

Propuesta para la mejora del flujo de materiales en el proceso de fabricación de la referencia caribeño en la línea de producción de colchones de la Empresa Espumas Santa Fe de Bogotá S.A.S. zona Caribe.

Investigador:

Hernán Enrique Guzmán Moratto

Tutor:

Carlos Javier Uribe Martes

Cotutor

Dionicio Neira Rodado

Universidad de la Costa

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Industrial

Barranquilla, Atlántico

2020

Agradecimientos.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi tutor Carlos Javier Uribe Martes, por haber confiado en mis capacidades y haberme animado a emprender la elaboración de este trabajo de grado. De igual forma agradecer a mi cotutor Dionicio Neira Rodado, ya que, en muchas ocasiones, en los proyectos interfieren diferentes factores que los dilatan en el tiempo, y sin el apoyo, orientación, y consejos de estas dos personas, este trabajo no habría podido hacerse realidad. Gracias por la paciencia, tiempo y dedicación que tuvieron para que esto resultara de manera exitosa.

A mi madre, por ser el motor que me mueve a ser una mejor persona y un profesional integral, por apoyarme incondicionalmente a alcanzar mis metas y por ser una persona digna de admirar, ya que sin ella no habría logrado ser la persona que soy hoy en día.

A mi familia, por confiar en mis capacidades y apoyarme en la consecución de mis metas.

A Yamileth Callejas, por su apoyo incondicional en todos los sentidos durante la elaboración de este trabajo de grado y a lo largo de mi carrera. De cierta forma, de no ser por ella, no lo habría conseguido.

A todas las personas de la empresa Espumas Santafé de Bogotá, por haber estado dispuestas a colaborar en todo lo que necesitase, y por mostrarse siempre tan amables y atentos en cada visita que realizaba a la planta de producción.

A la Universidad de la Costa, por haberme permitido formarme en ella, a cada uno de los docentes que hicieron parte de mi proceso de formación a lo largo de mi carrera, ya fuese de manera directa o indirecta, ya que sus pequeños aportes se ven reflejados en la culminación de este trabajo.

Finalmente, agradezco a todas las personas que me han animado en este largo camino, soportando y entendiendo con estoica paciencia la dedicación que requiere la realización de una tesis.

Muchísimas gracias a todos.

Resumen

Este proyecto de grado se realiza con el propósito de identificar las oportunidades de mejora con base en la filosofía Lean que permitan reducir los principales desperdicios presentes en la línea de producción de la empresa Espumas Santafé de Bogotá. Inicialmente se realizaron visitas a la planta de producción con el fin de conocer sus procesos productivos. Después se seleccionó el producto que sería el objeto de estudio, se realizó la identificación de desperdicios que expone la filosofía Lean. Subsiguientemente se realizó un análisis de causalidad para determinar los factores que influyen en la generación de dichos desperdicios. Posterior a esto, se desarrollaron propuestas de mejora basadas en las herramientas Lean, enfocadas a disminuir los desperdicios identificados en las estaciones de trabajo críticas para contribuir a la reducción de los tiempos de respuesta. Mediante un modelo de simulación se evaluó la viabilidad de las mejoras propuestas, donde se plantearon diferentes escenarios para corroborar que las propuestas fueran funcionales y sostenibles en el tiempo. Adicionalmente, se realizó un análisis financiero con el objetivo de evaluar la factibilidad de las mejoras, teniendo en cuenta la inversión inicial por parte de la empresa en cada escenario planteado, y la utilidad que esta tendría tras la implementación de dichas propuestas. Finalmente, se evidenció que las mejoras propuestas permitieron estandarizar los métodos de trabajo de las estaciones de trabajo estudiadas, lo que se tradujo en la optimización de los procesos. Al implementar operarios que realicen la labor de patinadores la productividad aumentaría mínimo un 20%. Con las herramientas de Kanban, Heijunka y Kaizen se pretende mantener los resultados planteados en el presente trabajo (Hernández & Vizán, 2013).

