a los cambios repentinos en la producción. Es un elemento fundamental para conseguir una empresa de manufactura flexible (Tejeda, 2011).

3.2.5. Simulación

La simulación se realiza con el fin de obtener un panorama general del sistema de una organización logrando el desarrollo de nuevas interacciones entre operaciones, recursos y diferentes elementos, permitiendo realizar una evaluación detallada de datos del proceso que son convertidos en información, sin perturbar el sistema real (Rodríguez Alvarado, Loyo Quijada, López Ontiveros, & González Sosa, 2018).

En el contexto de la manufactura, los métodos de simulación y modelos de optimización han sido reconocidos como una solución viable, adaptable a procesos productivos que son influenciados de forma amplia por la incertidumbre de la demanda, además, la simulación comprende un método de análisis previo basado en la dinámica de sistemas productivos que facilita la toma de decisiones por lo cual, es ampliamente utilizada en la actualidad en el análisis y evaluación de los sistemas de manufactura (Sánchez, Ceballos, & Sánchez Torres, 2014).

4. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

El diagnóstico presenta el panorama de la situación actual de la empresa con respecto a los factores que afectan la productividad entre los que se encuentran el estado y orden de la planta de producción, los despilfarros presentes en el proceso productivo, incorrecta gestión y planificación de la producción, capacidad productiva de la planta, inventarios, fuerza laboral y la calidad (Schroeder, 1997). Por consiguiente, para abordar el diagnóstico se desarrolla bajo la siguiente estructura metodológica:

Tabla 2

Metodología desarrollo del diagnóstico.

Metodología para el desarrollo del diagnóstico	
Fase I: Recolección de la información.	Información del proceso. Planificación de la producción. Planta de producción.
Fase II: Análisis y organización de la información.	Estado de orden y aseo en la planta Despilfarros Capacidad productiva Inventarios
Fase III: Resultados del diagnóstico.	Hallazgos del diagnóstico

4.1 Fase I: Recolección de la información

En la fase I se inicia la recolección de la información a través de mecanismos que permitan obtener información del comportamiento de la empresa. En primer lugar, se utilizan herramientas de recolección de información cualitativa que se aplican por medio de entrevistas a directivos y personal que labora en la planta de producción. En segundo lugar, se utiliza la observación directa, para ello se realizan recorridos dentro de la planta de producción con lo cual se observa directamente el proceso productivo y se aplican herramientas propias de la ingeniería industrial como las 5's, diagramas de flujo de proceso, diagramas de recorrido y distribución de planta, lo cual permite obtener información del proceso para su posterior análisis.

4.1.1. Acercamiento a la empresa

Para realizar un primer acercamiento a la empresa se realizó un proceso de recolección de la información el cual se abordó por medio de entrevistas a personal y directivos. Se programaron reuniones con directivos, administrativos y operarios de la empresa a fin de realizar un primer acercamiento para indagar sobre el funcionamiento de la organización. El objetivo principal de las entrevistas fue realizar una revisión general del cumplimiento de la empresa con respecto a los factores que inciden en la productividad de la organización. En las entrevistas se indaga sobre 5 criterios con los cuales se busca identificar el cumplimiento de la empresa con respecto a los aspectos relacionados con nivel organizativo, procesos, sistema de calidad, cumplimientos de normas ambientales, seguridad y salud en el trabajo. En el Apéndice 1 se evidencian los hallazgos de las visitas y entrevistas con el personal y directivos de la empresa.


4.1.2. Información general del proceso

Para obtener información acerca del proceso productivo se utilizó como instrumento de recolección, la observación directa para lo cual, se procedió a realizar visitas a la planta de producción con el fin de poder observar el proceso de elaboración de cada uno de los productos. A partir de las observaciones se registra los aspectos relacionados con la capacidad técnica de la planta como los recursos de maquinaria, equipo y talento humano, además de aspectos relacionados con el orden, aseo y clima laboral.

4.1.2.1. Productos. La empresa Prada Alviar cuenta con un portafolio de productos para la construcción los cuales son fabricados a partir de láminas metálicas que componen su principal materia prima para la elaboración del producto final. Cabe resaltar que la empresa maneja una gama de colores para cada uno de sus productos, siendo este un aspecto irrelevante ya que no modifica la ejecución del proceso de producción independientemente del tipo de producto que se fabrique, solo es una especificación de acuerdo con la disposición final y características que el cliente o la geometría de la construcción demanda. En la Figura 5 se muestran los productos fabricados en la planta de producción de la empresa.

Figura 5

Productos fabricados en la planta de producción de la empresa Prada Alviar.


PRODUCTO	REFERENCIA	IMAGEN
Cubiertas	DSS 500mm DSS 300mm	
Fluss Panel (fachadas)	DSS 500mm DSS 300mm	
Remates	Contramuro D30 Contramuro D20 Especial	
Caballetes	Convencional Trapezoidal Limatesa	
Flejes	Unica	

4.1.2.2. Materias primas e insumos. La principal materia prima que se requiere para la producción es la lámina de acero la cual se adquiere en el mercado en presentación de bobinas para facilitar el transporte y la conservación del material, las láminas son el recurso esencial para el desarrollo de cada uno de los productos fabricados en la empresa. En la Figura 6 se muestra la principal materia prima y los demás materiales e insumos necesarios en el proceso se presentan

en el Apéndice 2 donde se anexan imagen y descripción de cada uno de los que intervienen en el proceso.

Figura 6

Principal materia prima para el proceso productivo.

Nombre	Descripción	Imagen
Láminas de acero	Se presenta en bobinas hasta de 12 toneladas o láminas cortadas a la medida y en espesores de 0.20 mm hasta los 3 mm. Estas se encuentran en una gran variedad de colores.	

4.1.2.3. Maquinaria y equipo. El proceso productivo requiere del uso de maquinaria y equipo especial para la elaboración de cada uno de los productos que maneja. A continuación, se realiza una descripción de cada una de las máquinas que intervienen en el proceso y la descripción del equipo usado se presenta en el Apéndice 3. Equipo del proceso productivo.

Roladora: Máquina que contiene rodillo y guías que permiten dar forma a la cubierta. El operario configura las guías manualmente, el proceso siguiente se realiza automáticamente.

Figura 7

Roladora para el formado de cubiertas.



Curvadora: Máquina que se opera manualmente, son prensas que contienen una matriz con la que se realiza fuerza sobre la lámina para realizar el doblado, la matriz ayuda a obtener la forma deseada para que la lámina sea doblada en el ángulo y forma requerida.

Figura 8

Dobladora para el doblado de láminas.



Cortadora ADH: Esta máquina permite realizar cortes transversales o longitudinales a la lámina metálica por medio de una guillotina de corte a presión que se activa mediante un pedal.

Figura 9

Cortadora ADH para el corte de láminas de acero.



Arqueadora: Máquina para realizar curvaturas o arcos a las cubiertas de acuerdo con los requerimientos de la obra.

Figura 10

Curvadora para el arqueado

de láminas.



4.1.2.4. Fuerza laboral. En el área de producción la empresa cuenta con una plantilla fija de 10 trabajadores los cuales dividen sus tareas de acuerdo con los siguientes cargos.

Supervisor de producción: Es la persona encargada de recibir las órdenes de producción, coordinar las actividades y el personal necesario para la fabricación de los pedidos y desarrolla actividades de fabricación de producto.

Operarios: Se cuenta con 5 operarios encargados de desarrollar las actividades correspondientes a la fabricación de los diferentes productos. Los operarios están capacitados para la operación de las diferentes máquinas que hay dentro de la planta. No obstante, tres de los operarios no están autorizados para el movimiento de los vehículos de la empresa.

Conductor: Es la persona encargada de entregar el producto terminado al cliente. El conductor tiene conocimiento acerca del proceso, pero no está capacitado para el manejo de algunas máquinas. No obstante, en ocasiones apoya actividades de alistamiento de materias primas e insumos.

Secretaria de gerencia. Es la persona encargada de hacer el reporte diario del trabajo realizado en la planta de producción, a su vez está encargada de revisar diariamente el cumplimiento de la planta con las normas ambientales, de salud y seguridad. Mantiene constante comunicación con la gerencia.

4.1.2.5. Proceso productivo. La empresa Prada Alviar para la elaboración de sus productos cuenta con dos líneas de producción, la primera línea está enfocada en la elaboración de las cubiertas y los Flush panel y la segunda línea está compuesta por los remates, caballetes y fleje. Dentro de los productos que comparten la misma línea de producción, su diferencia en el proceso radica en la configuración de la maquinaria utilizada cambiando las dimensiones y formas que requiere el producto final.

Para conocer detalladamente el proceso en el Apéndice 4 se muestra la descripción de cada una de las actividades que intervienen en el proceso productivo a las cuales se les asignó un código que permite identificarlas y ordenarlas dentro del diagrama de flujo del proceso. Los códigos E, OP, T, OI, y A corresponden a las esperas, operaciones, transportes, operación inspección y almacenamiento respectivamente. Las letras están acompañadas por números arábigos los cuales están puestos consecutivamente para representar el orden que lleva cada actividad. Para representar las actividades que pueden realizarse simultáneamente con otras, se les asignó una comilla en la parte superior, el diagrama de proceso de las líneas de producción se presenta en las Figuras 11 y 12.

Figura 11

Diagrama de proceso para línea de cubiertas y flush panel.

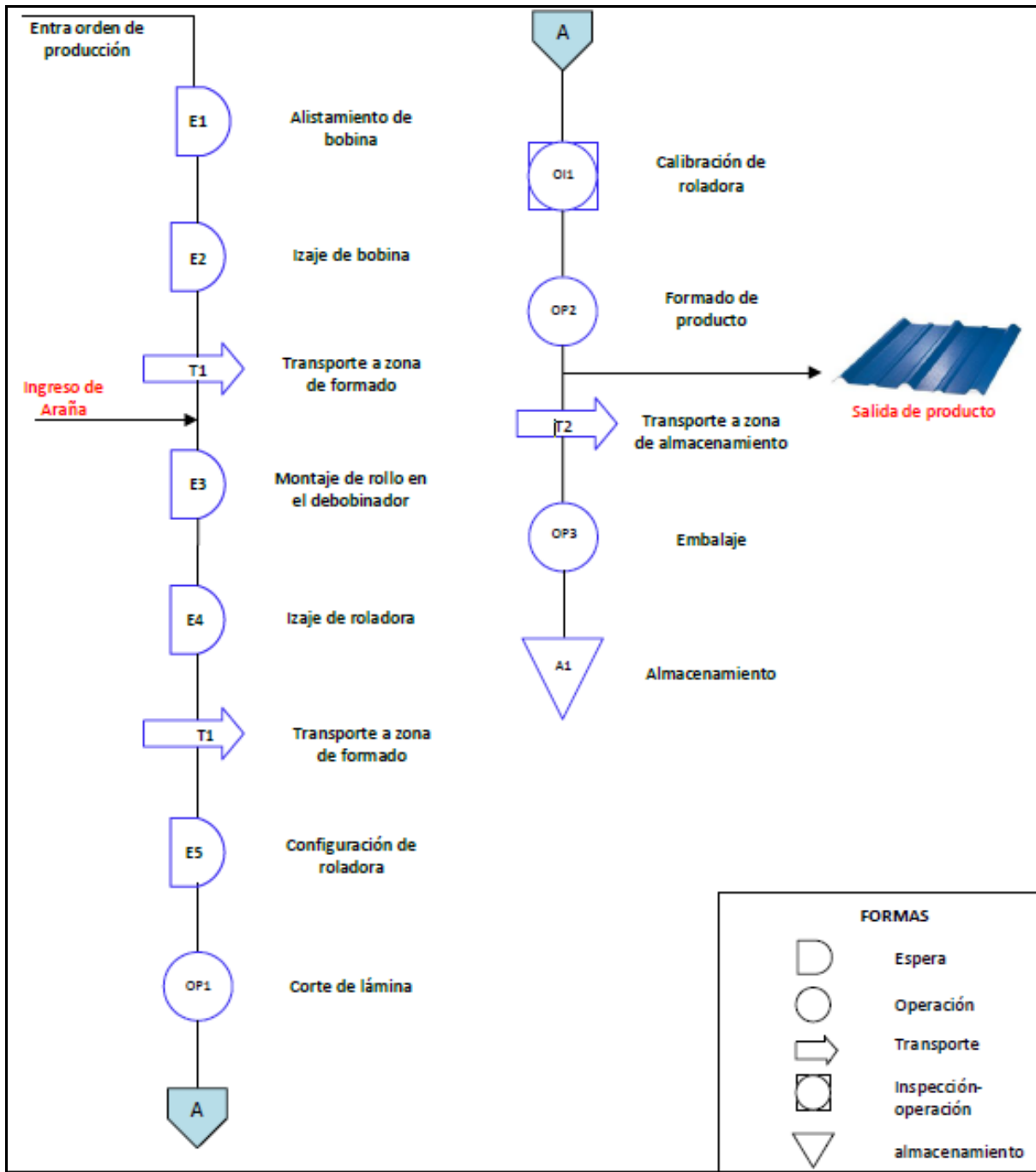
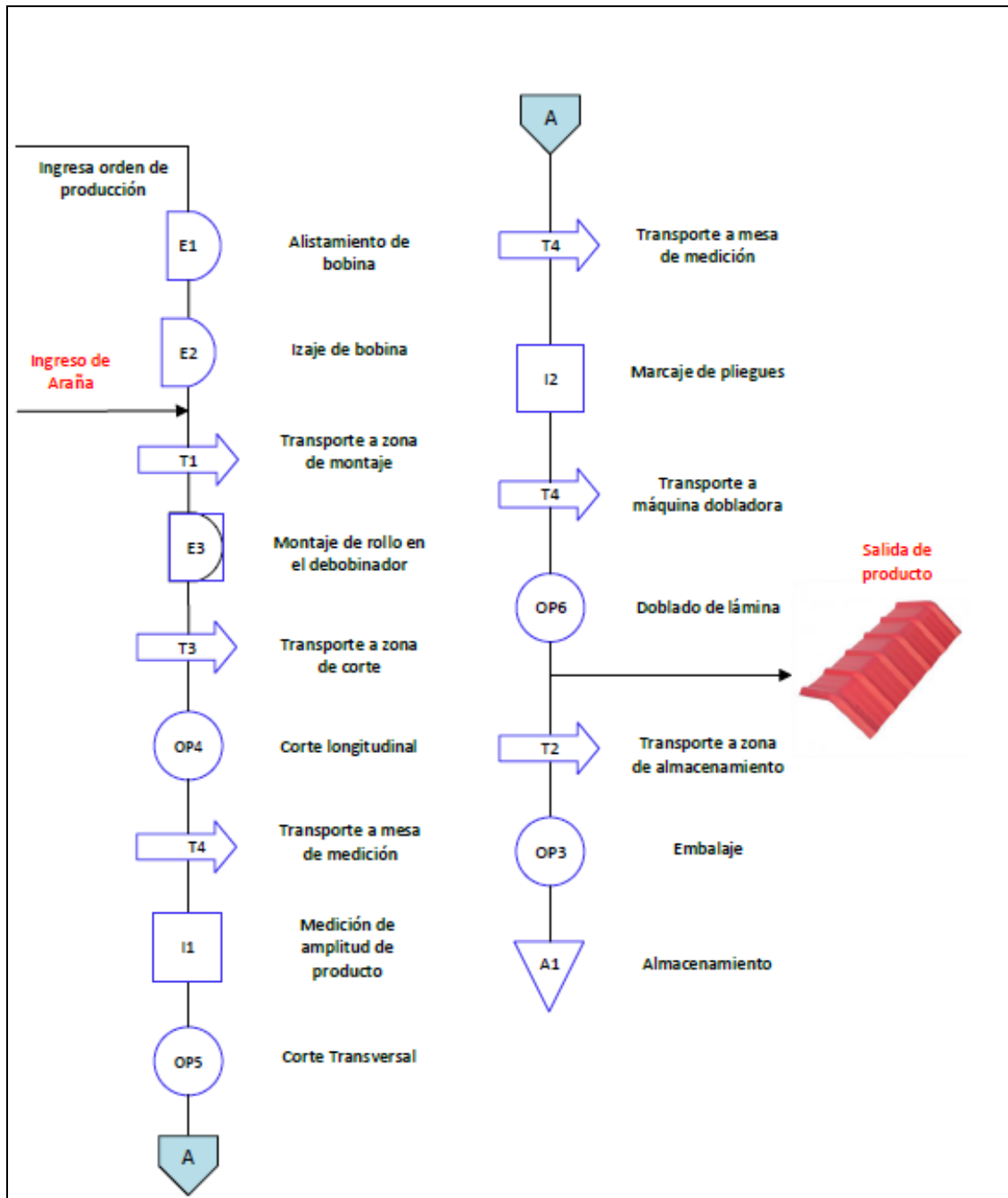


Figura 12

Diagrama de flujo de proceso para línea de remates, caballetes y fleje.



4.1.3. Planta de producción

En la planta de producción se recolecta información inicialmente de la disposición de cada uno de los centros de trabajo y demás áreas, además se realiza el diagrama de recorrido que permite observar el recorrido que realiza cada uno de los productos desde su inicio hasta su culminación.

4.1.3.1. Distribución de planta. La globalización de la industria hace que las organizaciones se preocupen por cada uno de los aspectos que puedan incurrir a crear mejoramiento en sus procesos que les permita ser competitivos en los mercados, por lo cual, criterios o detalles como el diseño y la distribución de la planta hacen que sus procesos sean más eficientes, aspectos como estos pueden hacer la diferencia a la hora de buscar mejorar la productividad para poder suplir la demanda de los mercados.

La planta de producción de Prada Alviar cuenta con una bodega que está dispuesta para hacer frente a toda la parte producción, en esta se encuentran áreas para almacenamiento de materias primas, producto terminado, producción, empaque y oficinas donde se manejan información concerniente al área de producción como se muestra en el Apéndice 5. El área de producción maneja una línea de procesos semiautomáticos, pero hay que hacer énfasis en que la ubicación de maquinaria y diseño de puestos de trabajo están dispuestos bajo ningún criterio de diseño y distribución de planta.

En la planta de producción el lugar destinado para la acomodación de la materia prima cuenta con un área de 172,9 m², esta se encuentra ubicada debajo de donde se tiene instalado el puente grúa (Ver Apéndice 5), debido a que las bobinas de fleje tienen un gran peso, el puente grúa es indispensable para su traslado a zona de producción. Además, no se realiza una adecuada

clasificación de la materia prima teniendo en cuenta color, lo que ocasiona que a la hora de buscar alguna referencia de esta se dificulte encontrarla y se pierda tiempo en este proceso, además de esta zona se evidencia que se destinan otros lugares para la colocación de colas de fleje (bobinas que no se han utilizado en su totalidad) generando congestión en toda el área de producción. También es común ver que para el embalaje y acomodación del producto terminado no se tiene una zona establecida para tal fin.

4.1.3.2. Diagrama de recorrido. El uso de diagramas de recorrido permite observar el lugar donde se desarrollan las actividades y trayectorias que siguen cada una de estas hasta obtener el producto final, con el estudio de los diagramas de recorrido se busca ver cómo se lleva a cabo el proceso para la elaboración de cada uno de los productos que se fabrican en la empresa a fin de determinar la distancia recorrida para la elaboración de estos como se evidencia en la Figura 13. Se plantearon los diagramas de recorrido para cada uno de los productos que maneja la empresa con el objetivo de determinar las distancias recorridas para obtener el producto terminado y se observa que se realizan recorridos extensos, transportes innecesarios, esto se debe en gran medida a la desorganización que se maneja en los procesos productivos lo cual se ve reflejado en la capacidad productiva de la empresa.

La ejecución de los pedidos se realiza de acuerdo con el orden de llegada, pero en ocasiones, cuando existe acumulación de pedidos, se atienden los que puedan ser despachados con mayor rapidez. Actualmente la programación de la producción se realiza de la siguiente manera; al final de la jornada diaria, en un tablero se plasman los pedidos pendientes junto con el volumen de producción requerido, luego de esto, el supervisor de producción establece qué pedidos serán atendido el día siguiente y divide la fuerza laboral para la ejecución de la producción.

No existen pronósticos de demanda y de la misma manera no existe una planificación semanal, mensual ni anual y por consiguiente no existe una estimación de la fuerza laboral requerida lo cual causa que existan sobre cargas de trabajo, o en su defecto, que exista tiempo ocioso e improductivo. Además, no existe una comunicación eficaz entre las áreas comerciales y de producción lo que ocasiona que exista desorden en la atención de pedidos llegando a incumplir los tiempos de entrega establecidos con los clientes.

4.1.4.2. Producción año 2018. Para la obtención de la información de las cantidades que le empresa Prada Alviar produce se realizó una revisión a los registros físicos que manejan para las ordenes de producción. La unidad con la cual se lleva el registro exacto de la producción son los metros lineales de fleje usados para la producción de cada una de las líneas de productos que la empresa fabrica. Las unidades por su parte no proporcionan un dato representativo ya que las unidades de producto solicitadas por el cliente varían en longitud de acuerdo con las especificaciones.

En el Apéndice 6 se muestra la cantidad de metros lineales de fleje procesados mensualmente para el año 2018 en la elaboración de cada uno de los productos que se fabrican en la empresa y en la Tabla 3 se presenta el consolidado anual de producción por tipo de producto. A partir de

esta información se conoce cuáles son los productos que representan la mayor producción y por ende el mayor consumo de materia y tiempo en su fabricación.

Tabla 3

Total, de metros lineales de producto fabricados en el año 2018.

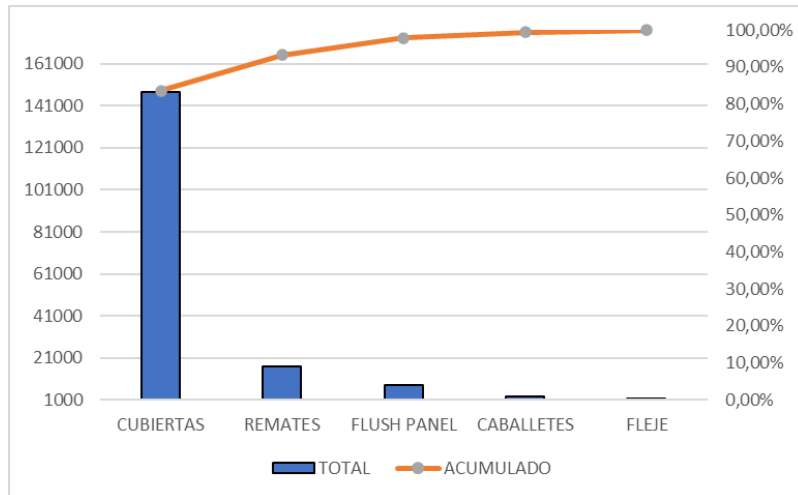
PRODUCTO	TOTAL	% PARTICIPACIÓN	ACUMULADO
CUBIERTAS	147531,582	83,67%	83,67%
REMATES	16899,91	9,58%	93,25%
FLUSH PANEL	8237,97	4,67%	97,92%
CABALLETES	2632,23	1,49%	99,42%
FLEJE	1028,24	0,58%	100,00%
TOTAL	176329,932	100,00%	

Nota: Información de producción suministrada por la empresa.