Palabras clave: Manufactura esbelta, desperdicios, simulacion de procesos, estandarizacion, productividad

Abstract

This degree project is carried out with the purpose of identifying opportunities for improvement based on the Lean philosophy that allow reducing the main waste present in the production line of the company Espumas Santafé de Bogotá. Initially, visits were made to the production plant in order to learn about its production processes. After the product that would be the object of study was selected, the identification of waste that exposes the Lean philosophy was carried out. Subsequently, a causality analysis was carried out to determine the factors that influence the generation of said waste. After this, improvement proposals were developed based on Lean tools, focused on reducing the waste identified in critical workstations to contribute to the reduction of response times. Using a simulation model, the feasibility of the proposed improvements was evaluated, where different scenarios were proposed to corroborate that the proposals were functional and sustainable over time. Additionally, a financial analysis was carried out in order to evaluate the feasibility of the improvements, taking into account the initial investment by the company in each proposed scenario, and the utility that it would have after the implementation of said proposals. Finally, it was evidenced that the proposed improvements made it possible to standardize the working methods of the workstations studied, which resulted in the optimization of processes. By implementing operators who perform the work of skaters, productivity would increase by at least 20%. With the Kanban, Heijunka and Kaizen tools it is intended to maintain the results stated in this work (Hernández & Vizán, 2013).

KeyWords: Lean manufacturing, squandering, process simulation, standardization, productivity

Contenido

Lista de tablas y figuras.	9
Introducción.	13
1. Descripción y planteamiento del problema.....	15
2. Justificación.	19
3. Objetivos.	21
3.1. Objetivo General	21
3.2. Objetivos específicos:	21
4. Marco metodológico.	22
5. Marcos de referencia.	26
5.1. Marco Teórico.	26
5.2. Revisión literaria	62
6. Diagnóstico de la situación actual de la empresa.....	68
6.1. La empresa: Espumas Santafé de Bogotá S.A.S.	68
6.2. Descripción medioambiental de la planta	72
6.3. Distribución de planta de la empresa	73
6.4. Selección del producto a estudiar.....	73
6.5. Descripción de procesos productivos.....	77
6.5.1. Estación de producción.....	77
6.5.2. Estación de corte vertical.....	79
6.5.3. Estación de corte horizontal.	80
6.5.4. Estación de desbastado.	81
6.5.5. Estación de acolchado.	82
6.5.6. Estación de tapas acolchadas.....	83
6.5.7. Estación de corte de bandas laterales.	84
6.5.8. Estación de confección.	85
6.5.9. Estación de Cerrado.....	86
6.5.10. Estación de empaçado.....	87
6.6. Modelo de simulación proceso actual.	88
6.7. Mapeo de flujo de valor actual (VSM).....	101
6.8. Identificación de desperdicios.....	106
6.8.1. Desperdicio por exceso de almacenamiento.....	106

6.8.2.	Desperdicio por sobreproducción.....	107
6.8.3.	Desperdicio por tiempo de espera.....	108
6.8.4.	Desperdicio por transporte.....	109
6.8.5.	Desperdicio por movimientos innecesarios.....	110
6.8.6.	Desperdicio por defectos.....	111
7.	Análisis de causalidad.....	113
7.1.	Formulación de preguntas para identificar la raíz de los problemas por los que se generan los desperdicios.....	113
7.1.1.	Estación de tapas acolchadas.....	114
7.1.2.	Estación de confección.....	115
7.1.3.	Estación de cerrado.....	117
7.1.4.	Estación de empacado.....	120
8.	Mejoras de manufactura esbelta.....	122
8.1	Análisis de las herramientas de la manufactura esbelta para el desarrollo de las propuestas.....	123
8.1.1	La cultura organizacional como base de la filosofía de la manufactura esbelta.....	123
8.1.2	Priorización de los problemas a solucionar mediante las herramientas base de la manufactura esbelta.....	126
8.1.3	Definición de las herramientas base de la manufactura esbelta a utilizar.....	132
8.2	Desarrollo de las propuestas de mejora.....	133
8.2.1	Fundamentos de las herramientas de la manufactura esbelta.....	133
8.2.2	Etapas por seguir en la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta..	134
8.2.2.1	Capacitación del personal.....	135
8.2.2.2	Estandarización de procesos.....	137
8.2.3	Propuesta 1. Eliminación de tiempos de espera por parte de la máquina durante el proceso de corte de tapas acolchadas.....	148
8.2.4	Propuesta 2. Eliminación de los tiempos de transporte de materiales entre las estaciones de tapas acolchadas, confección, cerrado y empacado.....	150
8.2.5	Propuesta 3. Nivelación de la producción (Heijunka) e implementación de Kanban para controlar el flujo de materiales.....	158
8.2.6	Propuesta 4. Implementación de la cultura Kaizen.....	167
9	Evaluación de las propuestas mediante simulación.....	174
10	Evaluación financiera.....	183
10.1	Evaluación del escenario actual.....	183

10.2 Evaluación del escenario 1.....	185
10.3 Evaluación de los escenarios 2 y 3.	188
11 Conclusiones	192
Recomendaciones	196
Referencias.....	198
Glosario.....	204
Anexos.	207

Lista de tablas y figuras

Tablas

Tabla 1 Sistematización de los problemas presentes en la empresa.	17
Tabla 2 Influencia de las propuestas ante la problemática presente.	17
Tabla 3 Matriz metodológica.	23
Tabla 4 Cronograma de actividades de la metodología.	25
Tabla 5 Distribuciones de Probabilidad en Arena®.	62
Tabla 6 Línea de tiempo: Resumen documentos encontrados.	66
Tabla 7 Cantidades elaboradas discriminado por productos.	74
Tabla 8 Operaciones requeridas por producto por estaciones.	76
Tabla 9 Resumen de información por criterios de selección.	77
Tabla 10 Resultados obtenidos durante la prueba inicial.	98
Tabla 11 Cálculo del número de réplicas del modelo de simulación.	101
Tabla 12 Unidades demandadas mensualmente.	103
Tabla 13 Resumen de desperdicios identificados por estación de trabajo.	112
Tabla 14 Sistematización de los desperdicios para la estación de tapas acolchadas.	114
Tabla 15 Resumen causas identificadas de desperdicios en la estación de tapas acolchadas.	115
Tabla 16 Sistematización de los desperdicios en la estación de confección.	116
Tabla 17 Resumen de causas identificadas de los desperdicios en la estación de confección. ..	116
Tabla 18 Sistematización de los desperdicios para la estación de cerrado.	118
Tabla 19 Resumen de causas identificadas de los desperdicios en la estación de cerrado.	119
Tabla 20 Sistematización de los desperdicios para la estación de empacado.	120
Tabla 21 Resumen de causas identificadas de los desperdicios en la estación de empacado.	121
Tabla 22 Escala para la calificación de los criterios definidos.	127
Tabla 23 Ponderación de los problemas identificados en la estación de tapas acolchadas.	128
Tabla 24 Ponderación de los problemas identificados en la estación de confección.	129
Tabla 25 Ponderación de los problemas identificados en la estación de cerrado.	130
Tabla 26 Ponderación de los problemas identificados en la estación de empacado.	131
Tabla 27 Herramientas que se utilizarán para cada problema en específico.	132
Tabla 28 Datos obtenidos a partir del muestreo inicial en la estación de tapas acolchadas.	138
Tabla 29 Resumen del análisis de tiempos de la estación de tapas acolchadas.	139

Tabla 30 Datos obtenidos a partir del muestreo inicial en la estación de confección.	140
Tabla 31 Resumen del análisis de tiempos de la estación de confección.	141
Tabla 32 Datos obtenidos a partir del muestreo inicial en el proceso de forrado de láminas.	142
Tabla 33 Resumen del análisis de tiempos del proceso de forrado de láminas.	143
Tabla 34 Datos obtenidos a partir del muestreo inicial en el proceso de cerrado.	144
Tabla 35 Resumen del análisis de tiempos del proceso de cerrado de colchones.	145
Tabla 36 Datos obtenidos a partir del muestreo inicial en la estación de empacado.	146
Tabla 37 Resumen del análisis de tiempos del proceso de empacado.	147
Tabla 38 Tiempo requerido para elaborar una tapa acolchada con la propuesta 1.	149
Tabla 39 Tiempo requerido para elaborar una tapa acolchada con propuesta 2.	150
Tabla 40 Tiempo requerido para elaborar un cajón con la propuesta 2.	152
Tabla 41 Tiempo requerido para el proceso de forrado con la propuesta 2.	153
Tabla 42 Tiempo requerido para el proceso de cerrado con la propuesta 2.	154
Tabla 43 Tiempo requerido para el proceso de empacado con la propuesta 2.	155
Tabla 44 Resumen de la capacidad de procesamiento actual VS propuesta.	157
Tabla 45 Operarios necesarios en las estaciones de trabajo estudiadas.	158
Tabla 46 Roles del equipo de mejoramiento Kaizen.	169
Tabla 47 Cálculo del número de réplicas del modelo de simulación mejorado.	178
Tabla 48 Utilización de operarios actual VS escenario 2.	179
Tabla 49 Tiempo promedio de una orden en sistema con el escenario 3.	181
Tabla 50 Resumen de los escenarios evaluados.	182
Tabla 51 Flujo de fondos actual de la empresa.	184
Tabla 52 Datos necesarios para calcular la inversión en capacitación.	185
Tabla 53 Inversión requerida en el primer escenario.	186
Tabla 54 Flujo de fondos de la empresa con el escenario 1.	187
Tabla 55 Flujo de fondos de la empresa con los escenarios 2 y 3.	189