Con los datos de producción del año 2018 se procede a la elaboración de diagrama de Pareto para visualizar de manera gráfica el comportamiento de la producción.

Figura 14

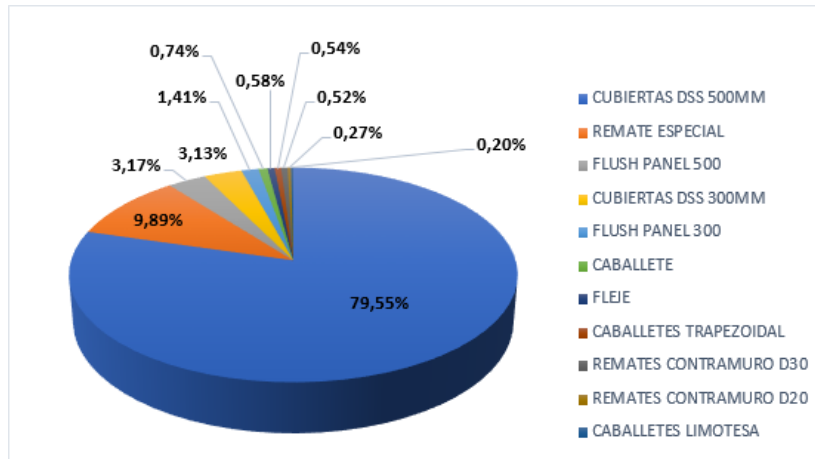
Diagrama de Pareto, metros lineales procesados 2018.



A partir de la Figura 14 y la Tabla 3, se evidencia la participación de cada uno de los productos que la empresa Prada Alviar fabrica, las cubiertas, remates, flush panel, caballetes y fleje con un porcentaje de participación de 83.67%, 9.58%, 4.67%, 1.49% y 0.58% respectivamente, los productos descritos anteriormente representan el 100% de la producción, del cual el 93.25 % está representado por la cubiertas y los remates mientras que el 6.75% están representados por flush panel, caballete y fleje.

Figura 15

Proporción de la producción por referencias de producto



Teniendo en cuenta que las cubiertas representan el 83.67% de la producción total como se observa en la Figura 14, comparando este porcentaje con los de la Figura 15, donde se observa a detalle cada una de las referencias de producto que se fabrican, se evidencia que las cubiertas DSS 500 mm representan el 79,55% mientras que las DSS 300 mm tan solo tiene una participación del 3.13% de esta manera se establece que el producto estrella es las cubiertas DSS 500 mm.

4.2 Fase II: Análisis de la información

En la fase II se realiza el análisis de la información que se obtiene en la fase I mediante el uso de herramientas cuantitativas y cualitativas como el diagrama de Pareto, histogramas de frecuencia, el diagrama de causa y efecto, análisis de despilfarros, análisis de capacidad, estudio del trabajo y análisis de las 5's.

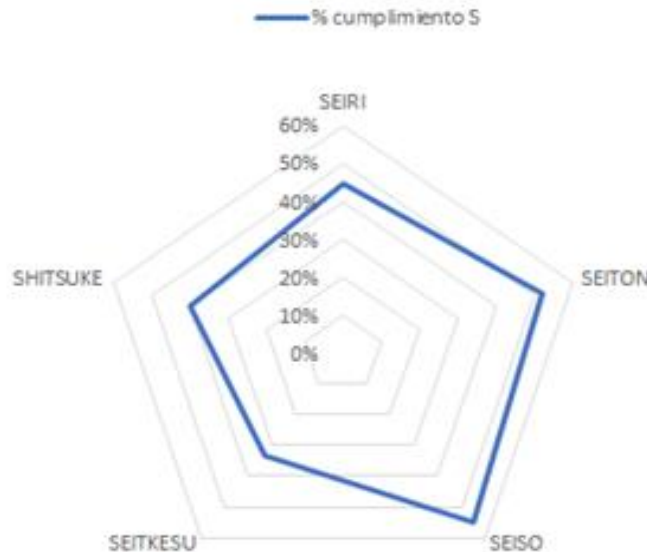
4.2.1. Diagnóstico de las 5's

La implementación de la filosofía Lean que consiste en mejorar la productividad y eliminar todo tipo de despilfarro en la producción, se realiza el diagnóstico a partir de las 5's la cual es una metodología y a su vez un filosofía que le apunta al orden y limpieza del puesto de trabajo, pero que principalmente se enfoca en el mejoramiento de los aspectos que influyen en el mejoramiento de la productividad, seguridad industrial de la planta y mejoramiento de la calidad, siendo estos fundamentales para que una empresa adopte la filosofía de cambio Lean.

El análisis de las 5's se realizó a la planta de producción, donde se analizó el estado de áreas de almacenamiento de materia prima, producto terminado e insumos y además el área de producción. Para abordar el análisis de las 5's se estructuró una lista de chequeo la cual se evidencia en el Apéndice 7, en esta se tienen en cuenta criterios que permita realizar una evaluación del estado actual de la empresa en cuanto a la implementación de las cinco eses, además se planteó una escala de calificación que permita cuantificar el nivel de cumplimiento de cada una de las 5's, donde se le asignó un valor 1, 2, 3, 4 y 5 donde 1 hace énfasis al menor cumplimiento y 5 al máximo cumplimiento. Además, en el Apéndice 8 se presentan fotografías que evidencian el estado actual de la empresa. La Figura 16 muestra los resultados obtenidos del análisis de 5's.

Figura 16

Diagrama resultados diagnóstico 5's.



Como se puede corroborar en la Figura 16 la S que presenta mayores falencias es la estandarización (Seiketsu), ya que solo tiene un porcentaje de cumplimiento del 33%, esto muestra que la empresa hasta el momento no cuenta con estrategias que estén encaminadas a la estandarización de normas, de igual manera se evidencia que el Seiri, Shitsuke y Seiketsu presentan un incumplimiento de más del 55%, mientras que Seiso con un 55% y Seiton con un 52% son las S que presentan el mayor cumplimiento. A partir de los datos obtenidos se realiza un análisis de la información detallada a fin de determinar las causas o fallas que presentan cada una de las 5's.

Seiri: Clasificar – Eliminar

La primera S tiene un porcentaje de cumplimiento del 45% esto muestra que la empresa Prada Alviar no ha realizado una correcta clasificación de los elementos o materiales que maneja en el desarrollo de las actividades productivas o en su defecto tiene elementos que deben ser

eliminados ya que no generan ninguna utilidad en el proceso productivo. A continuación, se muestran algunos de los hallazgos encontrados:

Se encontró una cortadora ADH que está en mal estado y por tanto no interviene en el proceso productivo.

Se encuentra gran cantidad de materiales que se confunden con los de buen estado, no se encuentran debidamente clasificados.

Producto terminado que se mantiene almacenado no se encuentra clasificado por referencias de productos, lo que dificulta la tarea a la hora de cuantificar el nivel que se maneja de este.

La materia prima no se encuentra clasificada ni por el número de calibre de las láminas ni por gama de colores, lo cual hace que sea una tarea tediosa a la hora de seleccionar una bobina de lámina de acero.

Seiton: Ordenar

Con respecto a la S del orden (Seiton) se encontró un cumplimiento del 52%, a pesar de que es la segunda mayor cumplimiento por parte de la empresa, cabe recalcar que es bastante evidente el desorden en la planta de producción esto se ve reflejado en lo siguiente:

- Se encuentran elementos en lugares diferentes a los asignados lo que ocasiona que se dificulte el flujo en las operaciones.
- No se tiene un sistema que permita la identificación de las herramientas, lo que ocasiona que a la hora de necesitar alguna se pierda tiempo en el proceso de búsqueda.
- Los procesos que requieren de reprocesos no cuentan con un lugar asignado para su almacenamiento si no que se encuentran dispersos por toda el área de producción.

- Se evidencian una cantidad considerable de materiales ajenos al proceso sobre las máquinas y sus alrededores, lo que causa que el proceso se vuelva lento debido a la obstaculización que ocasionan.

Seiso: Limpieza – Inspección

El porcentaje de mayor cumplimiento se da en la limpieza – inspección (Seiso) el cual corresponde a un 55%, pero se encuentra que hay muchas cosas que necesitan ser abordadas para contar con unas instalaciones limpias que propicien un mejor ambiente en la jornada laboral y también en el aspecto visual. Las fallas que se encuentran son las siguientes:

- En los pisos se encuentran fluidos como agua lo que puede ocasionar accidentes en el personal al pasar sobre estos.
- Los desperdicios propios del proceso como pequeñas láminas de fleje se encuentran sobre el piso, máquinas, mesa de medición lo cual genera que se puedan presentar errores a la hora de realizar alguna operación.
- No se realizan inspecciones que permitan verificar el buen estado en cuanto a limpieza de cada uno de los puestos de trabajo.

Seiketsu: Estandarizar

El mayor problema se encuentra en la estandarización donde el incumplimiento ronda por el 67%, y esto se debe a que la empresa no ha realizado esfuerzo o no ha empleado las estrategias necesarias a fin de que se logre adaptar el uso de las anteriores “S” como una cultura de la organización. Estos problemas de estandarización se ven debido a que no cuentan con:

- No cuentan con actividades establecidas que permitan mantener el orden y limpieza de los puestos de trabajo, maquinaria y en general las instalaciones de la planta.

- No se cuenta con lugares asignados para la colocación de las materias primas, productos terminados y en reproceso que permitan su correcta clasificación.

Shitsuke: Disciplina

El porcentaje de cumplimiento de la última S es del 40%, esto muestra que tanto la empresa ni el personal que labora en la planta de producción han optado por tomar como una cultura la aplicación de normas de aseo, limpieza entre otras. Los hallazgos que se encuentran son los siguientes:

- No se ha creado el hábito por parte de los operarios de dejar organizado el puesto de trabajo una vez terminada la jornada laboral.
- En la parte del uso de los implementos de seguridad, a pesar de la empresa contar con cada uno de ellos el personal se encuentra apático al correcto uso de estos.
- No se tiene establecidos procedimientos para la correcta limpieza de la maquinaria y equipo.

4.2.2. Análisis de despilfarros

Con el fin de conocer los despilfarros presentes en las actividades productivas desarrolladas en la planta de producción, se procedió a realizar un muestreo de trabajo para determinar las proporciones de tiempo invertidas en el trabajo productivo y no productivo, y a partir de la proporción del trabajo no productivo, determinar cuáles son las causas de este y los factores que afectan la productividad.

4.2.2.1. Muestreo de trabajo. Permite conocer de manera cuantitativa la magnitud de la presencia de cada uno de los despilfarros encontrados. Para ello se utilizó el software Excel en el cual se diseñó un formato para la recolección y organización de los datos del muestreo del trabajo el cual se muestra en el Apéndice 9.

Con el estudio del muestreo de trabajo se pretende conocer los siguientes aspectos (Organización Internacional del Trabajo, 1996).

Trabajo productivo: Consiste en realizar cualquier actividad que le agregue un componente al producto final, operaciones de corte transversal o longitudinal, doblado, formado en Roladora.

Trabajo contributivo: Es un trabajo que no necesariamente agrega valor al producto final, pero es esencial para el desarrollo del proceso de este, se usan tareas como transporte, alistamiento de materias primas y materiales, izaje de carga, limpieza y preparación de maquinaria.

Trabajo no contributivo: Consiste en actividades que no agregan valor al producto final, o tiempos en los que no se realiza nada, como esperas, tiempo ocioso, desplazamiento, descanso, necesidades fisiológicas, reproceso.

La aplicación del muestreo de trabajo se realizó mediante dos etapas:

Etapas 1. Pre-muestreo: El pre-muestreo se realiza con el fin de conocer las proporciones de tiempo productivo y no productivo, datos que son necesarios para calcular el tamaño real de la muestra representativa para el estudio. Para ello, se partió de la selección de una Premuestra, para lo cual se realizaron 80 observaciones a fin de determinar p (probabilidad de ocurrencia de encontrar tiempo productivo) y que permite identificar el tiempo no productivo. Los intervalos de tiempo fueron seleccionados utilizando una hoja de cálculo en Excel por medio de la

generación de números pseudoaleatorios entre el rango de tiempo de 07:30 am – 12:00 am y 02:00 pm – 04:00 pm. Los resultados obtenidos del pre- muestreo se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

Tiempo productivo vs tiempo no productivo.

Tiempo productivo (p)	38.75%
Tiempo no productivo (q)	61.25%

Etapa 2. Muestreo.

A partir de los datos obtenidos en la premuestra, se procede a realizar el cálculo de la muestra, en la Tabla 4 se muestran las proporciones de tiempo productivo y no productivo. Para el cálculo de la muestra se hace uso de la siguiente formula estadística:

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 * P * (1 - P)}{e^2}$$

n= tamaño de la muestra.

p= proporción de trabajo productivo.

1-p=q= proporción de trabajo no productivo.

Z= valor obtenido de distribución normal estándar.

e= Error permitido para la estimación.

Conociendo el valor de los parámetros de la proporción de trabajo productivo (p) de 38,75% y la de trabajo no productivo (q) de 61,25%, asumiendo un comportamiento normal con un nivel de confianza del 95% en los resultados esperados, para un valor de Z igual a 1,96 se realiza el

cálculo de la muestra con un porcentaje de error esperado del 5%. Se obtiene un tamaño de muestra de:

$$n = \frac{(1.96)^2 * 0.3875 * (1 - 0.3875)}{0.05^2}$$
$$n = 365$$

Calculado el tamaño de la muestra se procede a realizar la selección de las actividades que serán objeto del estudio, estas corresponden a las operaciones que requieren cada uno de los productos que maneja la empresa, a su vez se realiza la observación de cada una de las actividades que realiza la planta de producción.

El muestreo del trabajo se realizó en dos fases, cada una compuesta por un grupo de actividades tomando como referencia el libro Técnicas básicas para el análisis y mejoramiento de la productividad en procesos de manufactura (Ortiz Pimiento, 2014).

Fase de preparación: En la presente fase se realizaron las siguientes actividades.

- Se preparó al personal de la empresa, dando a conocer la importancia, las ventajas y beneficios del estudio que se iba a llevar a cabo.
- Se eligió y definió claramente el conjunto de actividades objeto de estudio, en este caso corresponde a todas las operaciones que hacen parte del proceso productivo.
- Se diseñó un formato para el registro de datos, este formato permite recolectar la información acerca de las actividades a desarrollar. Para realizar de manera ágil y ordenada el registro de datos, se crearon los siguientes códigos específicos que permiten clasificar el tipo de actividades realizadas en el proceso productivo.

TP para aquellas actividades que representen tiempo productivo

TC para aquellas actividades que representan tiempo contributivo

TNC tiempo no contributivo

D detenciones

Se estableció un horizonte de 4 días para toma de datos para el muestreo del trabajo, el cual se determinó en relación con el número de muestras que se calculó el cual fue de 365, se tuvo en cuenta la duración de la jornada laboral la cual corresponde a 8 horas, la empresa comienza sus actividades desde las 7:30 am hasta las 12:00 m, toman un receso de dos horas y retoman la jornada a las 2:00 pm y culmina a las 5:30 pm. Dado que la jornada de la mañana es más extensa, en este lapso se realizaron el 56% de las mediciones lo cual corresponde a 56 datos y en la tarde se tomaron 44 datos correspondiente al restante 44% del total de mediciones a tomar por día.

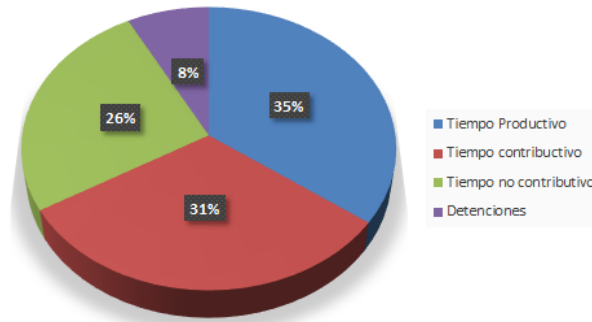
Previo al inicio de la toma de los datos se definen las horas en las que se realizara la recolección de datos, para ello se utilizó una hoja de cálculo de Excel en la cual se generó una secuencia de números pseudoaleatorios los cuales se pasaron a formato de horas y se obtuvo de esta manera los instantes de tiempo en que se iba a realizar las mediciones a lo largo de la jornada laboral.

Fase de registro de datos. La presente fase se desarrolló con la realización de las visitas programadas con lo cual se obtuvo la información objetivo, se llenaron los formatos de recolección de datos en los instantes de tiempo establecidos durante la jornada laboral.

4.2.2.2. Análisis de tiempo productivo. A partir de la información obtenida en el muestreo de trabajo se inicia el análisis.

Figura 17

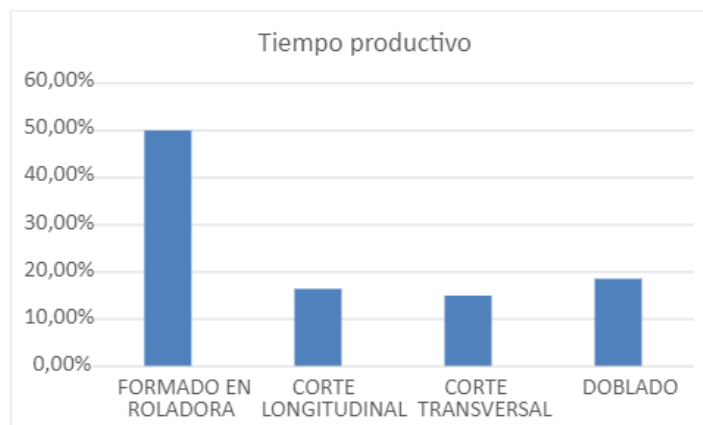
Resultados del muestreo



La Figura 17 muestra los resultados obtenidos del muestreo de trabajo que se realizó en el mes de noviembre del 2019, para un periodo de evaluación de 4 días. Los resultados obtenidos permiten evidenciar que el 35 % de la jornada laboral corresponde a tiempo productivo, el 31%, 26% y 8%, corresponde al tiempo contributivo, no contributivo y a las detenciones respectivamente, cuyos porcentajes suman el 65 % del tiempo de la jornada laboral, siendo este un porcentaje bastante alto en comparación con el tiempo productivo, lo cual es un indicador que nos permite evidenciar la baja productividad en la planta de producción.

Figura 18

Actividades del tiempo productivo.



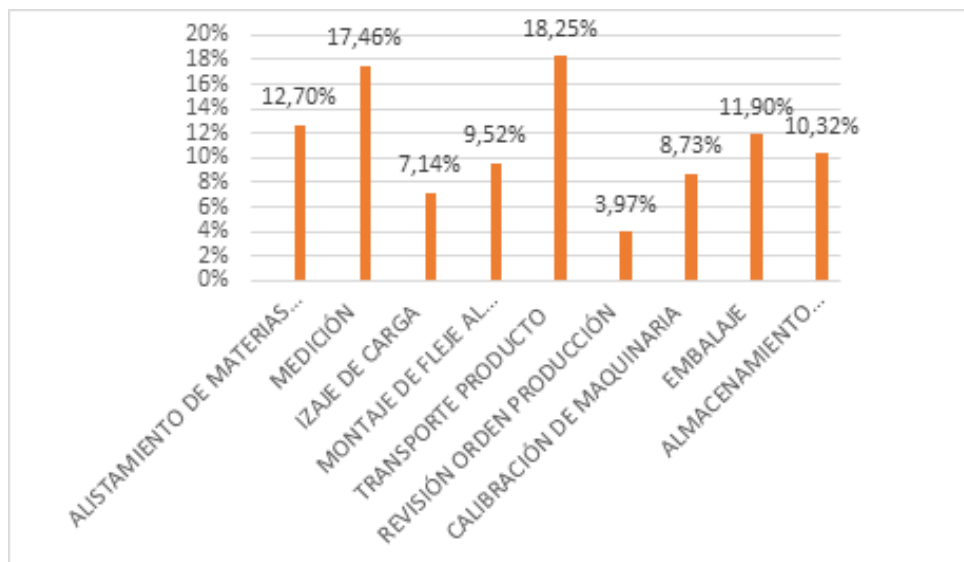
El tiempo productivo que se obtuvo en el muestreo de trabajo corresponde al 35% como se observa en la Figura 17, para tener una mayor comprensión de la distribución de este tiempo se analiza las actividades que se realizan. En la Figura 18 se observa que el 50% del tiempo es invertido en el formado, operación indispensable para la elaboración de las cubiertas y los flush panel, el otro 50% del tiempo es usado en el corte transversal, corte longitudinal y el doblado, estas operaciones son claves para la elaboración de remates y caballete.

4.2.2.3. Análisis de despilfarros. Para el análisis de los despilfarros se basará en los datos obtenidos del muestreo de trabajo a fin de obtener medidas que se puedan cuantificar.

Causas del tiempo no productivo: Para tener un mejor enfoque se realizan gráficos que permiten observar las proporciones de las causas que ocasionan los tiempos no productivos conformados por los tiempos contributivos, detenciones y los no contributivos.

Figura 19

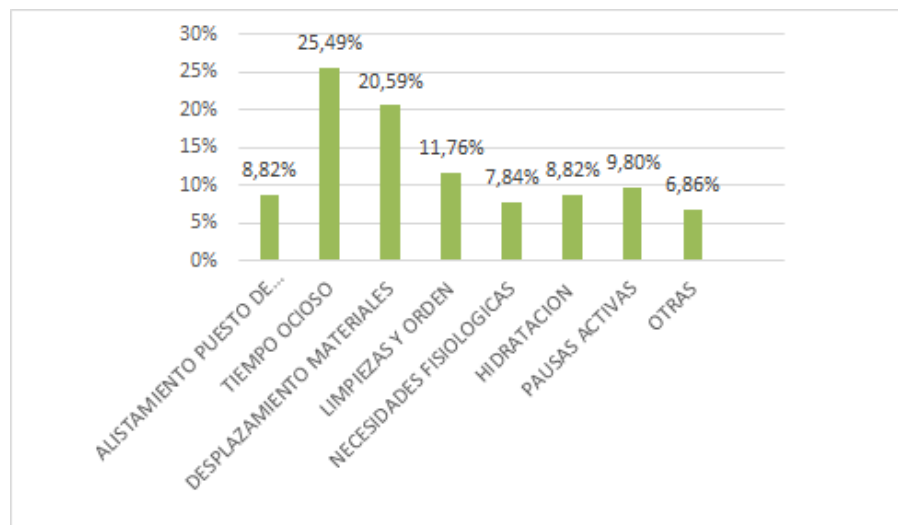
Causas de tiempo contributivo.