Figuras

Figura 1 Árbol de problemas de la empresa.	18
Figura 2 Metodología por seguir.	22

Figura 3 Adaptación actualizada casa Toyota.	32
Figura 4 Pasos en un estudio de simulación.	60
Figura 5 Módulos de espuma.	70
Figura 6 Módulos de espuma.	70
Figura 7 Colchón con base cama.	71
Figura 8 Productos Disney elaborados.	71
Figura 9 Sofá-camas.	72
Figura 10 Diagrama de Pareto de margen de ganancia por familia de productos.	74
Figura 11 Distribución de planta de la empresa.	75
Figura 12 Diagrama SIPOC Estación de producción.	79
Figura 13 Diagrama SIPOC Estación corte vertical.	80
Figura 14 Diagrama SIPOC Estación de corte horizontal.	81
Figura 15 Diagrama SIPOC Estación de desbastado.	82
Figura 16 Diagrama SIPOC Estación de acolchado.	83
Figura 17 Diagrama SIPOC estación de tapas acolchadas.	84
Figura 18 Diagrama SIPOC estación de corte de bandas laterales.	85
Figura 19 Diagrama SIPOC estación de confección.	86
Figura 20 Diagrama SIPOC estación de cerrado.	87
Figura 21 Diagrama SIPOC Estación de empaçado.	88
Figura 22 Modelo conceptual de los procesos de la empresa.	90
Figura 23 Análisis de datos recopilados del proceso de preparación del molde cilíndrico.	92
Figura 24 Análisis de los datos recopilados del proceso de perfilado de puntas.	92
Figura 25 Análisis de datos recopilados del proceso de transporte de cilindros hasta la máquina desbastadora.	93
Figura 26 Diagrama VSM proceso actual de elaboración de colchones.	105
Figura 27 Etapas por seguir en la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta.	135
Figura 28 Flujo de información de las tarjetas Kanban.	163
Figura 29 Modelo tarjeta Kanban de material o “M Kanban”.	164
Figura 30 Modelo tarjeta Kanban de producción o “P Kanban”.	165
Figura 31 Formato de reporte de oportunidad de mejora.	172
Figura 32 Gráfica de utilización de los recursos con el modelo actual.	175

Figura 33 Gráfica de utilización de los recursos en el escenario 1	176
Figura 34 Gráfica de utilización de los recursos en el escenario 2	179
Figura 35 Gráfica de utilización de los recursos en el escenario 3	182
Figura 36 Comparación de las utilidades en cada escenario.....	190

Introducción

La industria colchonera viene mostrando una etapa de desarrollo que va tomando fuerza en la medida en la que los consumidores, tanto en Colombia como a nivel mundial, le han dado importancia a la necesidad de descansar plácidamente. Es por ello por lo que resulta correcto afirmar que el auge de esta industria da cabida al crecimiento de la demanda en las empresas que se encargan de producir estos productos (Aristizábal, 2015). Sin embargo, la falta de caracterización de los procesos dentro de las empresas y una mala gestión de los desperdicios que estos producen generan impactos económicos negativos debido a que se aumenta los costos de operación y baja la productividad dentro de los sistemas productivos (Hernández & Vizán, 2013).

Por lo tanto, es importante que en las organizaciones se generen culturas de mejora continua que busquen aprovechamiento de los recursos aumentando la productividad usando las herramientas actuales sin necesidad de realizar inversiones significativas. La empresa Espumas Santafé de Bogotá es consciente de su creciente posición en el mercado y que para poder aprovechar su participación y poder abarcar aún más terreno en la industria, debe utilizar al máximo sus recursos. Teniendo en cuenta que la empresa busca aumentar su cobertura en el mercado, surge la necesidad de crear estrategias que contribuyan a alcanzar este objetivo.