El tiempo contributivo hace referencia a actividades que a pesar de no agregar valor al producto final son esenciales para la elaboración de este, en la Figura 19, se muestra los porcentajes de cada una de las actividades del tiempo contributivo donde resalta el transporte y la medición con porcentajes del 18.25% y 17.46% respectivamente como los más representativos, la medición es una actividad que es esencial para la elaboración de los remates, caballetes y flejes. La proporción de tiempo contributivo del muestreo de trabajo corrobora lo encontrado en el pre-muestreo.

Figura 20

Causas del tiempo no contributivo.



Las proporciones de tiempo no contributivo se pueden observar en la Figura 20 en la cual se muestra que el tiempo ocioso, desplazamiento de materiales, limpieza y orden representan el 25.49%, 20.59% y 11.76% respectivamente esto indica que cerca del 58% del tiempo no contributivo es causado por estas actividades, el tiempo ocioso se refleja en la planta de

producción debido a que hay trabajos que se fabrican directamente en obra por lo que los operarios se quedan sin actividades para realizar en planta.

Figura 21

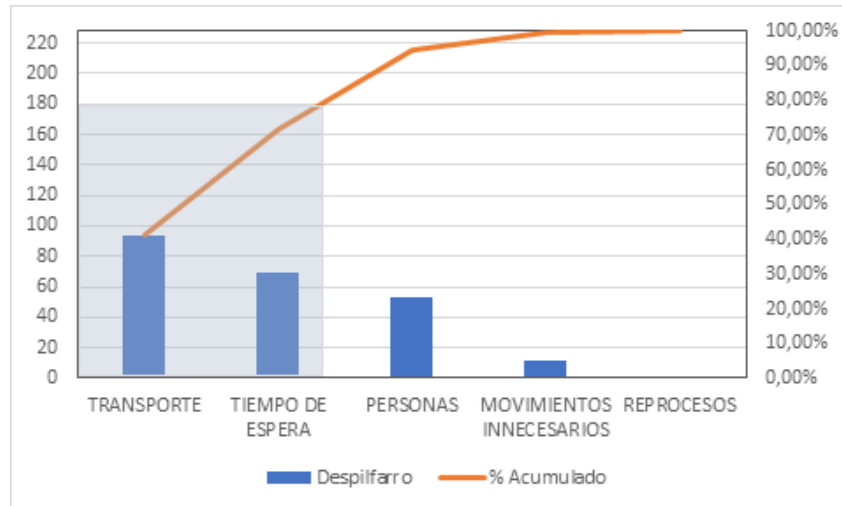
Causa de detenciones en la producción.



El análisis de las causas de las detenciones se observa en la Figura 21, esta permite identificar cada una de las posibles causas de las paradas que se ocasionan en la planta de producción, la búsqueda de herramienta o equipo presenta un 28.13 % del total de las detenciones, esta pérdida de tiempo en la jornada laboral se debe al no tener establecido lugares para colocación de herramienta o equipo. La verificación de orden y otras como las llamadas telefónicas y reuniones no planificadas con el gerente presentan una proporción del 18.75%, cabe resaltar que las detenciones por reproceso tiene una proporción mínima del 3.13% y estas generalmente se presentan en la zona de corte y doblado, actividades necesarias para la elaboración de remates, caballetes y flejes.

Figura 22

Diagrama de Pareto para análisis de despilfarros.



La Figura 22 muestra un diagrama de Pareto para el análisis de los despilfarros, este gráfico fue construido a partir de los resultados obtenidos del estudio de muestreo de trabajo. Del total de despilfarros encontrados en la planta de producción durante las observaciones realizadas, se evidencia que el 80% de los despilfarros corresponden a movimientos de materia prima, materiales y tiempos de espera los cuales se presentan debido a actividades como mediciones de producto, calibración de maquinaria, limpieza y orden del puesto de trabajo en la planta de producción. La restante proporción de despilfarros corresponde a las personas cuya principal causa se atribuye al tiempo ocioso, llamadas telefónicas, y necesidades fisiológicas. Los movimientos innecesarios de materia prima, materiales, herramientas o desplazamientos de las personas, y una mínima parte de los despilfarros corresponden a los reprocesos. Todos estos

factores que se detectaron influyen directamente en la productividad de la empresa por lo que hay que tomar acciones de mejora.

4.2.3. Análisis de capacidad

El análisis de capacidad es uno de los ítems en que menos enfatizan las organizaciones y quizás es uno de los puntos más importantes en las plantas de producción; el conocer la capacidad productiva permite identificar la productividad de la empresa en el desarrollo de sus operaciones, la capacidad será una herramienta valiosa a la hora de tomar decisiones acerca de la planificación y programación de la producción y en general permitirá ajustar la producción a cualquier escenario que se presente por la demanda. Es indispensable abordar el estudio de tiempos realizado de tal manera que este proporcione el tiempo tipo o estándar necesario.

4.2.3.1. Estudio de tiempos por cronómetro. El estudio de tiempos por cronómetro se realiza para determinar el tiempo estándar empleado para la fabricación de las cubiertas las cuales corresponden al producto insignia de la empresa. El estudio de tiempos se puede apreciar en el Apéndice 10.

El estudio de tiempos se realizó usando la metodología planteada por la organización internacional del trabajo y se llevó a cabo mediante las siguientes fases (Organización Internacional del Trabajo, 1996).

1. Se obtuvo y registró toda la información posible acerca del proceso de fabricación de las cubiertas.
2. Se dividió la tarea en elementos buscando que estos se lograsen identificar y cronometrar fácilmente.

3. Se estandarizó el trabajo y se verificó el método utilizado, es decir, se verificó que las actividades se realicen siempre de manera óptima y de la misma forma, inspeccionando que la maquinaria esté en correctas condiciones y que las personas que operan se encuentren en disposición y estado para realizar el trabajo. De esta manera se evita la variabilidad en la medida del tiempo por cada ciclo. De no estar estandarizado el trabajo, es necesario normalizar la realización de la actividad.
4. Se estableció el ritmo del trabajo mediante una escala de valoración que nos permita identificar la rapidez con la cual el operario realiza la actividad. Por tanto, se realizó una valoración por cada ciclo y para cada elemento.
5. Hallar el tamaño de la muestra para lo cual se utilizó el método estadístico, tomando a consideración una premuestra de 10 tomas, con un nivel estimado de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

$$N = \left(\frac{40 * \sqrt{n' \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right)^2$$

Donde:

N tamaño de la muestra

n' Premuestra

X Valor de las observaciones

Con el método estadístico fue posible obtener el tamaño de la muestra para cada elemento, lo cual permitió establecer el número de mediciones a tomar en el estudio de tiempos.

6. Se cronometró cada elemento para lo cual se utilizó el método de cronometraje acumulativo.
7. Se registró la información correspondiente a la toma de tiempos en un formato diseñado en una hoja de cálculo de Excel.

9. Se aplicaron los suplementos por descanso y suplementos por contingencias correspondientes a la actividad productiva los cuales se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5

Suplementos y contingencias

Suplementos por descanso	% Porcentaje	Descripción del suplemento
Necesidades personales	5	Condición inherente a la naturaleza personal
Fatiga básica	4	Producto del esfuerzo físico debido al trabajo manual
Suplementos por trabajar de pie	2	Debido a la realización de trabajo de pie durante tiempos prolongados
Suplemento por tedio	2	Debido al trabajo aburrido o tedioso
Suplemento especial por calibración	1	Debido a la calibración necesaria para el cambio de referencia de producto
Suplemento por contingencia	4	Debido a las inevitables eventualidades en el proceso
Suplemento por uso de la fuerza o energía muscular	2	Levantamiento de carga con un peso mayor de 7,5 kilogramos y menor de 10 kilogramos

Nota: Suplementos y contingencias en el proceso de producción de cubiertas. Adaptado de (Organización Internacional del Trabajo, 1996).

8. En la última fase se realizó el cálculo del Tiempo Estándar o tiempo tipo el cual representa el tiempo necesario para producir una unidad del producto (cubiertas). Este tiempo se calculó a

partir de las fórmulas presentadas por la organización internacional del trabajo (Organización Internacional del Trabajo, 1996).

$$TBásico = T_N * (1 + \%suplementos)$$

$$Te = \frac{\sum TBásico}{1 - \%contingencias}$$

El tiempo básico está representado por el factor del tiempo normalizado más el porcentaje de incremento de tiempo debido a los Suplementos presentes en cada operación, el tiempo normalizado corresponde a la suma del promedio de los tiempos de ciclo de cada elemento y finalmente para el cálculo del tiempo estándar se tuvo en cuenta un 4% como porcentaje de contingencias.

Cálculo del tiempo estándar. A partir de los datos registrados en el estudio de tiempos, se efectuaron los cálculos para hallar el tiempo estándar a partir de las fórmulas presentadas anteriormente. El valor de algunos datos que se muestran a continuación como el tiempo básico y el valor de las contingencias, fueron hallados previamente en el estudio de tiempos por cronómetro.

$$\sum TBásico = 13.8367 s$$

$$\%contingencias = 4\%$$

$$Te = 14.4132 s$$

A partir del estudio de tiempos por cronómetro que se realiza para determinar el tiempo empleado en la elaboración del producto estrella “Cubierta”, se concluye que cada 14,41 segundos se elabora un metro de cubierta. Con el cálculo de este tiempo, es posible realizar el análisis de la capacidad productiva.

4.2.3.2. Capacidad teórica. La capacidad teórica representa la producción que se puede lograr suponiendo que se aprovecha la totalidad del tiempo y recursos durante la jornada laboral sin que existan interrupciones en el proceso productivo. Para determinar la capacidad teórica de la empresa es necesario conocer el tiempo estándar, el cual se obtuvo previamente a partir del estudio de tiempo por cronómetro, además conocer el tiempo disponible de la jornada laboral. Para el caso de la empresa objeto de estudio la jornada laboral inicia a las 07:30 am - 12:00m, posteriormente tiene dos horas de receso e ingresan nuevamente a las 14:00 y finaliza a las 17:30 esto para los días lunes a viernes y el día sábado el ingreso es a las 07:30 am y finaliza a las 12:30 pm, por tanto, se tiene establecido un turno de 8 horas diarias equivalentes a 28.800 segundos, el tiempo estándar para la fabricación de un metro lineal de cubierta es de 14,41 segundos, la capacidad teórica se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{capacidad disponible jornada laboral} = \frac{\text{turnos}}{\text{día}} * \frac{\text{segundos}}{\text{turno}}$$

$$\text{capacidad disponible jornada laboral} = 28800 \text{ segundos/día}$$

Conociendo los segundos laborados diariamente se calcula la capacidad teórica de la planta, es decir, la cantidad de metros lineales que podrían llegar a producir en una jornada laboral.

$$\text{capacidad Teórica} = \frac{\text{capacidad disponible jornada laboral}}{\text{tiempo estándar}}$$

$$\text{capacidad Teórica} = 1998,16 \text{ metros lineales de cubierta por día}$$

$$\text{capacidad Teórica} = 597.585 \text{ metros lineales de cubierta por año}$$

4.2.3.3. Capacidad real. La capacidad real representa la producción que se puede lograr contemplando las restricciones y limitaciones que tiene el proceso productivo. Se contempla que dentro de la jornada laboral hay pérdidas de tiempo en despilfarros, restricciones de maquinaria,

y factores externos que interrumpen el flujo normal de las operaciones. La capacidad real se obtuvo de las cifras de producción suministradas por la empresa, las cuales se observan en la Tabla 3. Total, de metros lineales de producto fabricados en el año 2018.

4.2.3.4. Porcentaje de utilización de la capacidad. Luego de conocer la capacidad teórica, se puede obtener un indicador de porcentaje de utilización de la capacidad productiva, el cual está dado por la siguiente fórmula.

$$\% \text{ utilización de la capacidad} = \frac{\text{capacidad real}}{\text{capacidad teórica}} * 100 = 29,5\%$$

4.2.4. Análisis de inventario

Para el análisis del nivel de inventario se verificó la cantidad de bobinas que la empresa recibió durante el año 2018, a partir de los registros mensuales de compras y cantidades conocidas de inventario se logró conocer el nivel de inventario manejado mes a mes durante el transcurso de ese año.

Tabla 6

Nivel de inventario año 2018.

MES	METROS LINEALES	METROS LINEALES	INVENTARIO	INVENTARIO
	COMPRADOS	PRODUCIDOS	INICIAL	FINAL
ENERO	16178	12711,98	65969,27	53257,29
FEBRERO	0	14464,642	53257,29	38792,648
MARZO	23802	16864,01	58594,648	41730,638
ABRIL	29221	4723,4	65951,638	61228,238
MAYO	9482	11167,56	70710,238	59542,678

Continuación tabla 6

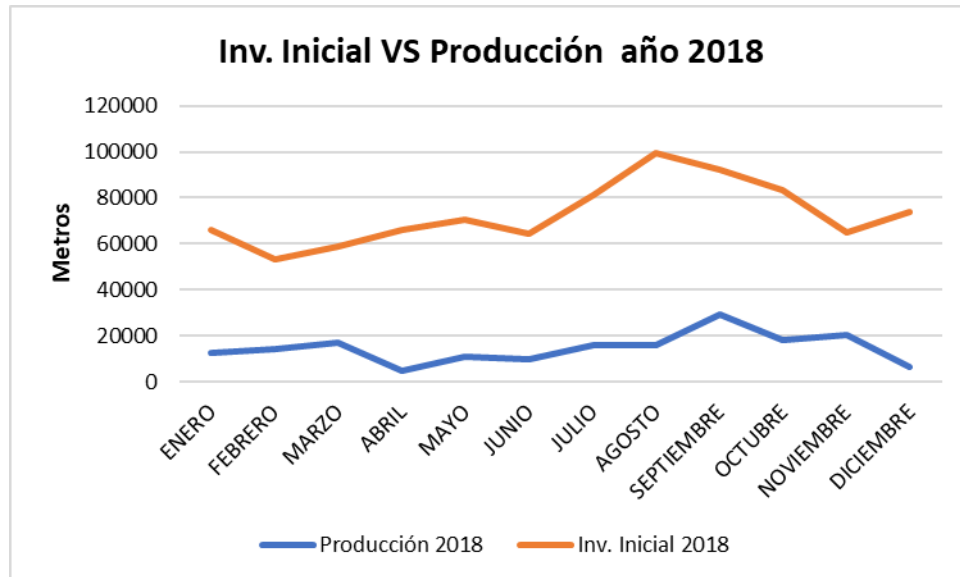
JUNIO	4922	9794,02	64464,678	54670,658
JULIO	26446	15804,45	81116,658	65312,208
AGOSTO	33979	16102,33	99291,208	83188,878
SEPTIEMBRE	14203	29560,23	92391,878	62831,648
OCTUBRE	20462	18127,9	83293,648	65165,748
NOVIEMBRE	0	20443,44	65165,748	44722,308
DICIEMBRE	28860	6565,97	73582,308	67016,338
TOTAL	207555	176329,932	Inv. Prom.	58121,6065

Nota: Inventario mensual de metros lineales de fleje.

En la Tabla 6 se puede observar el inventario final de cada mes, el cual representa la cantidad de metros lineales contenidos en las bobinas que se almacenan en la planta de producción. Los metros lineales de cada bobina varían de acuerdo con las especificaciones de compra, no obstante, el promedio de metros lineales por bobina es de 500, lo cual indica que la empresa mensualmente almacena en promedio 104 bobinas aproximadamente.

Figura 23

Comportamiento inventario vs producción.



En la Figura 23 se puede observar que la empresa siempre mantiene el nivel de inventario por encima de la demanda mensual. Al no existir un pronóstico de demanda y una planificación de la producción, la empresa realiza abastecimiento aun teniendo suficiente nivel de inventario.

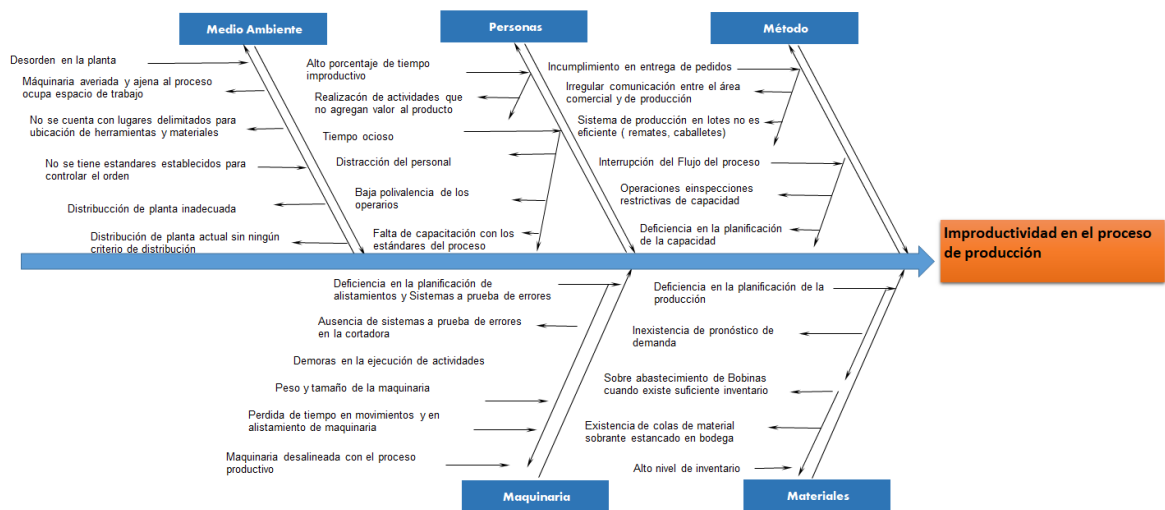
Actualmente se observa que luego de efectuar la producción, se almacenan las bobinas con los metros lineales sobrantes, a este material se le conoce como colas, las cuales son almacenadas dentro de un cuarto y raramente son empleadas en la producción de remates y caballetes. Se encontró dentro de este cuarto de almacenamiento, la existencia de 102 colas. La empresa no posee un sistema de control de colas, por tanto, los metros lineales sobrantes contenidos en estas representan para la empresa un despilfarro de materia prima.

4.2.5. Análisis de causa efecto para el diagnóstico del proceso

A partir de la información de los hallazgos que se acaba de presentar y con los datos que se recolectaron a lo largo del diagnóstico, se realizó un diagrama Ishikawa el cual permite analizar las causas y los efectos y de esta manera encontrar las causas principales de los problemas latentes de la empresa.

Figura 24

Diagrama Causa y Efecto de los principales problemas encontrados.



La Figura 24 muestra el diagrama Ishikawa para el análisis de causas y efecto con el fin de conocer el problema principal en la planta de producción. Se analizaron factores relacionados con medio ambiente, personas, el método de producción, maquinaria y materiales. Las causas corresponden a la deficiencia en la planificación de la producción, capacidad y alistamientos, falta de capacitación al personal con los estándares del proceso, inexistencia de sistemas a prueba de errores y distribución de planta inadecuada. Dichas causas generan efectos tales como:

desorden en la planta, alto porcentaje de tiempo improductivo, incumplimiento en la entrega de pedidos, maquinaria desalineada con el proceso productivo y un alto inventario, los cuales definen el problema general de la planta de producción: improductividad en el proceso de producción.

4.3 Fase III: Resultados del diagnóstico

En el estudio de los procesos de la planta de producción de la empresa PRADA ALVIAR LTDA, se logró conocer la manera cómo la empresa, planea, organiza y ejecuta su trabajo. A partir del análisis realizado en la fase II de los diferentes factores que afectan el normal funcionamiento de la planta de producción, se identificaron los siguientes hallazgos que afectan la productividad de la empresa.

- Se presenta desorden en la ubicación del inventario de materias primas y producto terminado, herramientas fuera del puesto de trabajo, maquinaria sin utilidad o averiada e incluso herramientas y elementos que no pertenecen al proceso productivo lo cual genera tiempos improductivos, reduce la capacidad de producción de la empresa y además afecta la calidad de los productos fabricados y la seguridad industrial.
- Se encontró que el personal realiza movimientos innecesarios y largos desplazamientos en el transporte de la materia prima debido a la ineficiente distribución de la planta de producción y a la delimitación de los espacios de trabajo y almacenamiento de materiales y herramientas, lo cual genera cansancio en el personal y tiempo improductivo, además existen actividades que son desarrolladas reiteradamente a lo largo de la jornada laboral, dichas actividades corresponden a transportes, movimientos innecesarios, alistamientos y calibración de maquinaria, reprocesos, búsqueda de herramienta y equipo, entre otras.

- Se evidenció que existe una gran diferencia entre la capacidad teórica calculada para la planta de producción y la capacidad real conocida a partir de los registros de producción que maneja la empresa, lo cual ocasiona un bajo índice de eficacia de la capacidad, esto se debe a que algunas operaciones que se establecen como recursos restrictivos de capacidad las cuales se presentan en el caso de la fabricación de las cubiertas, en el alistamiento de las bobinas para el cambio de referencias de producto y en la fabricación de remates y caballetes la operación de doblado en la curvadora, estas operaciones además de limitar la capacidad de la planta generan despilfarros de tiempo y recursos.
- Se maneja un elevado nivel de inventario con respecto a la demanda mensual, además existen material sobrante en la producción el cual no posee un seguimiento para su posterior uso convirtiéndose de esta manera en un despilfarro de materia prima, lo cual se debe a la inexistencia de pronósticos de demanda y planificación de la producción.

5. Plan de mejoramiento

El plan de mejoramiento se aborda a partir del análisis realizado en el diagnóstico con base en hallazgos que afectan al proceso productivo de la empresa. Este plan de mejora tiene como objetivo principal atacar los principales problemas que están afectando los niveles de productividad de la empresa, por lo cual se opta por usar herramientas enfocadas en la filosofía Lean Manufacturing las cuales permiten atacar las falencias que se presentan a lo largo del proceso productivo.

5.1. Metodología del plan de mejoramiento

El plan de mejoramiento se desarrolló con el fin de buscar soluciones a los hallazgos encontrados en el proceso productivo, este se desarrolla en las siguientes fases.