De acuerdo con el contexto mencionado anteriormente, y desde el campo de la ingeniería industrial, con la realización de este proyecto se pretende diseñar una metodología basada en las herramientas Lean que le permita a la empresa mejorar sus sistemas productivos priorizando por la relevancia de los problemas encontrados, y a su vez guiar a la compañía en la ejecución de dichas propuestas.

Este es el caso de la empresa, para la cual lo que se busca es el mejoramiento de sus procesos productivos teniendo en cuenta los recursos con los que cuentan actualmente y sin dejar de lado la calidad de los productos.

Las estrategias se enfocan principalmente en reducir los tiempos de ciclo de las estaciones críticas del proceso de producción de colchones de la referencia seleccionada, lo cual implica que, al utilizar un menor tiempo, se pueda disminuir el costo de producción, el tiempo de respuesta frente al cliente, el esfuerzo del personal, además de una mejor utilización del tiempo disponible para la operación, lo que le permita a la empresa aumentar la cantidad de pedidos que recibe diariamente.

Antes de pasar a la siguiente sección, se presenta un resumen de la estructura del trabajo, el cual inicia con la descripción y planteamiento del problema, a partir de esto se establecen los objetivos que se busca alcanzar con el proyecto, se describe la metodología a seguir y se definen los marcos de referencia. Luego se realiza un diagnóstico de la situación actual de la empresa con el fin de identificar los problemas más relevantes. Posteriormente se ejecuta un análisis de causalidad de la problemática encontrada y con base en ellos se despliegan las mejoras que se proponen. Subsecuentemente se evalúa la viabilidad de las propuestas a través de un modelo de simulación y después se analiza financieramente la factibilidad de las mejoras. Finalmente se presentan las conclusiones y las recomendaciones a las que se llegaron después de realizado el proyecto.

1. Descripción y planteamiento del problema.

La industria colchonera en Colombia es una industria que se encuentra en auge. El periódico el Tiempo afirma que las ventas de esta industria crecieron 6,9% en el año 2017, al pasar de 697.355 millones de pesos a 745.770 millones de pesos (El tiempo, 2018). Según LaNota.com el mercado colchonero se encuentra liderado por el Grupo Espumados, quien domina con amplia ventaja a Industrias Spring. En cambio, Espumas Santafé de Bogotá ocupó el quinto puesto de este ranking (LaNota.com, 2018). La empresa es consciente de su creciente posición en el mercado y que para poder aprovechar su participación y poder abarcar aún más terreno en esta industria, debe aprovechar al máximo tanto sus recursos como sus materiales en la ejecución de sus procesos operativos.

Uno de los pilares fundamentales en las compañías manufactureras es el área de producción, ya que la rentabilidad de las organizaciones depende de esta, sin mencionar que la satisfacción del cliente está ligada directamente a esta área. Y es aquí donde la mayoría de las organizaciones presentan falencias; tiempos de ocio, sobrecargas de actividades, falta de motivación en los trabajadores, una pobre programación de las operaciones diarias, reprocesos, desperdicios, exceso de desplazamientos, etc. (Hernández & Vizán, 2013).

La empresa Espumas de Santafé de Bogotá, en el año 2015 decide abrir una sucursal en el Departamento del Atlántico para poder satisfacer su participación en el mercado en la región Costa Caribe. Actualmente, dicha sucursal cuenta con 29 operarios en planta, y tras hacer un análisis en sus procesos en el área de producción, se han podido identificar varias falencias que repercuten en la baja productividad de la empresa. Algunos de los defectos a los que se hace alusión son los tiempos muertos ocasionados por fallas de las máquinas, altos tiempos de operación debido a desplazamientos realizados por el operario para poder obtener insumos y

materias primas para la ejecución de su labor, lo que significa un desperdicio de tiempo que la empresa pudiera aprovechar.

Adicionalmente, se pudo observar en la planta de producción de la empresa, un problema de desbalanceo de la línea, lo que trasciende en cuellos de botellas generados en los procesos, elaboración de productos no conformes tanto en cada estación de procesos como en los productos terminados, y por último y más importante: la mala clasificación de desperdicios de las materias primas en las zonas de cortes. Debido a la inexistencia de un sistema de clasificación de desperdicio, muchas materias primas que pudieran ser utilizadas en productos terminados pasan a ser reprocesadas y dada la falta de caracterización de los procesos, se está generando una mala utilización de la mano de obra, lo cual genera dentro de la organización un impacto negativo económico no medido debido a que se aumenta los costos de operación y genera una baja productividad dentro de los sistemas productivos. Cabe resaltar que la generación de desperdicios de materias prima y productos en procesos en las zonas de corte, y cualquier otro desperdicio de espuma y tela obtenido de otra área de producción, son reprocesados y utilizados como materia prima de otros productos elaborados por ellos mismos. Sin embargo, no se está teniendo en cuenta el costo de oportunidad del dinero que se está dejando de ganar, además de todo el dinero que se está perdiendo por el sobre costo de la operación.

Partiendo de lo expuesto anteriormente, emerge entonces la necesidad de determinar las deficiencias en los puntos críticos de los diferentes procesos productivos que influyen en la baja productividad de la empresa para que de esta manera se consiga mejorar el valor de la compañía. Considerando esta problemática surge el siguiente interrogante: ¿De qué manera se puede proponer el uso de las herramientas del estudio del trabajo en combinación de las herramientas de Manufactura Esbelta para el mejoramiento de la productividad de tal forma que esto

represente un incremento en la rentabilidad en el área de producción de la empresa Espumas Santafé de Bogotá?

Como punto de partida para la solución de este interrogante, se presenta la sistematización del problema en la tabla 1.

Tabla 1

Sistematización de los problemas presentes en la empresa.

VARIABLE	SISTEMATIZACIÓN.
Fallas en la maquinaria.	¿Qué impacto tienen las fallas en las maquinarias en la productividad de La empresa Espumas Santafé de Bogotá S.A.S?
Desbalanceo de las líneas de producción.	¿Cómo afecta el desbalanceo de las líneas de producción en el flujo de los procesos productivos?
Desplazamientos innecesarios por los operarios.	¿De qué manera influyen los desplazamientos innecesarios de los operarios en la baja productividad de la empresa?
Falta de estandarización de los procesos.	¿Cómo influye la falta de estandarización de los procesos en la elaboración de productos no conformes?

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, se desglosan preguntas relacionadas a la influencia que tendrían las propuestas sugeridas para la solución de los problemas descritos anteriormente presentados en la tabla 2.

Adicional, se muestra el árbol de problemas representado en la figura 1.

Tabla 2

Influencia de las propuestas ante la problemática presente.

VARIABLE	SISTEMATIZACIÓN.
Estudio del trabajo.	¿De qué manera puede influir la implementación del estudio del trabajo para mejorar la productividad de la empresa Espumas Santafé De Bogotá?
Herramientas de la manufactura esbelta.	¿Cómo ayudarían a mejorar la productividad las herramientas de la manufactura esbelta en la empresa Espumas Santafé de Bogotá?
Combinación del estudio del trabajo con las herramientas de la manufactura esbelta.	¿Puede la combinación del estudio del trabajo y de las herramientas de la manufactura esbelta repercutir positivamente en la productividad de la fabricación de colchones de la empresa Espumas Santafé de Bogotá?

Fuente: Elaboración propia.