Fase I. Presentación de las propuestas de mejora

Para el desarrollo de esta fase con base en los hallazgos obtenidos en el diagnóstico se plantean propuestas que permitan dar solución y contribuyan al mejoramiento del proceso productivo de la empresa. Las propuestas se presentan a los directivos a fin de recibir sugerencias y decidir el plan de acción para su desarrollo.

Fase II. Diseño e implementación de las propuestas

En esta fase se realiza el diseño de cada una de las propuestas y se realiza la implementación de las propuestas aprobadas por las directivas de la empresa y que sean ejecutables en el corto plazo debido a las características del proyecto.

Fase III. Indicadores para el control y seguimiento de las propuestas

En esta fase se diseña un sistema de indicadores que permitan llevar un control y dar seguimiento a cada una de las propuestas planteadas para el mejoramiento del proceso productivo de la empresa.

5.2. Presentación de las propuestas de mejora

Con base en los resultados del diagnóstico, se proponen seis propuestas de mejora enfocadas en la aplicación de la filosofía Lean Manufacturing las cuales contribuyen al mejoramiento de la productividad en la empresa. Las propuestas son presentadas a los directivos de la empresa con el fin de conocer sugerencias acerca del mejoramiento y establecer una ruta para el desarrollo de cada una de las mejoras. En la Tabla 7 se presentan los principales problemas, las propuestas de mejora y los resultados que se obtendrán con la implementación.

Tabla 7*Presentación de las propuestas de mejora.*

N°	Problemas identificados	Propuestas	Resultados esperados
1	Falta de orden y limpieza en la planta de producción.	Implementación del programa de las 5's.	Planta de producción limpia y ordenada que contribuya en la productividad, calidad y seguridad.
2	Altos niveles de inventario en relación con la producción mensual.	Diseño de una política para la adecuada gestión de inventarios.	Ajuste del nivel de inventario con respecto a la producción mensual y reducción de los desperdicios de materia prima restantes de bobinas.
3	El alistamiento de MP y maquinaria requieren de bastante tiempo para su ejecución.	Diseño de un sistema para la reducción de tiempos de alistamiento (Smed).	Agilización del flujo del proceso con la reducción de los tiempos de alistamiento.
4	Presencia de defectos y pérdidas de tiempo en la actividad de corte.	Sistema a prueba de errores (Poka-yoke).	Agilización del flujo del proceso, reducción de productos defectuosos y del esfuerzo físico de los operarios en el transporte de láminas.

Continuación Tabla 7

5	Errores en la marcación de los pliegues para la fabricación de remates.	Sistema a prueba de errores (Poka-yoke).	Reducción de los errores en la toma de las medidas de los pliegues para la fabricación de remates.
6	Recorridos, transportes y movimientos innecesarios en el desarrollo de las actividades del proceso productivo.	Redistribución de planta para la optimización de espacios.	Distribución de planta que se ajusta a los requerimientos del proceso productivo.
7	Ineficiencia en la organización de los recursos debido al flujo actual del proceso.	Análisis del impacto del plan de mejoramiento y del flujo del proceso por medio de la Simulación del proceso en el Software <i>Flexsim</i> .	Análisis de la viabilidad de implementación de las propuestas de mejora y reorganización de los recursos disponibles.

Después de presentadas las propuestas para la implementación del plan de mejoramiento se cuenta con la autorización de los directivos de la empresa y con la colaboración del personal de la planta de producción para iniciar la ejecución de cada una de las propuestas; con la vinculación del personal se busca la adopción de una cultura enfocada en el cambio que permita el correcto desarrollo del plan de mejoramiento.

6. Diseño e implementación de mejoras

El plan de mejoramiento se aborda a partir del análisis realizado en el diagnóstico con el cual se obtuvo hallazgos que afectan al proceso productivo de la empresa. Este plan de mejora tiene como objetivo principal atacar los principales problemas que están afectando los niveles de productividad de la empresa, para esto se opta por usar herramientas enfocadas en la filosofía Lean Manufacturing las cuales permiten atacar las falencias que se presentan a lo largo del proceso productivo.

6.1. propuesta de mejora programa de las 5´s

La herramienta de las 5´s está orientada a conseguir el mejoramiento de la productividad, la seguridad industrial y calidad, mediante la aplicación de acciones encaminadas a la creación y mantenimiento de las áreas de trabajo ordenadas, limpias y seguras, esto facilitará y mejorará las condiciones de trabajo para el personal que se encuentra inmerso en el proceso productivo.

Con esta herramienta se procede a crear las bases para el mejoramiento del proceso productivo de la empresa y se busca mejorar el estado actual de la planta de producción, en el Apéndice 8. Evidencia fotográfica del estado actual de la planta de producción se muestra la situación actual de la planta con respecto al aseo y orden de sus instalaciones. Para el desarrollo del programa se plantea la metodología descrita en el Apéndice 11. Metodología para el desarrollo de programa de las 5`s.

6.1.1. Implementación de la propuesta de mejora

Definidas las fases metodológicas para la implementación de las 5's, se procede a su desarrollo con el fin de dar cumplimiento a la primera acción de mejora encaminada al mejoramiento de la productividad de planta de producción de la empresa Prada Alviar Ltda.

6.1.1.1. Socialización. La socialización se realizó el día 13 de marzo de 2020 en la oficina principal de la empresa, donde se sostuvo reunión con los directivos de la empresa y se dio a conocer la ruta a seguir para la implementación de mejoras en la planta de producción. Además, se estableció el cronograma para seguir con el proceso de implementación, el cual se describe en la Tabla 7.

Tabla 7

Cronograma implementación propuesta de la herramienta de las 5's.

ACTIVIDAD	FECHA
Socialización	13/03/2020
Capacitación	16/03/2020
Inicio implementación	17/03/2020

6.1.1.2. Responsables. Para la implementación de la herramienta de las 5's en la planta de producción los responsables son los practicantes quienes se encargan de dirigir y capacitar al personal para la ejecución del programa. Para la ejecución de la herramienta se plantea para cada una de las eses un plan de acción que permita la implementación en la planta de producción. Este se describe a detalle en el Apéndice 12. En el cual se precisas las estrategias y la forma para abordar la aplicación de la herramienta

6.1.1.3. Capacitación. La capacitación se realiza el día 16 de marzo del 2020 a las 07:30 am donde se contó con la presencia del gerente de la empresa y la totalidad del personal que labora en la planta de producción, se hizo uso de medios audiovisuales para la presentación de la herramienta donde se dio a conocer la importancia del programa, se socializaron conceptos, beneficios y resultados de la implementación. En el Apéndice 13 se presenta la evidencia de la Capacitación de la propuesta de mejora de las 5's realizada en la empresa Prada Alviar Ltda.

6.1.1.4. Ejecución del plan de acción para el programa de las 5's. Definido el plan de acción y realizada la capacitación se inicia la implementación de las 5's el día 17 de mayo de 2020 con la participación del personal de la planta de producción.

6.1.1.4.1. Seiri (clasificar). La clasificación se realizó con la ayuda de los operarios quienes asignaron las tarjetas a los elementos que estaban dentro de la planta de producción de acuerdo con los colores establecidos para la frecuencia de uso en el plan de acción. Los elementos clasificados corresponden a todos los elementos dentro de la planta que no tenían una correcta disposición, no prestaban alguna utilidad o interferían en las actividades del proceso como se muestra en la Figura 25.

Figura 25

Clasificación elementos



Posteriormente se registraron en un formato que contiene nombre del elemento, cantidad, ubicación donde se encontró y la decisión que se toma para su disposición final como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8

Clasificación de elementos de la planta de producción.

CLASIFICACIÓN DE OBJETOS			
Elemento	Cantidad	Ubicación	Decisión
Tijeras	3	Mesa de medición	Organizar
Martillo	1	Dobladora	Organizar
Alicate	2	Mesa de medición	Organizar
Metro	4	Roladora	Organizar
Llaves expansivas	3	Dobladora	Organizar
Láminas y remates	50	Área de almacenamiento MP y PT	Clasificarlos y organizarlos
Casco de seguridad	1	Escaleras	Ubicarlos en el cuarto de implementos de seguridad
Guantes	3	Escaleras	Ubicarlos en el cuarto de implementos de seguridad
Escuadra	2	Mesa de medición	Organizar
Cortadora ADH Fuera de servicio	1	Área de almacenamiento MP	Vender

Continuación Tabla 8

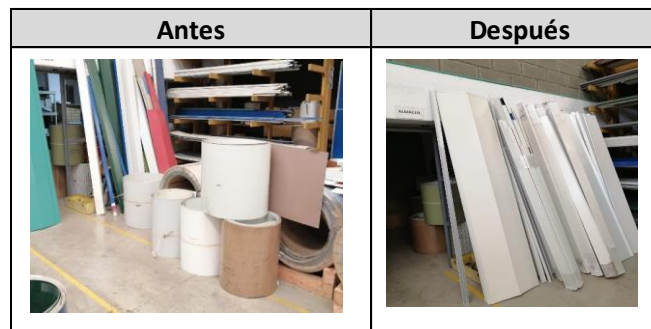
Caneca metálica	2	Área de formado	Ubicar junto al área de formado
Tarro de aceite	1	Cortadora	Ubicarlo cerca de la roladora
Extintor	1	Bajo las escaleras	Ubicarlo cerca del área de corte
Estibas	54	Área de almacenamiento MP	Donar
Trompo mezclador	1	Área de almacenamiento MP	Vender
Estructura metálica	1	Área de almacenamiento MP	Adecuarla e instalarla para almacenamiento de PT
Rejilla metálica	2	Área de almacenamiento MP	Vender por reciclaje
Cortadora eléctrica (Fuera de servicio)	1	Área de corte	Vender
Bobinas de cartón	22	Área de almacenamiento MP	Donar
Escalera	1	Área de almacenamiento MP	Vender
Soporte metálico	3	Área de almacenamiento MP	Vender
Neumáticos	3	Área de almacenamiento MP	Botar
Empaque de bobina	60	Área de almacenamiento MP	Botar
Costales	70	Área de almacenamiento MP	Donar
Tablas	5	Área de almacenamiento MP	Organizar
Andamio	1	Área de almacenamiento MP	Donar

6.1.1.4.2. Seiton(ordenar). El orden es un aspecto muy importante ya que permite despejar las distintas áreas y puesto de trabajo por medio de la correcta disposición de los elementos que fueron previamente clasificados. Como se pudo evidenciar en el diagnóstico, el orden en la planta es uno de los aspectos del programa de las cinco eses que menor cumplimiento ha logrado. Para la implementación del orden en la planta se realizaron las siguientes actividades:

Disposición del producto terminado: El producto terminado que era almacenado en las diferentes partes de la planta de producción, se recopiló y se dispuso en el lugar destinado para su almacenamiento.

Figura 26

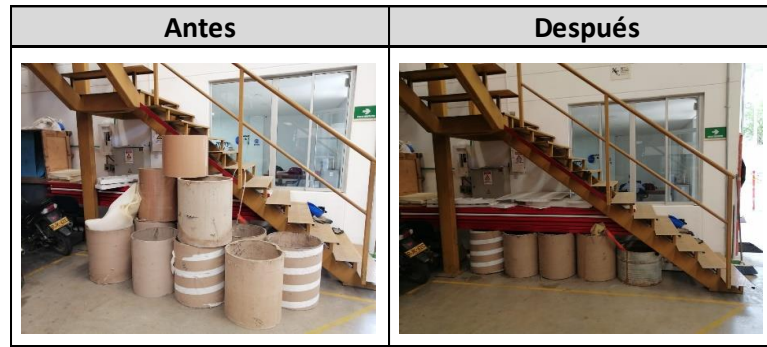
Área producto terminado.



Disposición de las bobinas de cartón: Las bobinas de cartón constituyen un residuo de la materia prima ya que el acero es envuelto en ellas para su conservación, anteriormente se acumulaban cerca del pasillo de circulación del personal obstruyendo el tránsito. Se asignó un lugar temporal bajo las escaleras mientras es entregado a las personas que realizan el reciclaje de este material.

Figura 27

Almacenamiento bobinas de cartón.



Disposición del material sobrante de producción: Se encontró material sobrante de fabricación distribuido por la planta de producción, este material fue agrupado y clasificado de acuerdo con su amplitud y longitud, posteriormente se almacenó en la segunda planta.

Figura 28

Almacenamiento de sobrantes de producción.



6.1.1.4.3. Seiso (Limpieza). La limpieza constituye la primera inspección que permite identificar la suciedad y contaminación presentes en la planta de producción, a partir de los hallazgos en la inspección se deben tomar acciones correctivas y preventivas que permitan

eliminar las fuentes de la suciedad. La limpieza es un aspecto muy importante en la seguridad y salud de los trabajadores ya que su propósito principal es eliminar toda clase de agentes contaminantes o retirar los elementos que pongan en peligro la integridad del personal.

Para realizar la limpieza se programó una jornada de aseo con el personal de la empresa, donde se limpiaron los puestos de trabajo y las diferentes áreas de la planta. En primer lugar, se retiraron los residuos de metal y se almacenaron en canecas, posteriormente se retiraron otros tipos de residuos como plásticos, papel y cartón los cuales fueron depositados en bolsas mientras eran recogidos por la empresa encargada de hacer el reciclaje. El resultado de esta actividad se evidencia a continuación.

Figura 29

Evidencia jornada de limpieza.

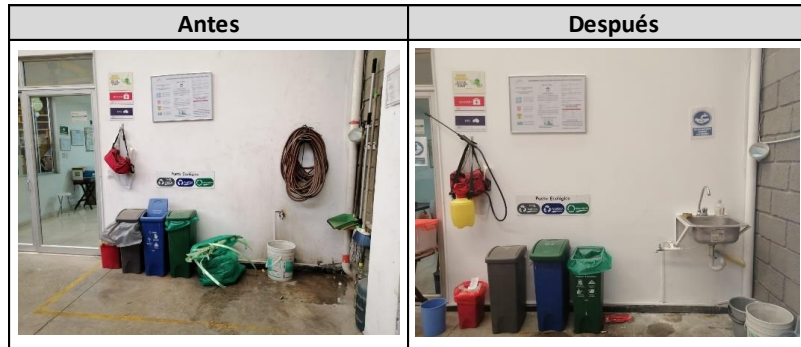


Se identificó filtración de agua en el lugar donde se almacenan los elementos de aseo lo cual constituía un riesgo de accidentes para el personal de la planta. La filtración de agua se corrigió

con la instalación de un lavamanos y posteriormente se organizó el lugar dispuesto para los elementos de aseo. A continuación, se muestran los resultados de los cambios realizados.

Figura 30

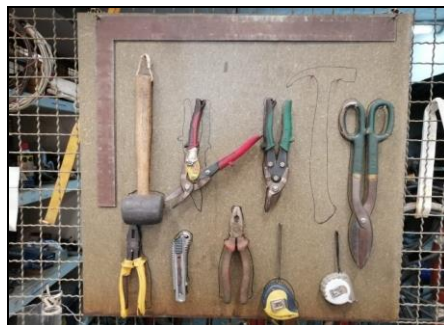
Adecuación punto ecológico.



6.1.1.4.4. Estandarización (Seiketsu). La creación de controles visuales es una técnica funcional que permite evitar el desorden durante el desarrollo de las actividades del proceso, los controles visuales contribuyen a que el personal identifique fácilmente la ubicación de las diferentes herramientas y materiales en la planta de producción. Para evitar pérdidas de tiempo, confusión y demora en búsqueda de herramientas, se creó un tablero en el cual se dibujó la silueta de cada herramienta de manera que se facilite su ubicación.

Figura 31

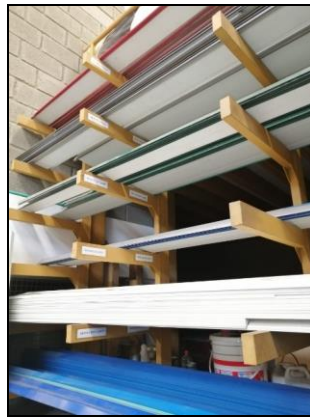
Tablero para disposición de herramientas.



En la planta de producción el producto terminado se ubicaba en cualquier estante lo que ocasionaba que se mezclaran las diferentes referencias, para realizar la correcta clasificación se colocaron etiquetas con información correspondiente al tipo de producto, referencia y color, de manera se facilite su almacenamiento y extracción cuando sea necesario.

Figura 32

Control visual para clasificación de producto terminado.



6.1.4.5. Disciplina (Shitsuke). La disciplina se logra a partir de la definición de estándares de cumplimiento y con el compromiso de todo el personal de la empresa. Para que el uso de la herramienta de las cinco eses se adopte como una cultura empresarial es necesario establecer lineamientos que garanticen aplicación y revisión constante. Por esta razón, se creó el manual con la metodología de aplicación del programa de las cinco eses, que se muestran en el Apéndice 11. Metodología para el desarrollo del programa de las 5's, el cual contiene la estrategia e información que permite al encargado del programa su fácil aplicación.

Para llevar un control se estableció una revisión mensual del estado de la planta con el fin de conocer el cumplimiento del programa implementado, para ello se creó un formato de chequeo el

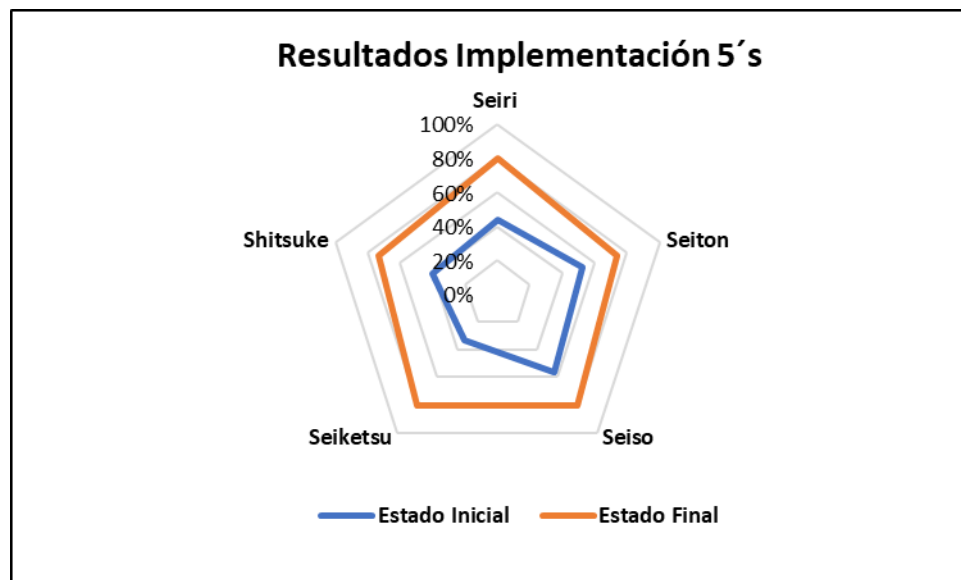
cual se muestra en el Apéndice 14. Formato de chequeo para el programa de las 5's y se establece un indicador para la evaluación del cumplimiento del programa con respecto a los estándares establecidos. Posteriormente, con base en los resultados de la evaluación de las 5's, se coordinan actividades para la corrección de falencias que se presenten nuevamente.

6.1.2. Resultado de la aplicación de la herramienta de la 5's

Finalmente, para medir el impacto de la aplicación de la herramienta de las cinco eses en la planta de producción se aplica la lista de chequeo que se realizó en el desarrollo del diagnóstico de manera que permita comparar los cambios en el ambiente de la planta de producción. A continuación, se evidencian los resultados antes y después de implementado el programa.

Figura 33

Resultados implementación 5's.



Después de implementado el programa de las cinco eses son evidentes los resultados en cada una de ellas, como se observa en la Figura 33 cada aspecto del programa evidencia cambios

significativos en las eses de clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina logrando resultados de 80%, 74%, 80%, 80% y 73% respectivamente. El éxito de la implementación de la herramienta se debe en gran parte al compromiso y la vinculación del personal de la planta quienes se interesaron por adoptar nuevos métodos que contribuyan al desarrollo organizacional.

6.2 Propuesta de mejora para la gestión de inventarios

A partir del diagnóstico realizado a la empresa Prada Alviar se evidenció que el manejo del inventario de materia prima se realiza de forma intuitiva, lo cual ocasiona la existencia de sobre inventario ya que se realizan compras aun teniendo existencias. Además de observar altos niveles de inventario, se evidencia un gran número de colas de fleje restantes de la producción el cual corresponde a un material que no es utilizado frecuentemente ocasionando desperdicio de materia prima. Esto se debe principalmente a que no se lleva una trazabilidad a las láminas de acero.

Es de resaltar que la empresa no tiene políticas de inventario establecidas que permitan conocer la cantidad óptima a pedir con un respectivo stock de seguridad, el periodo entre revisión y momento de abastecimiento. Por esta razón es necesario establecer un modelo para la gestión de inventario que sea acorde con las características y necesidades futuras de la empresa.

6.2.1. Pronóstico de demanda

Para realizar la gestión de inventarios se requiere determinar el pronóstico de demanda que le permita a la empresa realizar una previsión de la producción del mes siguiente con el propósito de determinar las cantidades de materia prima que requiere para hacer frente a la producción.

Luego de la revisión a los datos históricos de producción se observa que el comportamiento de la demanda no sigue un patrón establecido, por el contrario, la demanda presenta gran variabilidad en el tiempo. Con base en el comportamiento observado y revisión de los métodos para pronóstico se determina que el método que mejor se ajusta a la situación objeto de análisis es el método de suavización exponencial con tendencia. La aplicación de este método requiere los siguientes datos para pronosticar, el pronóstico más reciente, la demanda real durante el periodo pronosticado, constante de suavización delta (δ) y alfa (α). La ecuación que permite el cálculo del pronóstico es la siguiente (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

$$T_t = T_{t-1} + \delta(F_t - FIT_{t-1})$$

$$F_t = FIT_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - FIT_{t-1})$$

$$T_t = T_{t-1} + \delta(A_{t-1} - FIT_{t-1})$$

Donde:

F_t: Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t.

T_t: Tendencia suavizada exponencialmente para el periodo t.

FIT_t: Pronóstico incluida la tendencia para el periodo t.

FIT_{t-1}: Pronóstico incluida la tendencia hecha para el periodo anterior.

A_{t-1}: Demanda real para el periodo anterior.

α : constante de suavización.