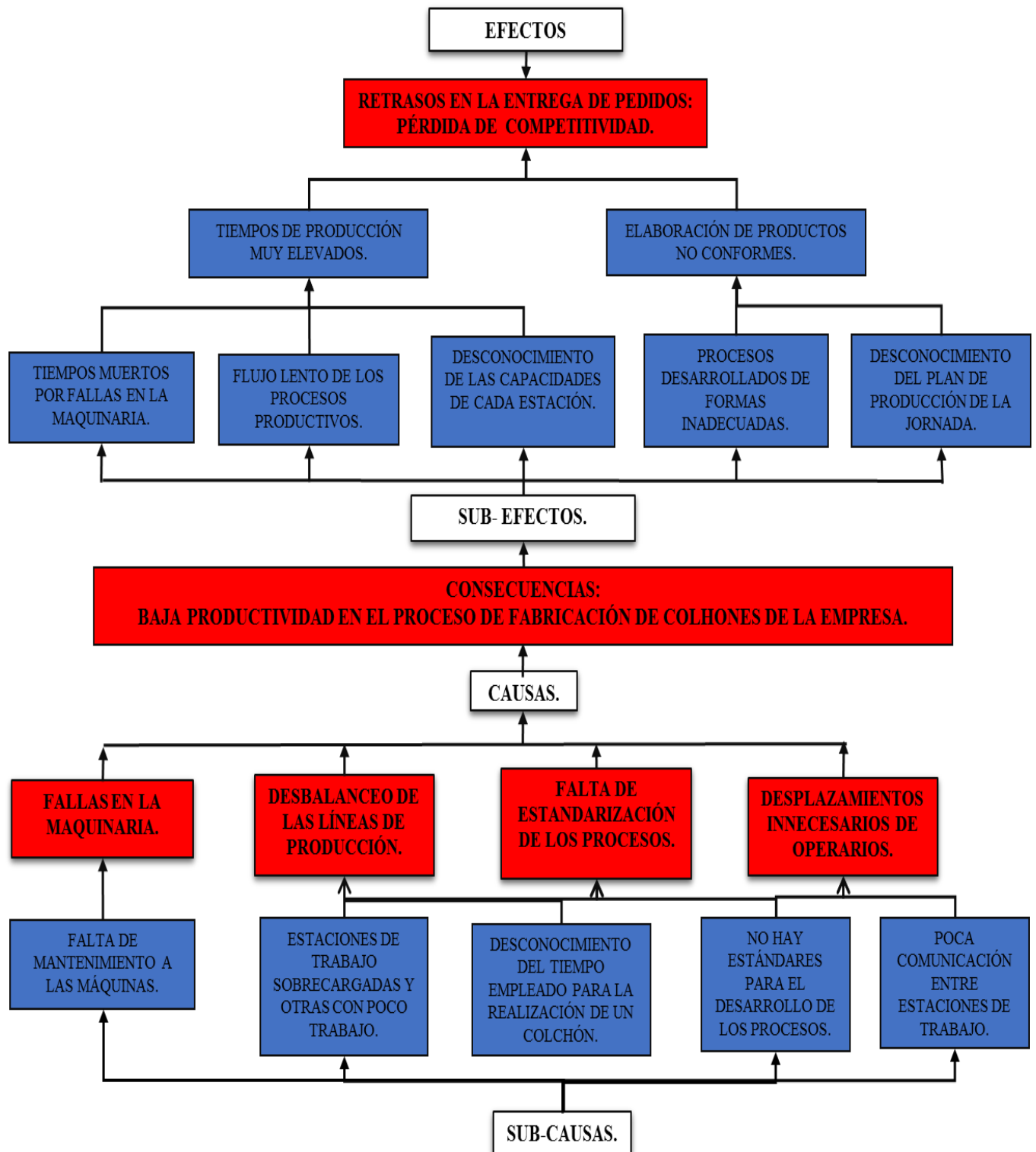


Figura 1. Árbol de problemas de la empresa. Nota: Fuente: Elaboración propia.

2. Justificación.

Este trabajo de grado se enfoca principalmente en realizar propuestas de mejora basadas en conocimientos de Manufactura Esbelta en la línea producción de colchones caribeño, debido a que se identificó como la línea de colchones más relevante de la empresa Santafé de Bogotá S.A.S. basados en un análisis de ventas realizado además de que integra la mayoría de las estaciones de trabajo de la planta, pretendiendo colaborar de manera significativa al mejoramiento de los procesos de la empresa mediante la estandarización y definición de los tiempos para la ejecución de estos.

Además, la productividad resulta fundamental para cualquier organización, por lo que en los últimos años la mayoría de ellas han entendido que deben medir y normalizar sus procesos (Mileman et al., 2016). Debido a esto es que resulta importante que las empresas desarrollen programas donde se estudien, analicen y se desarrollen propuestas de mejoramiento de sus procesos productivos para que de esta manera se pueda ser cada vez más rentables con respecto al mercado al cual pertenecen.

Para poder crear propuestas que generen impacto a lo largo de la cadena productiva se adopta el uso de la filosofía Lean, siendo la principal razón la gran versatilidad y adaptabilidad a cualquier tipo de empresa que esta filosofía tiene según Arrieta, Muñoz Domínguez, Salcedo Echeverri, & Sossa Gutiérrez, (2011).