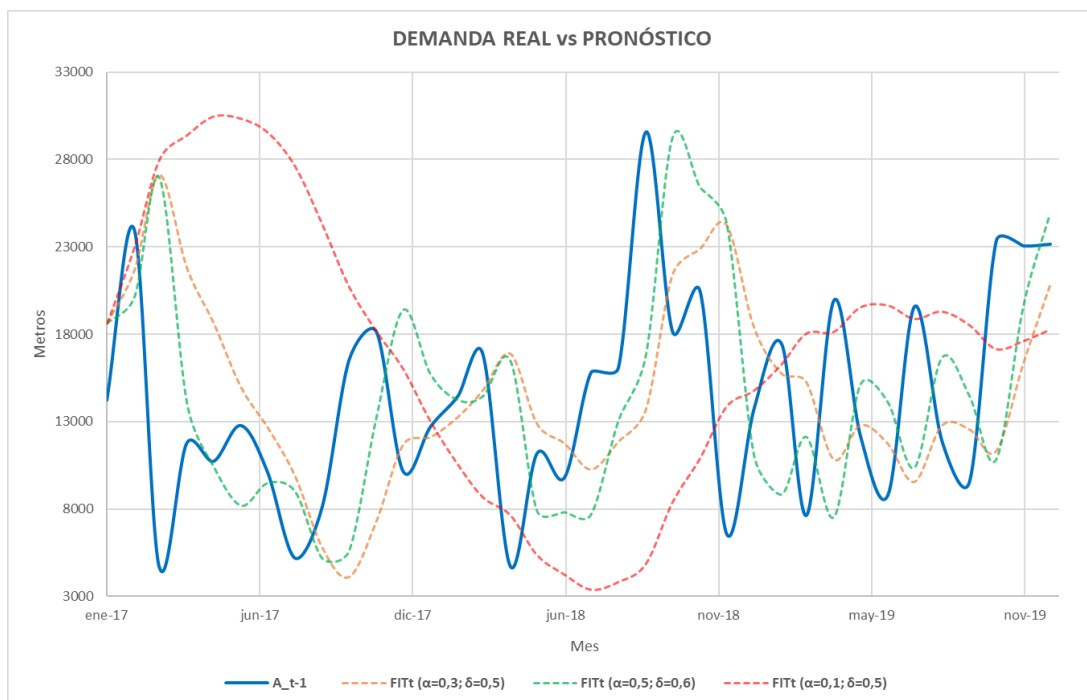
δ : constante de suavización para la tendencia.

El valor del índice de suavización α oscila entre 0 - 1, se elige de acuerdo con el comportamiento de la demanda, cuando la variabilidad de la demanda es alta el índice a elegir es alto por el contrario si la demanda es estable el índice es bajo. El índice de suavización δ reduce el impacto del error que se presenta entre la realidad y el pronóstico, su valor oscila entre 0 – 1.

La demanda de la empresa Prada Alviar presenta gran variabilidad por lo cual es necesario tomar un índice de suavización α y δ con valores altos que permitan ajustarse a las contingencias de la demanda; el método de suavización exponencial con tendencia es validado por medio del cálculo del pronóstico de la demanda para los años 2017, 2018 y 2019, el cual es comparado con los datos reales de producción de la empresa durante el mismo periodo. A continuación, se observa la Figura 34. Demanda real vs pronóstico, donde se muestra la demanda real y los pronósticos calculados para diferentes valores de α y δ .

Figura 34

Demanda Real VS Pronóstico.



Para el cálculo de los pronósticos se utilizaron los índices de suavización ($\alpha=0,3$; $\delta=0,5$), ($\alpha=0,5$; $\delta=0,6$) y ($\alpha=0,1$; $\delta=0,5$) con los cuales se analiza el comportamiento que presenta la demanda pronosticada. Para determinar los índices que se ajustan al comportamiento real de la demanda se utiliza la desviación media absoluta (MAD) y señal de rastreo TS, que permite conocer el número de desviaciones medias absolutas que el valor pronosticado se encuentra por encima o por debajo de los datos reales. En la siguiente figura se muestran la desviación media absoluta y la señal de rastreo para cada uno de los pronósticos.

Figura 35

Evaluación del error para los pronósticos.

Pronóstico	FITt ($\alpha=0,3$; $\delta=0,5$)	FITt ($\alpha=0,5$; $\delta=0,6$)	FITt ($\alpha=0,1$; $\delta=0,5$)
Error Abs	213803,15	224537,38	320340,61
Error	-15092,43	-6712,96	-94051,63
MAD	5938,98	6237,15	8898,35
TS	-2,54	-1,08	-10,57

Determinado el error para cada uno de los pronósticos se concluye que el modelo que se ajusta mejor al comportamiento de la demanda de la empresa sucede cuando se utiliza una constante de suavización alfa ($\alpha = 0,5$) y una constante de suavización de tendencia delta ($\delta = 0,6$). La señal de seguimiento que se obtiene representa que el pronóstico calculado se encuentra a 1.08 desviaciones medias absolutas por encima de los valores reales de la demanda.

6.2.2. Modelo de inventario de periodo fijo con inventario de seguridad (Modelo P)

Con el fin de diseñar una política que permita realizar de manera óptima la gestión de inventarios, se propone a la empresa el seguimiento del modelo de inventario de periodo fijo con stock de seguridad el cual contempla una cantidad de pedido variable de acuerdo con la

demanda. El modelo P de inventario está dado por la siguiente fórmula (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

$$q = \bar{d}(T + L) + Z\sigma_{T+L} - I$$

Donde:

q : Cantidad a pedir.

\bar{d} : demanda promedio.

T : Número de días entre revisiones.

L : Tiempo de entrega en días (tiempo de hacer un pedido y recibirlo).

Z : Número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica.

σ_{T+L} : Desviación estándar de la demanda durante el periodo de revisión y entrega.

I : Nivel de inventario actual (incluye las piezas pedidas).

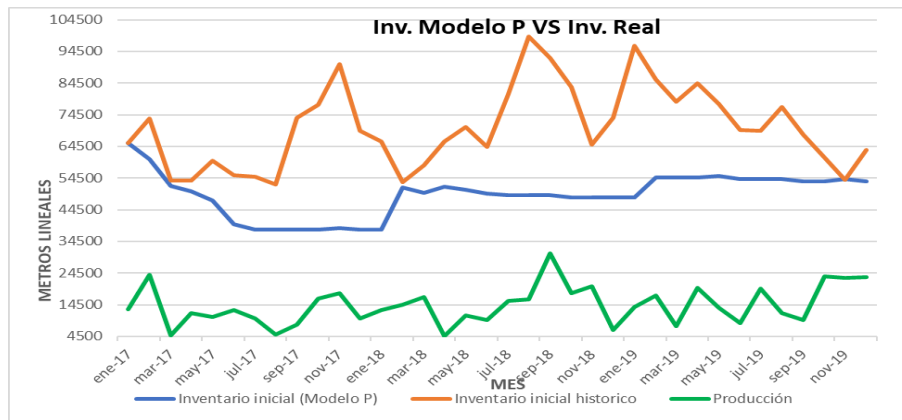
6.2.2.1. Validación del modelo. La validación del modelo se llevó a cabo a partir de la simulación del inventario inicial generado mensualmente durante los años 2017, 2018 y 2019 el cual se observa en el Apéndice 15. Los resultados de la simulación fueron comparados con las cifras reales de inventario las cuales se recopilaron a partir de los datos históricos de compras y producción de la empresa que se observan en el Apéndice 16.

El cálculo de la demanda promedio se obtuvo a partir de los datos históricos de los años 2017, 2018 y 2019 como se observa en el Apéndice 17. El periodo entre revisiones se establece de 30 días y corresponde al periodo en el cual la empresa revisa sus niveles de inventario. El tiempo de entrega de la materia prima por parte del proveedor se establece con un rango máximo de 8 días

a partir del lanzamiento de la orden compra, se utilizó el 95% como la probabilidad de servicio esperada.

Figura 36

Resultados del modelo P de inventario.



En la Figura 36 se observa los resultados del modelo de inventario donde se realiza una comparativa con el inventario inicial (real) y la producción para el periodo evaluado. Es posible observar que el inventario generado a partir del modelo es alto en comparación con las cifras de producción, esto se debe principalmente a que se mantiene un alto stock de seguridad que es esencial para responder oportunamente a la variabilidad de la demanda. Finalmente se concluye que el modelo planteado reduce el inventario mensual en un 28 % en promedio, con respecto al inventario que manejaron durante los años 2017, 2018, 2019 los cuales fueron usados para validar el modelo.

6.2.3. Definición de políticas de inventario

Las políticas de inventario permiten establecer lineamientos para realizar de forma idónea las actividades involucradas con la gestión de inventarios. La empresa no cuenta con una política de gestión de inventarios por lo cual se establecen modelos y herramientas que se validaron anteriormente para determinar los criterios que permitan plantear las políticas que se ajusten las necesidades de la empresa. A continuación, se presentan las siguientes políticas para la gestión de inventarios.

Política 1. Revisar el inventario con una periodicidad de 30 días para conocer el estado de las existencias de materia prima.

Política 2. La cantidad de pedido se realiza de acuerdo con el Modelo P, considerando ajustes necesarios relacionados con el comportamiento del mercado (se sugiere utilizar la herramienta ofimática proporcionada).

Política 3. Establecer un compromiso de entrega de pedido por parte de los proveedores con un máximo de tiempo de 8 días luego de ser emitida la orden de compra.

Política 4. Realizar la trazabilidad de las colas de fleje restantes por medio del sistema de información de la empresa, de modo que permita identificar el material sobrante y emplearlo en la producción. Se sugiere utilizar el método FIFO.

Política 5. Alimentar el sistema de información que posee la empresa diariamente con los datos de compras y producción de manera que permita tener información en tiempo real para la toma de decisiones.

Política 6. Los pedidos realizados en el mes presente se efectúan para provisión de la demanda del mes siguiente la cual se obtiene mediante pronósticos.

6.2.4. Herramienta ofimática para el control de inventario

Luego de la validación del modelo de inventario propuesto, se creó una herramienta ofimática a partir de macros de *Excel* la cual realiza de forma automática el cálculo de la cantidad a pedir mensual. La herramienta cuenta con 4 módulos los cuales corresponden a la gestión de compras, control de existencias, producción y pronóstico de demanda y compras. A continuación, se muestra la interfaz principal de la herramienta ofimática creada para el control de inventarios y en el Apéndice 18. Herramienta ofimática para el control de inventarios. Se realiza la descripción de cada uno de los módulos de la herramienta y en Apéndice 19 se muestra la herramienta ofimática desarrollada en el software *Excel* para el control de inventarios.

Figura 37

Módulos herramienta ofimática.

The image displays the main interface of the inventory management software, divided into four main functional areas:

- SISTEMA DE INVENTARIO DE COMPRAS Y PRODUCCIÓN:** The main dashboard with four buttons: COMPRAS, PRODUCCIÓN, INVENTARIO, and PRONÓSTICO DEMANDA Y COMPRAS.
- NUEVA COMPRA:** A form for entering purchase data, including fields for Fecha, Cód de Bobina, Color, Calibre, Proveedor, and Metros de Compra.
- REGISTRO COMPRAS:** A table showing a list of purchases with columns for Fecha, Cód de bobina, Color, Calibre, Proveedor, Metros de Compra, and Detalle de Compra.
- NUEVA PRODUCCIÓN:** A form for entering production data, including fields for Fecha, N° de Orden, Cód de Bobina, Proveedor, Color, Calibre, and Metros de Producción.
- REGISTRO PRODUCCIÓN:** A table showing a list of production records with columns for Fecha, N° de Orden, Cód de bobina, Proveedor, Color, Calibre, and Cantidad Metros producidos.
- INVENTARIO:** A screen for managing inventory levels. It features a table for 'Cantidad Metros lineales totales' and a table for 'Cantidad Metros lineales' with columns for Fecha, Cód de bobina, Color, Calibre, and Cantidad Metros lineales.
- PRONÓSTICO DEMANDA Y COMPRA:** Two tables side-by-side for forecasting demand and purchases, with columns for color and fecha.

6.3. Propuesta de mejora para la reducción de tiempos de alistamiento (SMED)

La aplicación Smed se enfoca en la reducción del tiempo empleado en aquellas operaciones que generan desperdicio de tiempo productivo durante la jornada laboral ya requieren de alistamiento de maquinaria, herramienta o equipo el cual representa el 12,7% del tiempo contributivo como se evidencia en el diagnóstico del proceso. La aplicación de Smed se llevó a cabo mediante la siguiente metodología.

6.3.1. Identificación de actividades objeto de mejora

Por medio del estudio de tiempos, se identificó las diferentes operaciones que presentan oportunidad de mejora para los tiempos de alistamiento y preparación. Para la fabricación de los diferentes productos, el alistamiento de materia prima (bobinas de láminas de acero) tarda en promedio 265 segundos en el proceso de alistar, transportar y montar la bobina en el debobinador para el cambio de referencia.

6.3.2. Clasificación de actividades internas y externas

Posteriormente se dividió la operación en elementos identificando las actividades que poseen tiempo interno que corresponde a aquellas que se realizan con la máquina parada y las actividades que poseen tiempo externo que corresponden a aquellas que se realizan con la máquina en funcionamiento. La lista de actividades clasificada se presenta en la Tabla 9.

Tabla 9*Clasificación de las actividades de alistamiento de materia prima.*

ALISTAMIENTO DE MATERIA PRIMA					
Actividades internas			Actividades externas		
Actividad	Máquina	Tiempo (s)	Actividad	Máquina	Tiempo (s)
Desempaque de la Bobina	Manual	31,5	Extensión de fleje	Manual	27,4
Postura de la eslinga	Manual	18,3	-	-	-
Izaje de bobina	Puente Grúa	81,9	-	-	-
Postura de araña	Puente Grúa	53,9	-	-	-
Montaje en debobinador	Puente Grúa	40,8	-	-	-
Descargue de bobina	Puente Grúa	10,9	-	-	-

Como se observa en la Tabla 9, se encontró que actualmente todas las actividades que comprenden el alistamiento de materia prima a excepción de la extensión de fleje corresponden a actividades internas, es decir, son actividades que se realizan con la máquina parada. Estas actividades representan aproximadamente 4.41 minutos por cada cambio de referencia.

6.3.3. Diseño y aplicación de estrategia de mejora

Luego de conocer las actividades que componen el tiempo interno y externo, se diseñó la estrategia que permite convertir la mayor parte del tiempo interno en tiempo externo; la estrategia se contempla la adecuación de pasillos para movimiento de material propuestos en la distribución de planta, la utilización de un segundo debobinador el cual se encuentra a disposición en la planta, la utilización del transpalet y la asignación de un operario (patín) que

realice la operación de alistamiento y transporte en la medida en que la producción lo requiera. De esta manera se logró transformar todas las actividades internas en externas.

6.3.4. Estandarización de actividades de alistamiento de materia prima

Se realizó la estandarización de las actividades que intervienen en el alistamiento de materia prima para la fabricación de los diferentes productos, se crea un manual de procedimiento en el que se dan las pautas y criterios para tener en cuenta para su correcto funcionamiento, este se puede evidenciar en el Apéndice 20. Manual de procedimiento para las actividades de alistamiento de materia prima.

6.4 Sistema a prueba de errores – POKA YOKE

La técnica poka - yoke es una herramienta que permite evitar los errores en las operaciones de un sistema productivo, este sistema busca evitar que se presente el error humano o si se comete el error, este resalte y sea evidente para quien lo ha cometido. El objetivo es lograr culminar productos u operaciones con cero defectos.

En las operaciones realizadas en el área de fabricación de remates se identificaron las operaciones de corte y marcaje de las láminas de acero para el doblado como fuentes de error a la hora de tomar las medidas requeridas del producto que son ocasionadas por no contar con sistemas que eviten que el operario incurra en un error. El tomar las medidas erróneas ocasiona que el producto final no cumpla con las especificaciones exigidas para la obra final. Para lograr eliminar el error ocasionado en las operaciones objeto de estudio se crean dos sistemas que permitan corregir los errores en los que se están incurriendo.

6.4.1. Poka – Yoke para la operación de corte

En la operación de corte se necesita tomar medidas que permitan calcular la dimensión de la lámina de acero que se desea cortar, esta operación actualmente se realiza de forma manual lo que en ocasiones causa que la medida no sea exacta y el producto no cumpla con las especificaciones necesarias para el desarrollo. Actualmente se tiene un sistema rudimentario para la delimitación de la medida el cual cuenta con dos soportes de madera en forma de triángulo sobre los que se adapta una tabla en la cual se marca la medida para la dimensión del fleje. En la Figura 38. Estructura actual para medición en la operación de corte, se muestra el sistema que actualmente maneja la empresa para realizar esta actividad.

Figura 38

Estructura actual para medición en la operación de corte.

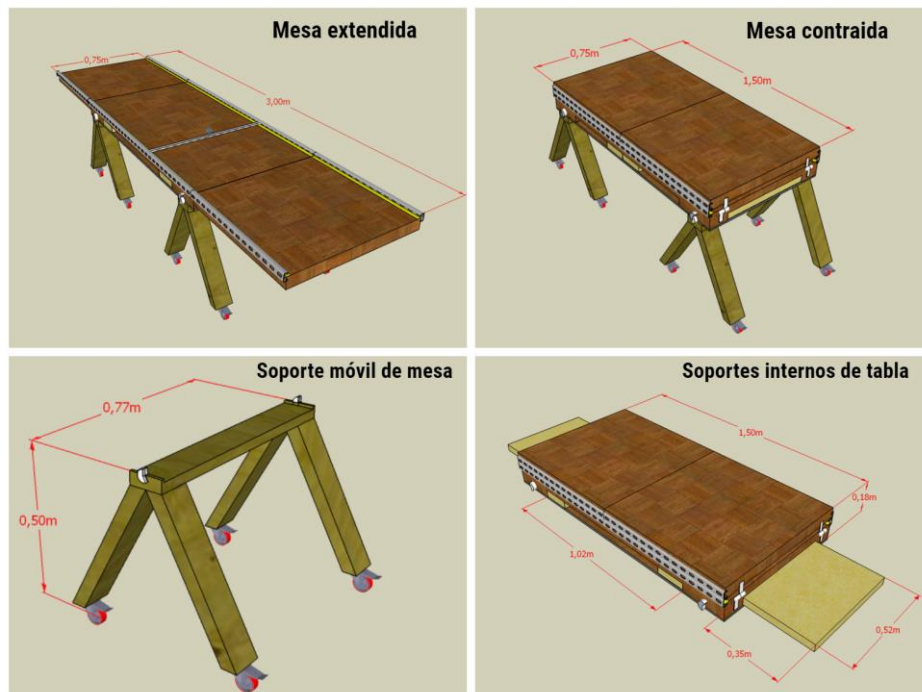


6.4.1.1. Propuesta de mejora para la operación de corte. Con el fin de evitar los errores que pueden presentarse durante la medición longitudinal para realizar la operación de corte y facilitar el transporte hacia el área de doblado se diseñó el prototipo de una mesa en el software *SketchUp* de animación 3D. La mesa está compuesta por una estructura móvil de madera con un

sistema de rodachines para facilitar su desplazamiento dentro de las instalaciones de la planta y por una tabla metálica con la característica de doblarse y reducir su longitud de manera que ocupe un menor espacio cuando no se esté ejecutando la operación de corte, además posee una cinta métrica junto con una guía móvil que se desplaza mediante rieles que permiten ajustar y fijar la longitud de las piezas a cortar evitando posibles errores en la operación. A continuación, se muestran perspectivas del diseño de la mesa.

Figura 39

Diseño de mesa móvil para operación de corte.



En la Figura 39 se muestran las dimensiones de la mesa, se ajustaron de manera que facilite la ejecución de la operación de corte, por tanto, la mesa extendida tiene 3 metros de longitud, 75 centímetros de amplitud y 68 centímetros de altura. Cuando la mesa es contraída el cambio puede evidenciarse en la reducción de su longitud a la mitad siendo esta de 1.5 metros, esto es esencial para optimización de espacios dentro de la planta de producción. Además, tiene la

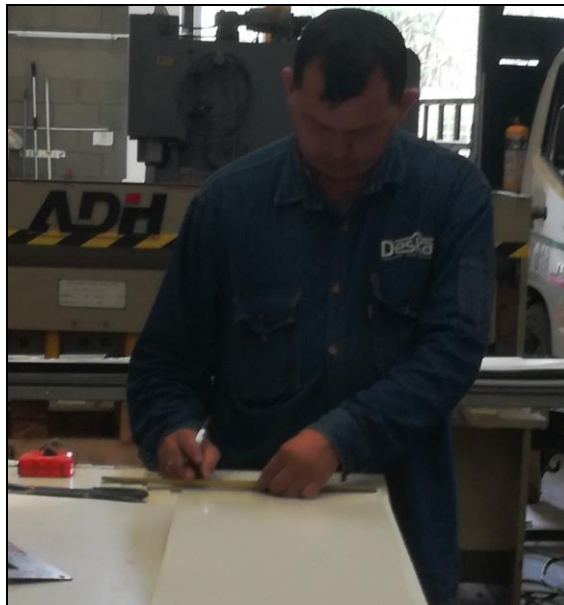
facilidad de transportar el producto en proceso hacia el área de medición evitando el esfuerzo de los operarios en los transportes repetitivos entre las dos áreas.

6.4.2. Poka – Yoke para la operación de medición

En la fabricación de remates y caballetes es necesario realizar la operación de marcaje de los pliegues, esto se realiza a fin de marcar las posiciones donde se realiza el doblado. Actualmente en la empresa se utiliza un metro para este fin como se evidencia en la Figura 40. Procedimiento para la marcación de pliegues, esto ocasiona que se dedique gran cantidad de tiempo en esta actividad y en ocasiones las medidas no son precisas lo que conlleva a que el producto final sea defectuoso.

Figura 40

Procedimiento para marcación de los pliegues.



La empresa en su planta de producción tiene referencias de producto de cada una de sus líneas; la línea de remate maneja las referencias contramuro D30, contramuro D20 y contramuro D12 y la línea de caballetes las referencias caballete convencional, limatesa, trapezoidal, cumbrera D30, cumbrera D24, cada una de estas referencias tiene unas medidas específicas para su desarrollo.

6.4.2.1. Propuesta de mejora para la operación de medición. Para agilizar y evitar errores en la medición durante el desarrollo de las tareas de marcación de los flejes de lámina de acero se crean unas guías de cada referencia estándar que maneja la empresa. La guía fue fabricada en lámina de acero y esta contiene las medidas estándar para la fabricación de cada una de las referencias de productos de manera que el operario cuando necesite realizar la actividad de marcación ubica la guía sobre la lámina y marcan los puntos de referencia para el doblado. A continuación, se muestran imágenes de cada una de las referencias creadas las cuales permiten llevar a cabo cada uno de los desarrollos en la planta de producción.

Figura 41

Guías para el desarrollo de remates y caballetes.

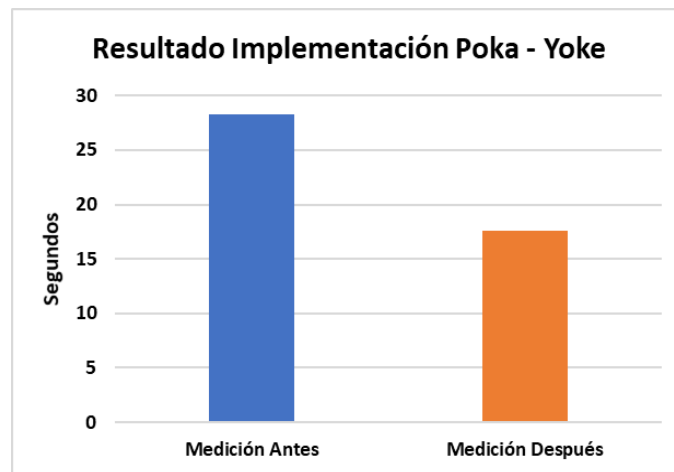


6.4.2.2. Resultados de la aplicación de Poka – Yoke en la operación de medición.

Implementado el sistema cero errores (Poka – Yoke) en la actividad de medición se realiza una comparativa de los tiempos antes y después de aplicada la herramienta como se muestra en el Apéndice 21. Tiempos de operación de medición.

Figura 42

Tiempos de marcación de pliegues para los desarrollos de remates y caballetes.



En la Figura 42 se evidencia que el tiempo promedio empleado para la medición antes de la mejora implementada correspondía a 28.2 segundos y después de implementada el tiempo promedio empleado corresponde a 17.5 segundos logrando una reducción del 37.9 % aproximadamente.

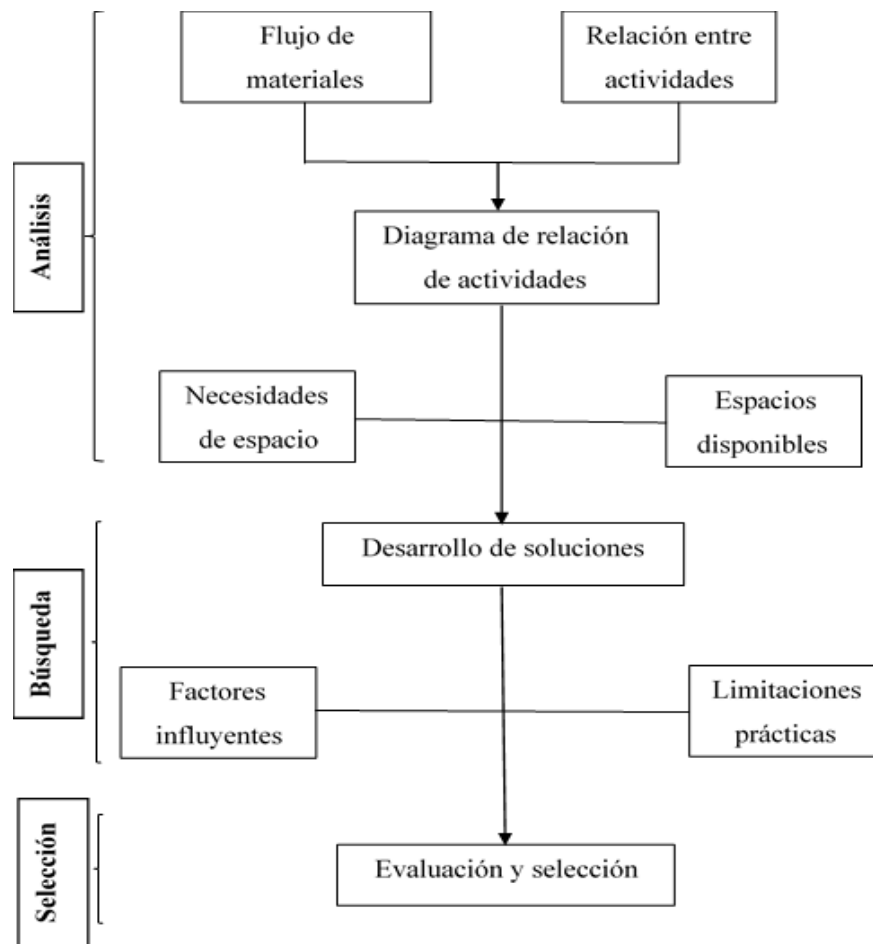
6.5 Propuesta de mejora para redistribución de planta

El mejoramiento del proceso productivo de la empresa Prada Alviar, implica la realización de una redistribución de planta que permita disminuir los recorridos extensos que se presentan para la realización de las diferentes operaciones de cada uno de los productos, lo cual conduce a una reducción de tiempos de fabricación y a un mejor aprovechamiento del espacio físico de la planta de producción.

Para el análisis de distribución de planta se utiliza el método de *Systematic Layout Planning*, más conocido como SLP, el cual provee de una base para el análisis, búsqueda y selección de posibles soluciones al problema de distribución. Este método permite la organización de los espacios de trabajo dispuestos en la planta de producción que presenten alta frecuencia de utilización y posean relaciones lógicas cercanas entre sí. Las etapas que maneja el método SLP se observan en la Figura 43.

Figura 43

Esquema general del SLP (Systematic Layout Planning).



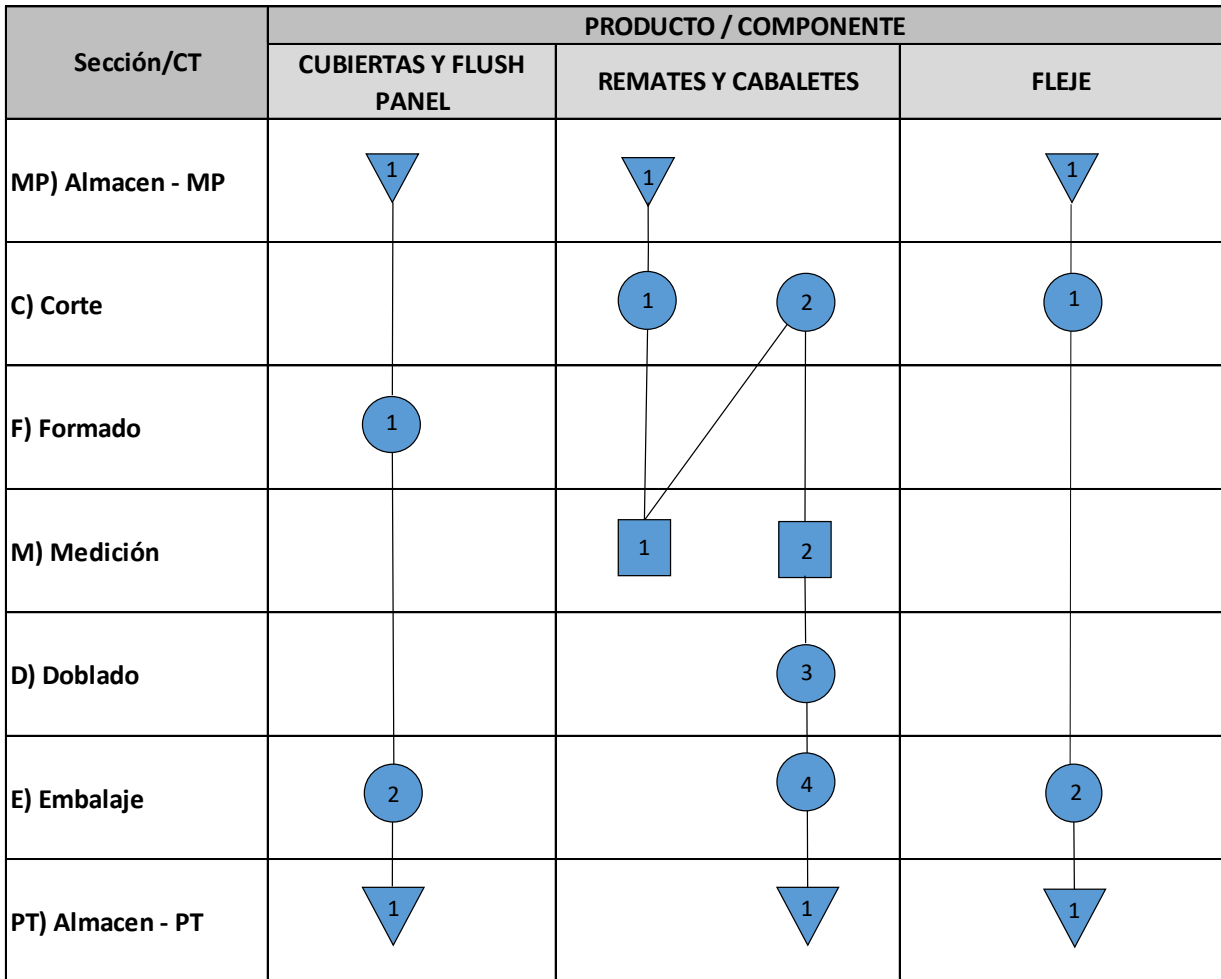
Nota. Tomado de diseño de sistemas productivos (p.157), Albert Suñe, Francisco Gil, Ignacio Arcusa, 2004, Díaz de Santos.

6.5.1. Flujo de materiales

A partir de la descripción del proceso de producción se analiza el flujo de materiales. Específicamente se partirá de las secuencias de actividades que sigue cada producto a fin de establecer las relaciones existentes entre las diferentes operaciones. Con la información del proceso se construye el diagrama multiproducto el cual muestra la demanda y el flujo de material entre las diferentes zonas de trabajo como se muestra en la Figura 44.

Figura 44

Diagrama multiproducto.



De esta manera se establece la secuencia de actividades realizadas para cada producto con el fin de determinar la relación de actividades que existe en las diferentes secciones de trabajo para los diferentes productos.

6.5.2. Relación de actividades

La relación de actividades establece un criterio cuantitativo que representa el nivel de importancia de la relación entre los diferentes centros de trabajo. Algunos de los criterios más utilizados son el flujo de materiales, costos de producción, optimización de espacios y distancias, inclusive se puede optar por criterios de tipo cualitativo como necesidad de supervisión, contacto frecuente, entre otros.

Para el análisis de la relación de actividades es necesario conocer las cantidades a producir de cada uno de los productos, por lo cual se toma como referencia el promedio de la producción de los años 2017,2018 y 2019, de las cubiertas, flush panel, remates, caballetes y fleje como se muestra en la Figura 45. Las cantidades de producción junto con el diagrama de proceso permite establecer la importancia existente entre los diferentes centros de trabajo.

Figura 45

Producción del 2017 a 2019.

Producción de metros lineales				
Cubierta	Flush Panel	Remates	Caballetes	Fleje
144529,03	7602,83	13670,89	2078,86	2746,56

Matriz de origen – destino

La matriz de origen destino se realiza a partir del promedio de los datos de producción de los años 2017, 2018 y 2019 como se muestra en la Figura 46, esta matriz establece el flujo total de material entre los diferentes centros de trabajo.

Figura 46

Matriz origen – destino de volúmenes.

De \ A	C	F	M	D	E	PT
MP	18.496,31	152.131,86				
	C		62.999		2.078,86	
		F			152.131,86	
			M	31.499,50		
				D	31.499,50	
					E	186.775,09

6.5.3. Diagrama de relaciones de actividades

A partir de la matriz origen - destino de volúmenes se realizó la calificación de adyacencias por medio de una escala designada que permite evaluar las relaciones de acuerdo con cinco clases para las interacciones de cercanía entre centros de trabajo en la Figura 47. Calificación de adyacencias para la matriz origen – destino, presenta las clases usadas con los respectivos rangos de acuerdo con flujo de material que se presenta entre las diferentes áreas y de esta manera se establece la intensidad de relación existente.

Figura 47

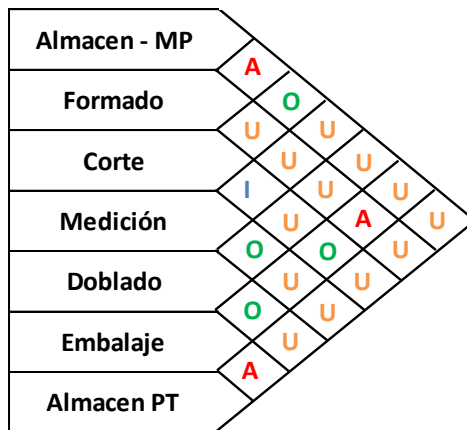
Calificación de adyacencias para la matriz origen – destino.

Valor	Clase	Rango	Intensidad Relación
10	A Absolutamente necesaria	140.767.9575 - 186.775,09	IIII
5	E Especialmente importante	94.760,825 - 140.767.9575	III
2	I Importante	48.753,6925 - 94.760,825	II
1	O Ordinaria	2.746,56 - 48.753,6925	I
0	U No importante	0	

Una vez identificados los rangos y la intensidad de las relaciones existentes entre los diferentes centros de trabajo se construye el diagrama de relación de actividades que permite comparar las diferentes áreas e identificar la afinidad entre cada una de ellas, como se muestra en la Figura 48.

Figura 48

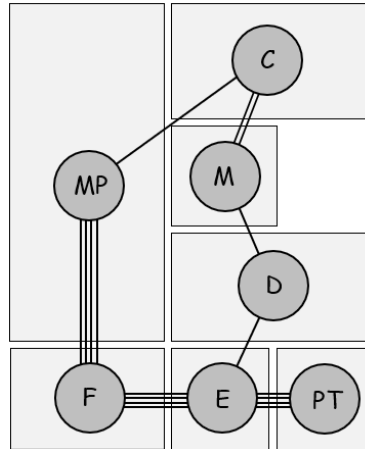
Diagrama de relación de actividades.



A partir de la clasificación de las relaciones se plantea un bosquejo del diagrama de relaciones donde se consideran las posibles posiciones que deberían llevar cada uno de los centros de trabajo, es recomendable dibujar el diagrama de relaciones de mayor a menor relación, se dibuja el número de líneas entre los centros productivos de acuerdo con la clasificación correspondiente entre ellos, en la Figura 49 se muestra un bosquejo de las posibles soluciones al problema de distribución.

Figura 49

Diagrama relacional de áreas.



6.5.4. Necesidades de espacio

Para la determinar las necesidades de superficie para cada uno de los centros de trabajo se usa como referencia la resolución 2400 de 1979 del ministerio de trabajo, la cual establece los lineamientos básicos que se deben tener en cuenta al determinar las necesidades de espacio para cada área de trabajo. Algunos de los criterios que se tienen en cuenta de esta norma son los siguientes:

- La anchura mínima de los pasillos interiores de las instalaciones de trabajo serán de 1.2 metros.
- Distancia entre máquinas, aparatos y equipos no será menor a 0.8 metros.
- Para las máquinas, aparatos y equipos que contengan elementos móviles se dejara un espacio libre de 1.5 metros a partir del punto más saliente.

A partir de los lineamientos establecidos se calcula el espacio para cada área de trabajo involucrada en el proceso productivo de la empresa, estos cálculos se muestran en la Figura 50. Requerimientos de espacios para la distribución de planta.

Figura 50

Requerimientos de espacio para la distribución de planta.

Centro de trabajo	Superficie			Lados de operación	Necesidades de espacio adicional		Total
	Largo	Ancho	Área		Área operario	Área proceso	
Almacenamiento MP	18,68	9,26	172,95	0	0	0	172,95
Formado	5,15	1,3	6,695	2	5,8	8,08	20,575
Corte	3,2	3,05	9,76	1	2,44	12	24,2
Dobladora	1,6	3,07	4,912	1	3,68	6,94	15,532
Medición	2,43	1,23	2,9889	4	8,4	1,32	12,7089
Zona Embalaje	3	3	9	0	0	0	9
Zona PT	3	3	9	0	0	0	9
Superficie Total St							263,9659

6.5.5. Desarrollo de soluciones

La planta de producción cuenta con un área de 492 m² en la cual se desarrolla el proceso productivo, para plantear las alternativas es necesario contemplar las siguientes restricciones.

- Las oficinas y baños tienen un área de 44.25 m².
- Las escaleras de acceso a segundo nivel tienen un área de 4.89 m².
- Cuarto de almacenaje de insumos y herramientas 26.88 m².
- Puente grúa un área de 172.95 m², este es el lugar para la ubicación de la materia prima.
- Estante para almacenar sobrantes de obras 4.2 m².

Determinadas las superficies y demás requerimientos que se analizaron en los apartados anteriores se procede al planteamiento de las posibles alternativas para la propuesta de mejora en la distribución de planta, en el siguiente literal se presentan la descripción de cada una de las alternativas y en el Apéndice 22 se anexan los planos de cada una de las alternativas planteadas para la redistribución de planta.

6.5.5.1. Descripción de alternativas. La construcción de alternativas se realiza a partir de los parámetros establecidos en la redistribución de planta, además se tuvo en cuenta las diferentes propuestas de mejora planteadas que afectan la infraestructura de la distribución como la reducción de tiempos de alistamiento y la gestión de inventarios.

Alternativa 1. Esta alternativa en primer lugar contempla la reubicación de los espacios de trabajo de acuerdo al diagrama relacional de áreas, además se contempla una reducción del inventario en un 30% por lo que se opta por retirar el puente grúa de menor longitud, se habilitan dos pasillos dentro del área de almacenamiento lo cual permite el rápido alistamiento y transporte de materia prima por medio del transpalet y se dispone de un espacio cerca del área de corte para el almacenado de las colas de fleje restantes de la producción.

Alternativa 2. Esta alternativa contempla la reubicación de los centros de trabajo logrando mayor cercanía de acuerdo con el diagrama relacional de áreas, además de la disposición y acondicionamiento de un espacio cerca del área de corte para la ubicación de las colas de fleje restantes de la producción.

Alternativa 3. Esta alternativa contempla la reubicación de los centros de trabajo involucrados con el proceso de los remates, caballetes y flejes hacía un costado de la planta manteniendo la relación entre las diferentes áreas, se crea un pasillo entre el área de

almacenamiento de materia prima para reducir el tiempo de alistamiento y transporte por medio del uso del transpalet y se acondiciona un espacio para la ubicación de las colas de fleje restantes de la producción cerca del área de corte.

6.5.6. Evaluación de alternativas

Finalmente se procede a realizar la evaluación de las diferentes alternativas que se plantearon en el apartado anterior, para ello se tiene en cuenta los criterios cuantitativos relacionados con el flujo de materia como se evidencia en el diagrama de relaciones además de las distancias recorridas para cada producto. A partir de estos criterios se realiza la evaluación de desempeño por adyacencias y distancias entre los centros de trabajo.

6.5.6.1. Calificación de adyacencias. Es una medida de desempeño que indica el porcentaje de cumplimiento determinado en el diagrama de relaciones de actividades. El desarrollo de la calificación de adyacencias se realiza a partir de la matriz de relación de actividades asignando los valores de calificación previamente establecidos como se muestra en la Figura 47. Calificación de adyacencias para la matriz origen – destino. El cálculo del porcentaje de adyacencias se calcula a partir de la siguiente formula:

$$\% \text{ Cumplimiento} = \frac{\text{calificación de adyacencia alternativa}}{\text{calificación de adyacencias matriz de relación de actividades}} * 100$$

Las calificaciones de adyacencias se realizan para cada una de las alternativas las cuales se presentan en la Figura 51, en donde se muestra el porcentaje de cumplimiento para cada uno de los escenarios planteados los cuales junto con el modelo de relación de actividades actual son comparados con el modelo ideal con el fin de tener un punto de referencia para la toma de decisiones en la redistribución de planta.

Figura 51*Evaluación de adyacencias para las alternativas.*

Alternativa	Tipo de relación	Relaciones cumplidas	Calificación por cumplimiento	Total	% Cumplimiento
1	A	3	10	30	97,22%
	E	0	5	0	
	I	1	2	2	
	O	3	1	3	
	U	0	0	0	
Calificación Total				35	
2	A	3	10	30	94,44%
	E	0	5	0	
	I	1	2	2	
	O	2	1	2	
	U	0	0	0	
Calificación Total				34	
3	A	3	10	30	91,67%
	E	0	5	0	
	I	0	2	0	
	O	3	1	3	
	U	0	0	0	
Calificación Total				33	
Actual	A	3	10	30	94,44%
	E	0	5	0	
	I	1	2	2	
	O	2	1	2	
	U	0	0	0	
Calificación Total				34	
Ideal	A	3	10	30	100%
	E	0	5	0	
	I	1	2	2	
	O	4	1	4	
	U	0	0	0	
Calificación Total				36	

Definidas la medida de desempeño por adyacencias entre centros de trabajo se encontró que el escenario con mejor desempeño hace referencia a la alternativa número 1, con un cumplimiento del 97.22%. Para tener una mayor certeza en la elección de la mejor alternativa se realiza una calificación de distancias en la que se busca determinar las distancias recorridas en la elaboración de un producto.

6.5.6.2. Calificación de distancias. La calificación de distancias se realiza para determinar los recorridos que el producto realiza a través de los diferentes centros de trabajo. Es una medida cuantitativa que contempla el valor de las distancias recorridas por cada producto entre los centros de trabajo con lo cual se busca reducir los recorridos entre áreas. Esta medida permite tener otro enfoque además de la evaluación de adyacencias para apoyar la toma de decisiones.

Figura 52

Calificación de distancias para alternativas.

DISTANCIAS RECORRIDAS PARA CADA PRODUCTO (m)				
Producto	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Distribución Actual
Cubierta	16,4	15,77	16,18	17,58
Flush Panel	16,4	15,77	16,18	17,58
Remates	33,4	38,67	38,19	46,36
Caballetes	33,4	38,67	38,19	46,36
Fleje	21,6	26,44	30,53	37,13
TOTAL	121,2	135,32	139,27	165,01

En la Figura 52. Calificación de distancias para alternativas, permite observar que en las alternativas 1, 2 y 3 se logró una reducción del 26.55%, 17.99% y 15.6% respectivamente en comparación a la distribución actual.

6.5.7. Selección de la alternativa de redistribución de planta

De acuerdo con la evaluación de adyacencias y calificación de distancias se observa que el mejor escenario de redistribución de planta corresponde a la alternativa número uno. Esta alternativa presenta un 97.22% de afinidad en adyacencias entre centros de trabajo y en la calificación de distancias se realiza un recorrido de 122.5 metros logrando reducir un 26.55% el recorrido que realiza el proceso actualmente. La alternativa de distribución de planta se puede observar a detalle en el Apéndice 23. Distribución de planta seleccionada.

7. Simulación del proceso productivo

En el mejoramiento de los procesos de las organizaciones, el uso de recursos basados en la dinámica de sistemas permiten realizar un análisis previo al proceso generando información que brinda soporte a la toma de decisiones sin alterar el sistema real. En este caso el software de simulación *Flexsim* permite analizar diferentes situaciones que pueden llegar a presentarse en el sistema real de la empresa Prada Alviar. El uso de esta herramienta permite la experimentación de los diferentes escenarios donde se evalúan alternativas de configuración de recursos como fuerza laboral, maquinaria y distribución planta con respecto a variables de capacidad de producción y tiempo medio de flujo que permitan realizar un análisis del comportamiento de la productividad.

7.1 Planteamiento del problema de simulación

A partir del diagnóstico realizado al proceso productivo de la empresa Prada Alviar, se logró conocer que existen diversos problemas que impactan la productividad de la organización y que a su vez se reflejan en la pérdida de tiempo de la jornada laboral debido a factores relacionados con fallas en la coordinación de actividades, aprovechamiento de la fuerza laboral, flujo del proceso, demoras en alistamiento y utilización de espacios de la planta. Por medio de la simulación del sistema se busca evaluar el impacto que tienen los cambios realizados con las propuestas de mejora en la productividad de la empresa principalmente por medio de las variables de tiempo medio de flujo y capacidad, además de otras medidas de desempeño del

sistema. Por consiguiente, el modelo a simular representa un sistema terminal el cual se evaluará en espacio de tiempo de un mes de operación de la empresa.

7.2 Metodología de la simulación

El desarrollo de la simulación del sistema se realizó por medio de las siguientes fases:

7.2.1. Recolección y validación de datos

La recolección de datos corresponde a la información de entrada relacionada con los tiempos del proceso productivo que debe ser ingresada al software de simulación de tal manera que permita caracterizar el comportamiento sistema. Los datos fueron recolectados previamente por medio del muestreo de trabajo y el estudio de tiempo por cronómetro. Posteriormente se realiza un análisis estadístico a los tiempos del proceso para la elaboración de los diferentes productos. Para ello se utiliza la herramienta Expertfit la cual se encuentra incorporada al software Flexsim, que permite realizar pruebas de bondad y ajuste con el fin de conocer las distribuciones de probabilidad que mayor afinidad tienen con los datos.

Con los datos obtenidos en el estudio de tiempos y el muestreo de trabajo, se realizó el análisis estadístico, donde se obtuvo las distribuciones de probabilidad con sus respectivos parámetros para los datos de tiempos de operación del proceso productivo como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10*Distribución de probabilidad para tiempos de operación.*

OPERACIÓN	DISTRIBUCIÓN
Corte Transversal	Weibull (7.509105, 4.964960, 2.522896)
Doblado	Loglaplace (0.000000, 56.339992, 24.680471)
Marcaje de pliegues	Weibull (10.323420, 18.749289, 4.916862)
Formado	beta (2.685177, 3.737240, 1.187766, 1.226479)
Embalaje	beta (16.295802, 21.204710, 1.151241, 1.372256)
Alistamiento	Johnson SB: Lower124.2, Upper134.93, Shape1-0.92, Shape2 0.83
Alistamiento carga	Johnsonbounded (124.196302, 134.939420, -0.919304, 0.836212)
Descarga puente grúa	Beta (103.464355, 112.117391, 1.019306, 3.683993)

Los resultados estadísticos generados para cada una de las operaciones que intervienen en el desarrollo del proceso productivo se muestra en el Apéndice 24. Donde se presenta a detalle las distribuciones que tienen mejor ajuste a los tiempos de operación

7.2.2. Construcción del modelo de simulación del sistema actual - Escenario 1

Para la construcción del modelo de simulación del sistema actual, se utiliza la interfaz gráfica del software de simulación en el cual se incorporan los elementos del sistema real como lo son el espacio de trabajo, materiales, maquinaria, equipo y personal. Además, se ingresan los datos del tiempo del proceso que se analizaron previamente, de tal manera que el sistema modelado se ajuste al sistema real. A continuación, se muestra la interfaz gráfica del modelo de simulación el

de trabajo, este porcentaje representa 2'661.120 segundos durante el año y se tiene que la producción del año 2019 fue de 190.304 metros de lámina de acero. La validación del modelo permite comparar la producción del año 2019 con los resultados obtenidos de la simulación en el escenario 1, permitiendo inferir acerca de la similitud del comportamiento del modelo simulado en relación con el sistema real. En la siguiente tabla se presentan los resultados de la validación del modelo.

Tabla 11

Intervalos de confianza para la capacidad productiva.

Análisis capacidad - nivel de confianza del 90%	
Proceso	Intervalo de confianza
Capacidad Cubiertas	176.932 < 176.941 < 176.950
Capacidad Remates	18.950 < 18.953 < 18.956
Capacidad Total	195.886 < 195.895 < 195.904
Análisis capacidad - nivel de confianza del 95%	
Proceso	Intervalo de confianza
Capacidad Cubiertas	176.931 < 176.941 < 176.951
Capacidad Remates	18.950 < 18.953 < 18.956
Capacidad Total	195.883 < 195.895 < 195.907
Análisis capacidad - nivel de confianza del 99%	
Proceso	Intervalo de confianza
Capacidad Cubiertas	176.926 < 176.941 < 176.956
Capacidad Remates	18.949 < 18.953 < 18.957
Capacidad Total	195.878 < 195.895 < 195.912

En la Tabla 11 se presentan los intervalos de confianza para los resultados de la capacidad productiva obtenidos a partir de la simulación del escenario 1 con un nivel de confianza del 90%, 95% y 99% para la fabricación de las cubiertas y remates.

Tabla 12

Validación del modelo de simulación.

Proceso	Sistema real		Escenario 1			
	Metros	Mínimo	Media	Máximo	Desv.	%Error
Capacidad Cubiertas	169.140	176.921	176.941	176.972	14.6	4.61%
Capacidad Remates	21.164	18.950	18.953	18.961	4.2	10.45%
Capacidad Total	190.305	195.880	195.895	195.934	15.9	2.94%

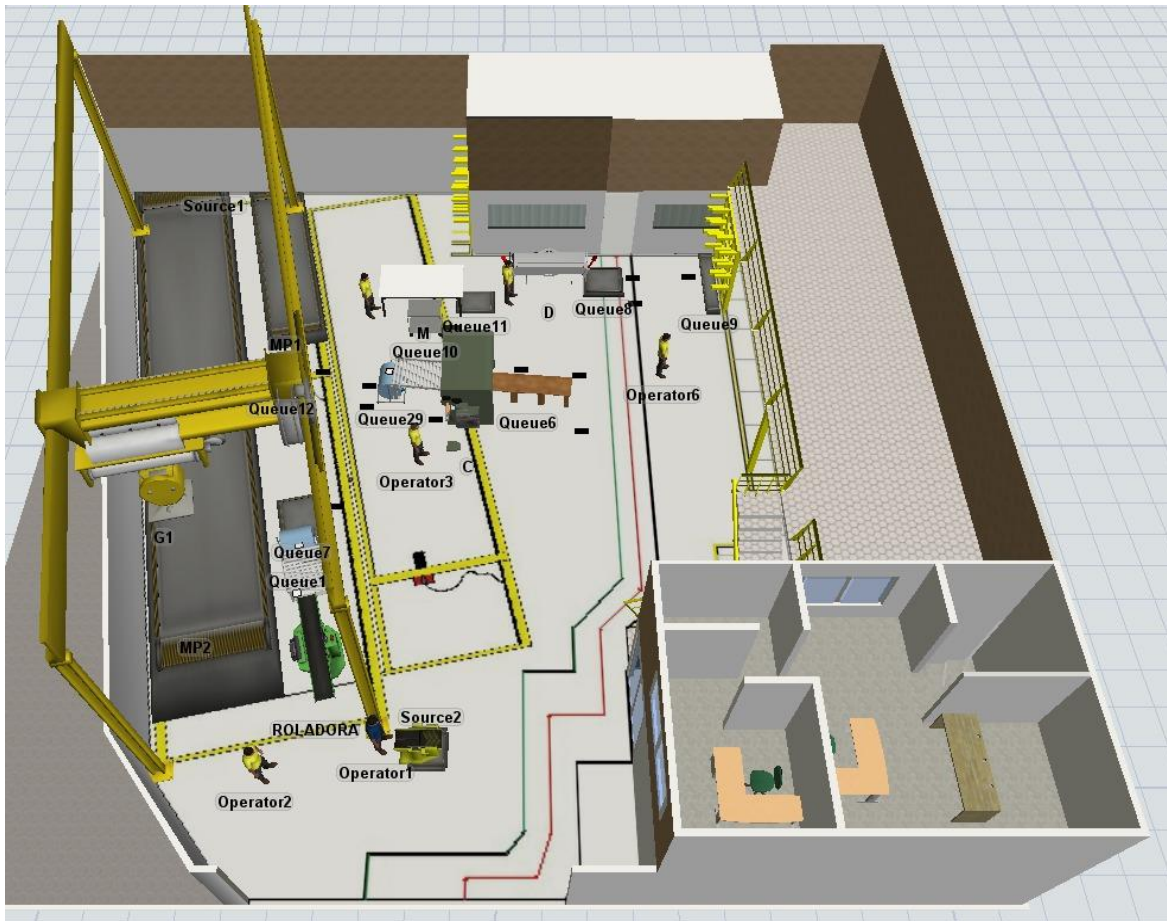
En la Tabla 12 observamos los valores reales de la producción de cubiertas, remates y la capacidad total durante el año 2019. A partir de los datos reales de producción y las medias que se obtienen en la simulación del escenario 1 para capacidad productiva de cubiertas y remates, se calcula el porcentaje de error obteniendo un 4.61% y 10.45% para la capacidad de cubiertas y remates respectivamente en relación con el sistema real. No obstante, se realizó la evaluación de la capacidad de producción total en la cual se obtiene un porcentaje de error del 2,94% lo cual indica que el escenario 1 realizado en la simulación se asimila al comportamiento real de la producción. De esta manera se procede a realizar el planteamiento y simulación del escenario 2 con las propuestas de mejora para el proceso productivo.

7.2.4. Planteamiento y simulación del mejoramiento del proceso - Escenario 2

Consiste en el modelado y experimentación del escenario 2 de simulación propuesto en el que se presenta la configuración de los recursos existentes en la planta de producción en relación con las propuestas de mejora planteadas para el proceso productivo. En el Apéndice 26 se presenta el modelo de simulación para el mejoramiento del proceso productivo y en la siguiente figura se muestra la interfaz gráfica del modelo propuesto.

Figura 54

Interfaz gráfica del escenario 2.



En la Figura 54 se evidencia la interfaz gráfica donde se muestra los cambios que se plantearon para la distribución de planta en el escenario 2, para este modelo se realizan los siguientes cambios.

1. Eliminación de un puente grúa.
2. Uso de la mesa móvil diseñada para la operación de corte.
3. Cambio posicional de las máquinas especialmente para la fabricación de remates.
4. Implementación de un proceso en línea para la fabricación de remates de manera que se agilice el flujo en el proceso.
5. Alistamiento de las bobinas se realice simultáneamente a la fabricación para que al momento de requerirlas se encuentren disponibles para el inicio del proceso y las pérdidas de tiempo por alistamiento de materia prima se reduzcan al mínimo.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el escenario 2 con las mejoras planteadas para el mejoramiento del proceso productivo.

Tabla 13

Intervalos de confianza para la capacidad en el modelo del mejoramiento.

Análisis capacidad - nivel de confianza del 90%	
Proceso	Intervalo de confianza
Capacidad	183.305 < 183.323 < 183.341
Cubiertas	
Capacidad	46.002 < 46.009 < 46.016
Remates	
Capacidad Total	229.313 < 229.334 < 229.355

Continuación tabla 13

Análisis capacidad - nivel de confianza del 95%	
Proceso	Intervalo de confianza
Capacidad	183.301 < 183.323 < 183.345
Cubiertas	
Capacidad	46.000 < 46.009 < 46.018
Remates	
Capacidad Total	229.309 < 229.334 < 229.359
Análisis capacidad - nivel de confianza del 99%	
Proceso	Intervalo de confianza
Capacidad	183.291 < 183.323 < 183.355
Cubiertas	
Capacidad	45.996 < 46.009 < 46.022
Remates	
Capacidad Total	229.298 < 229.334 < 229.370

En la Tabla 13 se presentan los intervalos de confianza para los resultados de la capacidad productiva obtenidos a partir de la simulación con un nivel de confianza del 90%, 95% y 99% para la fabricación de las cubiertas y remates y además el intervalo de confianza para la capacidad total de producción del sistema productivo.

Tabla 14*Resultados de la simulación para mejoramiento.*

Proceso	Sistema real			Escenario 2		
	Metros	Mínimo	Media	Máximo	Desv	% incremento
Capacidad Cubiertas	169.140	183.292	183.323	183.385	32	8.39%
Capacidad Remates	21.164	45.995	46.009	46.028	12.5	117.39%
Capacidad Total	190.305	229.296	229.334	229.414	35	20.51%

En la Tabla 14 observamos los valores reales de la producción de cubiertas, remates y la capacidad total durante el año 2019, con los cuales se efectúa la comparación con los datos obtenidos de la simulación para el escenario 2 el cual contempla las mejoras propuestas para el área de producción. A partir de los datos reales de producción y las medias de producción de cubiertas y remates que se obtienen del modelo de simulación realizado para el mejoramiento se observa un incremento en la capacidad productiva del 8.39% para la fabricación de cubiertas y 117.39% para la fabricación de remates en relación con el sistema real. Además, analizando el total de producción de los diferentes productos se obtiene un incremento del 20.51% en la capacidad productiva total de la planta de producción lo cual evidencia el efecto positivo de las mejoras propuestas para el proceso productivo de la empresa.

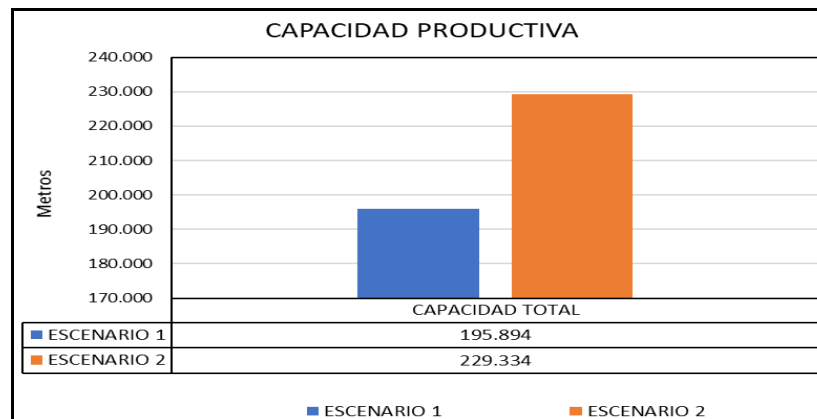
7.3. Análisis de resultados

Para el análisis de la experimentación se hace uso de módulo de *Experimenter* del software *Flexsim* en el cual se parametrizó la ventana de *performance measure* con las variables que permitieran realizar un análisis del comportamiento de los escenarios simulados. Además, se utilizó el *dashboard* de la ventana *statistics* de *Flexsim* para visualizar diferentes medidas que permiten realizar el análisis detallado del sistema. Con base en los resultados de la experimentación, se analizan la capacidad de producción y los tiempos medios de flujo con el fin de contrastar el escenario 2 planteado para el mejoramiento del proceso con el escenario 1 el cual simula el comportamiento del sistema real de tal manera que permita inferir a partir de los resultados obtenidos. A continuación, se presenta los resultados obtenidos de la simulación del proceso productivo de la empresa.

Capacidad de producción

Figura 55

Diagrama de capacidad productiva simulación.

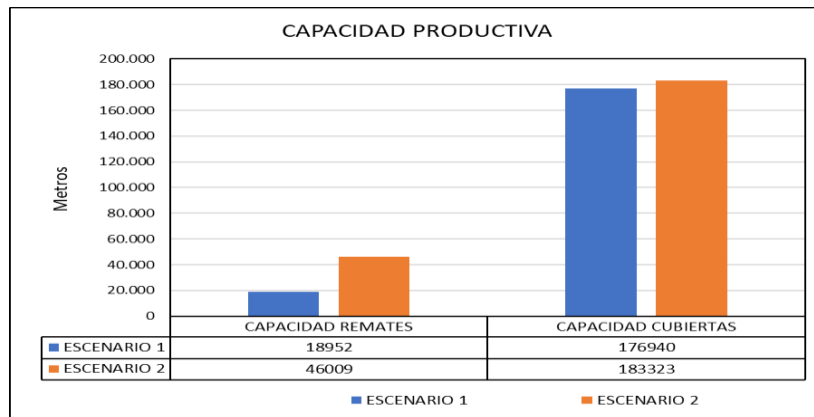


En la Figura 55 se puede evidenciar que los cambios realizados en la redistribución de planta permiten que las operaciones se agilicen y que los resultados se vean reflejados en el aumento de

la capacidad productiva. Después de simulado los escenarios de la situación actual y el de la mejora planteada se puede evidenciar un incremento en las unidades producidas durante el mismo transcurso de tiempo, en el escenario 1 se puede observar que la producción durante el año simulado corresponde a 195.894 metros y en el escenario 2 se observa que en el mismo horizonte de tiempo se logra producir 229.334 metros representando un incremento del 17% en la capacidad de producción.

Figura 56

Diagrama de capacidad de las cubiertas y remates en la simulación.

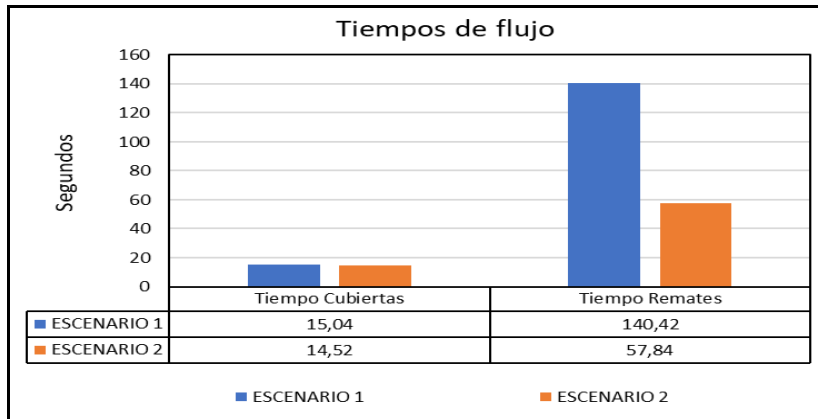


En la Figura 56 se evidencia el comportamiento de la capacidad productiva en detalle para los remates y cubiertas. Analizando la capacidad de ambas líneas de producción se evidencia un crecimiento del 142% en la fabricación de remates, esto debe en gran medida a la implementación de un proceso en línea lo que permite reducir al máximo las paradas por espera de producto para ser procesado en cada una de las máquinas que intervienen en el proceso. En los escenarios para la cubiertas se observa de igual manera un crecimiento en la capacidad productiva del 3.6% esto se logra a partir las mejoras realizadas en el alistamiento de la materia prima ya que se buscó reducir las paradas de la máquina roladora por medio de la aplicación de la herramienta smed.

Tiempo de flujo

Figura 57

Diagrama tiempos de flujo de simulación.



En la Figura 57 observamos que se presentan reducciones significativas en los tiempos de flujo del proceso, para la fabricación de las cubiertas se tiene en el escenario 1 un tiempo de flujo de 15.04 segundos y el escenario 2 un tiempo de 14.52 segundos. La diferencia entre los tiempos de los escenarios 1 y 2 representan un tiempo mínimo el cual en el lapso de un año permite el incremento en la capacidad en 6.383 metros de cubierta. El tiempo de flujo de la línea de producción de remates presenta un cambio más evidente, en la simulación del escenario 1 el tiempo medio de flujo es 140.42 segundos y con las mejoras implementadas en el proceso de los remates se logra reducir el tiempo medio de flujo a 57.84 segundos lo que en el año representa un incremento de 27.057 metros en la producción de remates lo cual se logra en gran medida por la creación de un proceso en línea.

Capacidad productiva

Figura 58

Diagrama capacidad productiva escenario 1

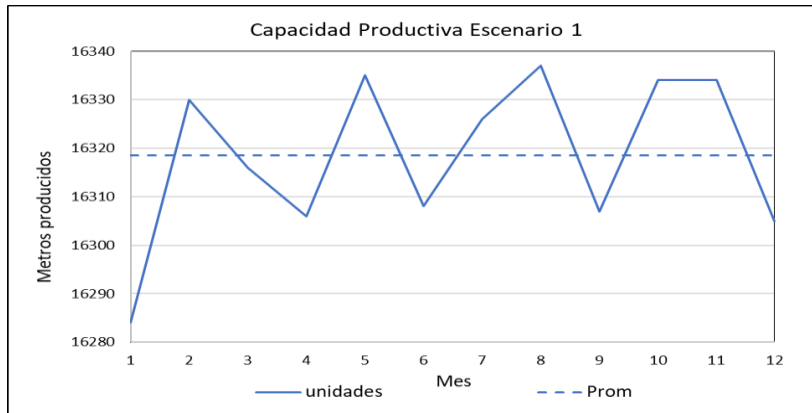
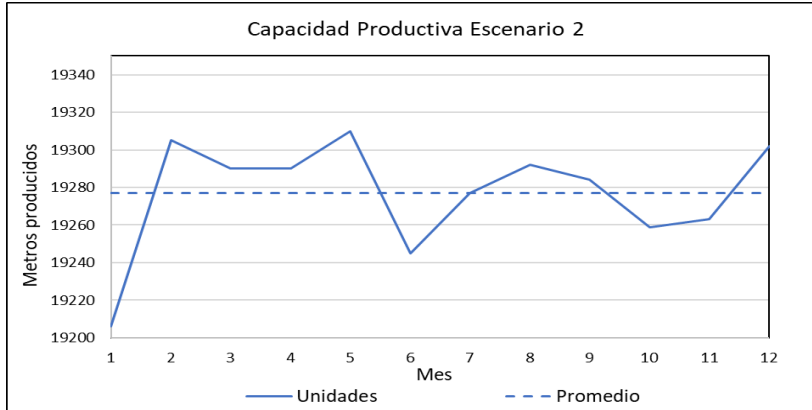


Figura 59

Diagrama capacidad productiva escenario 2.



Las Figuras 58 y 59 muestran el comportamiento de la capacidad productiva de las dos líneas de producción para el mismo horizonte de tiempo. Se puede evidenciar que el escenario 2 presenta un aumento en promedio de 2958 metros de lámina de acero producidas mensualmente con respecto al escenario 1, lo cual se logra por medio de la reorganización de los recursos disponibles siendo un indicador que muestra la eficiencia de la implementación de las propuestas de mejora y que permiten lograr un incremento en la productividad del proceso productivo.

Finalmente se concluye que implementar el mejoramiento del proceso productivo traen resultados favorables para la productividad de la empresa. Con medidas como la redistribución de planta, los sistemas a prueba de errores, el alistamiento de materia prima contribuyen a que el flujo del proceso sea más ágil y eficiente, la reducción en los tiempos de alistamiento y recorridos, paradas de maquinaria y la disminución en el esfuerzo físico de los trabajadores. Cada una de acciones implican un impacto positivo en los resultados del proceso productivo en el corto, mediano y largo plazo que se verán reflejados en el incremento de la productividad de la empresa.

8. Sistema de indicadores

8.1. Diseño de indicadores

Se diseñaron 6 indicadores de gestión que permitan realizar un seguimiento y control a las mejoras implementadas en el desarrollo del proyecto para la empresa Prada Alviar. El responsable de llevar a cabo el seguimiento de los indicadores será el supervisor de planta con el apoyo por parte de la gerencia.

Tabla 15

Indicadores de gestión para la empresa PRADA ALVIAR Ltda.

Indicador	Frecuencia	Meta
Cumplimiento de las 5's	Mensual	100%
Control de inventarios	Mensual	35%
% de productos defectuosos	Mensual	0%
Tiempo de alistamiento	Semanal	2.5 min
% espacio usado por MP	Mensual	76 m ²
Eficiencia de la capacidad	Mensual	80%

A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los indicadores de gestión planteados para el desarrollo del proyecto que permiten realizar seguimiento a las mejoras implementadas en la planta de producción de la empresa.

8.1.1. Indicador cumplimiento herramienta de las 5's

Para el seguimiento de la implementación de la herramienta de las cinco eses es necesario realizar un control que permita determinar la adaptación y el cumplimiento del programa de las cinco eses en la cultura de la empresa e identificar si los cambios realizados se han preservado. Para llevar el control del programa se diseña un indicador que permite medir mensualmente el nivel de cumplimiento de las 5's con respecto a los estándares propuestos. Para la recolección de la información necesaria para el cálculo del indicador se realizó el formato de chequeo que se muestra en el Apéndice 14, el cual es aplicado a final de mes por el responsable de la supervisión del programa. La ficha técnica del indicador se muestra en la Figura 60.

Figura 60

Ficha técnica indicador cumplimiento del programa de las 5's.

Ficha técnica indicador de cumplimiento de las 5'S							
N° Indicador	1	Nombre del indicador	Cumplimiento de las 5'S		Tipo de indicador	Eficacia	
Objetivo del indicador	Determinar el porcentaje de cumplimiento de cada aspecto involucrado en el programa.		Pertinencia del indicador	Permite conocer la eficacia en el seguimiento del programa implementado.			
Unidad de medida	Porcentaje (%)		Definición de variables de fórmula	Puntos item evaluado, corresponde a los puntos de cada uno de los criterios y los puntos totales corresponde al total de puntos en un comportamiento ideal.			
Fórmula para su cálculo	$\frac{\sum \text{Puntos item evaluado}}{\text{Total de puntos}}$		Aspectos metodológicos	Revisión general a la planta de producción para obtener la información para diligenciar los formatos.			
Fuente de los datos	Formato de chequeo del programa de las 5's.		Periodicidad de medición	Mensual			
Responsable de generar el indicador	Asistente administrativa planta de producción		Dirección del resultado	Gerencia, líderes de proceso, supervisor de planta de producción.			
Linea de base	40%	Meta	100%	Rango de evaluación	Excelente:>90%	Bueno:[70-90]%	Malo:<70%

8.1.2. Indicador control de inventario

Uno de los principales problemas presentes en la empresa es el sobreabastecimiento de materia prima debido a que no se cuenta con indicador que brinde información acerca del nivel de inventario con respecto al volumen de producción mensual. Con el propósito de realizar un seguimiento a la gestión de los inventarios se diseña un indicador que permita conocer el nivel de inventario que la empresa mantiene mensualmente en relación con el volumen mensual de producción para conocer qué tan acertada son las políticas de inventario establecidas por la empresa. En la siguiente figura se muestra la ficha técnica para la construcción del indicador de seguimiento para el control de inventarios.

Figura 61

Ficha técnica indicadora de nivel de inventario.

Ficha técnica indicador control de inventarios							
N° Indicador	2	Nombre del indicador	Control de inventarios		Tipo de indicador	Resultado	
Objetivo del indicador	Medir el excedente del inventario inicial con respecto a la producción mensual.		Pertinencia del indicador	Permite conocer el incremento del nivel de inventario con respecto al material requerido para la producción mensual con el fin de poder ajustar las políticas de inventario.			
Unidad de medida	Porcentaje (%)		Definición de variables de fórmula	Inventario inicial del periodo a medir, producción del periodo a medir.			
Fórmula para su cálculo	$\left(\frac{\text{Inventario inicial mes actual}}{\text{Producción mes actual}} - 1\right) * 100$		Aspectos metodológicos	Registrar diariamente los datos de producción y las compras en el periodo establecido.			
Fuente de los datos	Herramienta ofimática para el control de inventarios.		Periodicidad de medición	Mensual			
Responsable de generar el indicador	Supervisor de planta de producción.		Dirección del resultado	Gerencia, supervisor de planta de producción.			
Línea de base	174%	Meta	35%	Rango evaluación de	Excelente:<50%	Bueno:[50-100]%	Malo: >100%

8.1.3. Indicador de productos defectuosos

La empresa no cuenta con un indicador que permita dar seguimiento a los productos defectuosos, por tanto, se diseña un indicador que permita medir la proporción de piezas que son desechadas por algún defecto en su fabricación y las que son devueltas debido a que no cumplen con los requerimientos especificados por el cliente. El indicador de productos defectuosos permite tener información para tomar acciones encaminadas a la corrección de la causa que origina el error.

Para la recolección de los datos necesarios para el cálculo del indicador se realiza a través de un formato que permite llevar un control diario de la cantidad de metros lineales defectuosos que se encuentran en la producción, este formato se muestra en el Apéndice 27, los datos de producción mensual se obtienen de la herramienta ofimática proporcionada a la empresa. En la Figura 62 se presenta la ficha técnica del indicador de productos defectuosos.

Figura 62

Ficha técnica indicador productos defectuosos.

Ficha técnica indicador de productos defectuosos								
N° Indicador	3	Nombre del indicador	Porcentaje de productos defectuosos	Tipo de indicador	Resultado			
Objetivo del indicador	Conocer el porcentaje de productos defectuosos encontrados mensualmente en la producción.		Pertinencia del indicador	Identificar las operaciones con falencias para tomar acciones correctivas.				
Unidad de medida	Porcentaje (%)		Definición de variables de fórmula	Número total de piezas defectuosas que se registran en la producción mensual, producción del mismo mes.				
Fórmula para su cálculo	$\frac{\text{Total piezas defectuosas}}{\text{Producción mes actual}} * 100$		Aspectos metodológicos	Identificar el tipo de defecto: Defecto en proceso de fabricación, defecto identificado por devolución de producto y totalizar.				
Fuente de los datos	Formato de registro de productos defectuosos.		Periodicidad de medición	Mensual				
Responsable de generar el indicador	Supervisor de planta de producción		Dirección del resultado	Supervisor de planta de producción.				
Linea de base	0,5%	Meta	0%	Rango evaluación de	<table border="1"> <tr> <td>Excelente: 0%</td> <td>Bueno: [0 - 0,1]%</td> <td>Malo: >0,1%</td> </tr> </table>	Excelente: 0%	Bueno: [0 - 0,1]%	Malo: >0,1%
Excelente: 0%	Bueno: [0 - 0,1]%	Malo: >0,1%						

8.4.4. Indicador de tiempo de alistamiento

El alistamiento de la materia prima es la actividad que requiere de más tiempo para su ejecución por tal motivo es necesario llevar un control estricto que permita tener información acerca de su comportamiento en el proceso productivo. Para llevar a cabo el seguimiento se diseña un indicador que permita tener información constante y oportuna acerca del comportamiento de los tiempos de alistamiento de manera que se puedan tomar acciones correctivas al respecto, para la recolección de la información necesaria para el cálculo del indicador se diseña un formato el cual se muestra en el Apéndice 28. En la siguiente figura se muestra la ficha técnica del indicador para el control del alistamiento.

Figura 63

Ficha técnica del indicador de tiempo de alistamiento.

Ficha técnica indicador de tiempo de alistamiento							
N° Indicador	4	Nombre del indicador	Tiempo de alistamiento			Tipo de indicador	Resultado
Objetivo del indicador	Realizar seguimiento al tiempo empleado en la actividad de alistamiento de materia prima.		Pertinencia del indicador	Informa acerca de los cambios en el tiempo de alistamiento.			
Unidad de medida	Minutos		Definición de variables de fórmula	Tiempo de alistamiento.			
Fórmula para su cálculo	<i>Tiempo de alistamiento</i>		Aspectos metodológicos	Identificar los elementos de la actividad de alistamiento y cronometrar su duración total.			
Fuente de los datos	Formato de registro de tiempos de alistamiento.		Periodicidad de medición	Semanal			
Responsable de generar el indicador	Supervisor de planta de producción.		Dirección del resultado	Operarios del área de producción y supervisor de planta de producción.			
Línea de base	4,41 min.	Meta	2,5 min.	Rango de evaluación	Excelente: <2,5 min.	Bueno:[2,5-,3,5]min	Malo: >3,5min

8.1.5. Indicador de utilización de espacio

El inventario de materia prima que maneja la empresa es muy elevado y esto ocasiona que el espacio empleado de igual manera sea muy alto. Para solucionar este problema se planteó una

redistribución de planta que permitió optimizar las áreas de trabajo y reducir los recorridos entre áreas y la gestión de inventarios permite reducir el área ocupada por el volumen de las existencias de materia prima. Este indicador permite realizar un seguimiento del área empleada para la disposición de la materia prima en la planta de producción, en la Figura 64. Ficha técnica del indicador de utilización de espacio, se muestran las características para la construcción del indicador de seguimiento.

Figura 64

Ficha técnica del indicador de utilización de espacio.

Ficha técnica indicador de utilización de espacios							
N° Indicador	5	Nombre del indicador	Utilización de espacio			Tipo de indicador	Eficacia
Objetivo del indicador	Controlar el área ocupada por el inventario de materia prima.			Pertinencia del indicador	Brinda información acerca del espacio disponible que puede ser utilizado para ajustes en la producción.		
Unidad de medida	Metros cuadrados (m ²)			Definición de variables de fórmula	Área inventario de materia prima, área total planta de producción.		
Fórmula para su cálculo	$\frac{\text{Área ocupada por el inventario de materia prima}}{\text{Área total planta de producción}} \times 100$			Aspectos metodológicos	Para determinar los datos para el indicador se debe recurrir a medición periódica.		
Fuente de los datos	Medición directa por parte del supervisor y operarios de la planta de producción.			Periodicidad de medición	Trimestral		
Responsable de generar el indicador	Supervisor de planta de producción.			Dirección del resultado	Supervisor de planta de producción		
Línea de base	172,9 m ²	Meta	76 m ²	Rango de evaluación	Excelente: < 85 m ²	Bueno: [85-110]m ²	Malo: >110 m ²

8.1.6. Porcentaje de utilización de la capacidad

Durante el desarrollo de las actividades del proceso productivo se presentan pérdidas de tiempo debido a diferentes factores que afectan la productividad de la empresa. A pesar de que la empresa posee registros de la producción mensual, no cuenta un indicador que le permita medir la utilización de la capacidad productiva, por esta razón se diseñó un indicador que permite

comparar el nivel de producción mensual con respecto al nivel de producción que se puede alcanzar con los recursos existentes de manera que proporcione a la empresa información oportuna que le permita ser flexible a los cambios bruscos de la demanda. A continuación, se presenta la ficha técnica del indicador de eficacia de la capacidad.

Figura 65

Ficha técnica del indicador % utilización de la capacidad.

Ficha técnica indicador % de utilización de la capacidad							
N° Indicador	6	Nombre del indicador	% de utilización de la capacidad			Tipo de indicador	Resultado
Objetivo del indicador	Determinar y dar seguimiento al comportamiento de la capacidad de producción de la empresa.		Pertinencia del indicador	Brinda información de la capacidad de la empresa la cual orienta la toma de decisiones para afrontar los cambios en la demanda.			
Unidad de medida	Porcentaje %		Definición de variables de fórmula	Para el cálculo se requiere conocer los datos de producción real y la producción teórica.			
Fórmula para su cálculo	$\frac{Capacidad\ Real}{Capacidad\ Teórica} \times 100$		Aspectos metodológicos	Registrar diariamente en el sistema de información y herramienta ofimática los datos de producción.			
Fuente de los datos	Herramienta ofimática, sistema de información de la empresa.		Periodicidad de medición	Mensual			
Responsable de generar el indicador	Supervisor de planta de producción.		Dirección del resultado	Gerencia, Supervisor de planta de producción.			
Línea de base	29,50%	Meta	80%	Rango de evaluación	Excelente: >=80%	Bueno: [50-80]%	Malo: <50%

9. Programa de capacitación

Para dar culminación al proyecto de mejoramiento realizado en la empresa Prada Alviar, se realiza un programa de capacitación en el que se realiza una socialización de las mejoras implementadas con los colaboradores de la planta de producción y directivos de la empresa, esta capacitación es de vital importancia para garantizar la vinculación de cada una de las personas involucradas en el proceso de producción de la empresa.

9.1. Contenido programa de capacitación

Objetivo: Realizar una socialización y capacitación del mejoramiento del proceso productivo al personal de la planta de producción de la empresa Prada Alviar Ltda.

Alcance: La capacitación está dirigida al personal y administrativos involucrados en el proceso de producción de la empresa a fin de dar a conocer el uso y los beneficios de las mejoras planteadas e implementadas; finalizada la capacitación se espera que el personal adopte culturas enfocadas en la mejora, maneje la información suministrada y adopte el uso de las herramientas ofimáticas elaboradas en el mejoramiento.

Metodología: Para el desarrollo de la capacitación y socialización de mejoramiento del proceso se llevará a cabo mediante el uso de medios audiovisuales y la parte práctica se contará con el apoyo y guía de los autores del proyecto para la implementación de metodologías y el manejo de herramientas ofimáticas creadas durante el desarrollo del proyecto.

Programa: Para la socialización del plan de mejoramiento se opta por abordarlo de forma teórica y práctica a fin de que los involucrados se familiaricen con cada una de las acciones

implementadas dentro de la empresa. Inicialmente se inicia con dar a conocer conceptos sobre indicadores, productividad, capacidad, planeación de la producción, control de inventarios y se enfatiza en la importancia de mantener actualizados los sistemas de información, seguidamente se realiza el componente práctico el cual consiste principalmente en el manejo de la herramienta ofimática y también se ejecuta de forma practica la implementación de las herramienta de la 5's, la cual es un componente esencial para la intervención de cualquier proceso dentro de una organización.

A continuación, se muestra imágenes como evidencia del programa de capacitación y socialización del mejoramiento realizado en la planta de producción de la empresa Prada Alviar Ltda.

Figura 66

Evidencia programa de socialización y capacitación.



En la Figura 66 se evidencia la capacitación al personal y directivos de la empresa Prada Alviar donde se socializaron las propuestas y resultados obtenidos en el mejoramiento del proceso realizado en la planta de producción, además se capacita al personal para el manejo de la herramienta ofimática creada para la gestión de inventarios.

10. Conclusiones

El desarrollo del diagnóstico permitió evidenciar las falencias que afectan la productividad de la empresa, principalmente se encontró transportes y movimientos innecesarios, demoras en el alistamiento de materia prima, inadecuada gestión de inventarios, inadecuada disposición de elementos dentro de la planta que contribuyen a la generación de despilfarros. Como resultado del diagnóstico del proceso productivo se obtiene que la capacidad instalada es de 49.798 metros lineales por mes y la producción real en promedio mensual es de 14.694 metros lineales lo cual indica que el porcentaje de utilización de la capacidad es del 30%, además el nivel inventario es 174% superior en relación con el volumen de producción mensual.

Mediante la simulación en el software Flexsim se desarrolló el modelo para el mejoramiento del proceso con el cual se logró demostrar los posibles resultados con la implementación del mejoramiento. La simulación se realizó contemplando las mejoras propuestas y la reorganización de los recursos existente obteniendo como resultado una reducción en los tiempos de flujo para la línea de cubiertas de 0.52 segundos y 82.58 segundos para la línea de remates permitiendo un incremento en la productividad del 17%.

La implementación del mejoramiento del proceso productivo permitió obtener los siguientes resultados: la redistribución planta permitió la reducción de espacios de almacenamiento de materia prima en un 56% y la disminución de transportes entre áreas de trabajo de un 26%. Las guías de medición para la marcación de los pliegues permitió una reducción del 38% en los tiempos de la operación. La aplicación del modelo P y el pronóstico de demanda mediante la

validación del modelo permitió demostrar una reducción del 28% en el nivel de inventario mensual.

El sistema de indicadores impactó en el mejoramiento de la planificación de la producción permitiendo el cambio en la cultura de la medición de la organización ya que no se contaba con un referente para el apoyo en la toma de las decisiones. Con la implementación del sistema de indicadores la empresa logró consolidar métricas que permitieron dar seguimiento y control al proceso productivo actuando de manera preventiva o correctiva ante las falencias que afectan la productividad e impiden el cumplimiento de los objetivos trazados por la empresa.

La socialización y capacitación de las propuestas y metodologías implementadas en la planta de producción con los directivos y personal del área permitió descubrir el interés y compromiso del personal en el desarrollo del mejoramiento del proceso productivo a lo cual los directivos adoptaron una posición receptiva al aporte de ideas que contribuyan al desarrollo de una cultura enfocada en la mejora continua.

La realización del proyecto permitió la aplicación de conocimientos adquiridos en el proceso formativo a través de un primer acercamiento al entorno de los procesos empresariales, siendo una experiencia enriquecedora con la cual se logró explorar cada una de las etapas que intervienen en el mejoramiento de los procesos identificando aspectos críticos, a su vez establecer propuestas que permitan dar solución a las falencias presentes desde el enfoque de la ingeniería industrial y por ende aportar a la creación de valor de nuestras empresas Santandereanas.

11. Recomendaciones

El impacto en la productividad de la empresa a partir del plan de mejoramiento del proceso productivo se logra a partir de la implementación secuencial de las propuestas establecidas, ya que algunas de las propuestas de mejora como lo es la distribución de planta, contempla la realización de las demás propuestas de mejora como lo es el programa de las 5's, gestión de inventarios, reducción de tiempos de alistamiento y el sistema a prueba de errores. El plan de mejoramiento sugiere una guía metodológica enfocada en la filosofía Lean Manufacturing que la empresa puede aplicar de manera periódica para lo cual se recomienda la lectura detallada del plan de mejoramiento y la profundización teórica de “La filosofía Lean”.

La administración de la información referente compras, inventarios de materia prima y producción, se realiza a través de registro físicos y de forma digital por medio del sistema de información. No obstante se notó fallas en la administración de la información por lo cual fue necesario del diseño de una herramienta ofimática para el control de inventarios y registro de la producción, la cual funciona mientras se garantice la constante alimentación de la información de manera oportuna y confiable, por tanto, para evitar errores en el manejo de dos programas,(sistema de información y herramienta ofimática), se recomienda a la empresa integrar la herramienta desarrollada al sistema de información existente.

Referencias Bibliográficas

- Ardila Sanabria, N. E. (2017). *Mejoramiento de los procesos productivos de la empresa La Pared (tesis de grado)*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Cámara de Comercio de Bucaramanga. (2019). *Sector Metalmecánico de Santander*. Bucaramanga: Cámara de Comercio de Bucaramanga.
- Castellano Patiño, S. P. (2008). *Mejoramiento de la utilización de materias primas en el proceso productivo de TESICOL S.A. (tesis de pregrado)*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES Producción y cadena de suministros*. México: McGraw-Hill.
- Gómez Santos, W. O. (2018). *Diseño de un plan de mejoramiento para el proceso productivo de la empresa Muebles Bremen S.A.S. en sus nuevas instalaciones (tesis de pregrado)*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Harrington, H. J. (1992). *Mejoramiento de los procesos de la empresa*. Bogotá: McGraw - Hill.
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Escuela de organización industrial.
- Jones , D. T., & Womack, J. P. (2012). *Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Gestión 2000.
- krajewski, L., & Ritzman, L. (2008). *Administración de Operaciones*. México: Pearson Educación.
- Monden, Y. (1996). *El Just In Time hoy en Toyota*. Bilbao: Ediciones deusto S.A.

- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: McGraw - Hill .
- Organización Internacional del Trabajo. (1996). *Introducción al estudio del Trabajo*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
- Ortiz Pimiento, N. R. (2014). *Técnicas básicas para el análisis y mejoramiento de la productividad en procesos de manufactura*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Obtenido de <https://es.calameo.com/read/004173607614b5629b280>
- Pedraza, L. M. (2010). Mejoramiento productivo aplicando herramientas de manufactura esbelta. *Soluciones de posgrado Escuela de Ingeniería de Antioquia (EAI)*, 175-177.
- Peña Cepeda, J. A. (2012). *Mejoramiento del proceso productivo de Metálicas García (tesis de grado)*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Render, B., & Heizer, J. (2007). *Administración de la producción*. México: Pearson Educación.
- Rodríguez Alvarado, L. W., Loyo Quijada, J., López Ontiveros, M. Á., & González Sosa, J. V. (17 de Diciembre de 2018). *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3604/360459575007/index.html>
- Sánchez, P. A., Ceballos, F., & Sánchez Torres, G. (2014). Análisis del proceso productivo de una empresa de confecciones: Modelación y Simulación. *CIENCIA E INGENIERIA NEOGRANADINA*, 138-140.
- Schroeder, R. G. (1997). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. Toma de decisiones en la función de operaciones* (Vol. Tercera edición). México: McGraw-Hill.
- Shingo, S. (1985). *A revolution in Manufacturing: The SMED system*. Cambridge : Productivity Press.

Tejeda, A. S. (2011). *Mejoras del Lean Manufacturing en los sistemas productivos*. Santo Domingo : Instituto Tecnológico de Santo Domingo.