Ya sea una empresa de servicios o manufacturera, o que esta sea una empresa grande, mediana o incluso pequeña. También, su implementación puede resultar ser factible debido a los buenos resultados que se pueden obtener. Dichos resultados se ven reflejados directamente en la capacidad del proceso, la productividad, los tiempos de ciclo, y el más importante, en las

finanzas de la empresa. Como resultado final de la suma del incremento de todos estos factores, se obtiene una empresa más competitiva (Hernández & Vizán, 2013).

Por último, cabe resaltar que este trabajo de grado permite, y da cabida, al desarrollo de futuros trabajos de investigación, ya sean encaminados en la misma área de conocimiento como también en investigaciones en donde sea necesario el uso de la información recolectada aquí.

Adicionalmente, la metodología implementada en este documento servirá de guía para la recolección de datos e información para futuros investigadores. En la sección número 3 se expondrán los objetivos que se buscarán lograr con el desarrollo del presente trabajo.

3. Objetivos.

3.1. Objetivo General

Diseñar escenarios de operación para la mejora del flujo de materiales en el proceso de fabricación de la referencia caribeño en la línea de producción de colchones de la Empresa Espumas Santa Fe de Bogotá S.A.S. zona Caribe.

3.2. Objetivos específicos:

- Realizar un diagnóstico de los procesos en la línea productiva de colchones caribeño de la empresa mediante herramientas de Estudio del Trabajo.
- Identificar y seleccionar un conjunto de oportunidades de mejora al proceso productivo de la línea de colchones empleando herramientas y técnicas de Manufactura Esbelta.
- Evaluar a través de un modelo de simulación de eventos discretos las mejoras potenciales en la línea de producción de colchones caribeño.
- Analizar la viabilidad financiera de la implementación de las propuestas desarrolladas para la empresa Espumas Santa Fe de Bogotá.

4. Marco metodológico.

Esta sección cubre el marco metodológico que se utilizará para el desarrollo de este trabajo.

Partiendo de que la presente investigación es de carácter descriptivo, es decir, se busca especificar las propiedades y las características de los procesos sometidos al análisis, además de que el diseño de la investigación es de carácter transeccional dado que los datos solo han sido recolectados en un tiempo único (Hernandez Sampieri, 2014), para luego identificar problemas, generar e implementar mejoras basadas en la manufactura esbelta al proceso productivo en la empresa Espumas Santafé de Bogotá. Para ello se diseñó la siguiente metodología, dividida en cuatros fases, con la cual se llevará a cabo en esta investigación:

Figura 2. Metodología

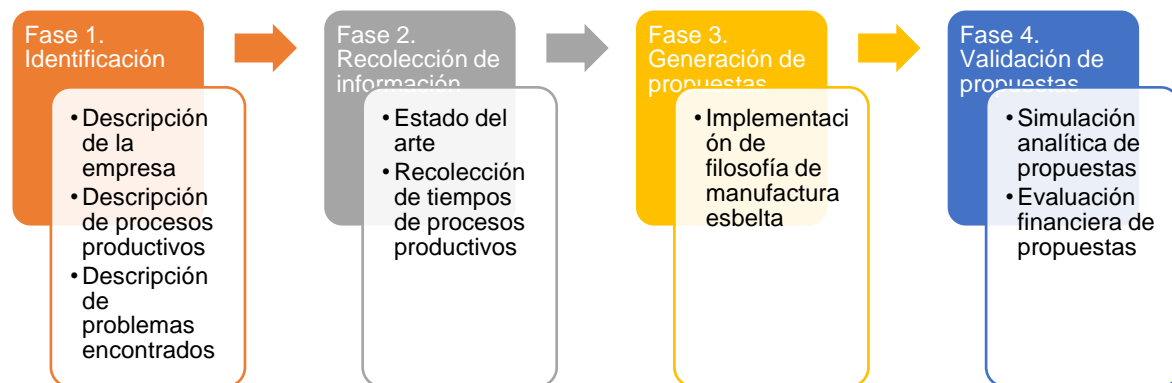


Figura 2. Metodología por seguir. Fuente: Elaboración propia.

Fase 1: Identificación. Como cualquier trabajo investigativo, la información básica es indispensable, por lo que se precisa de la descripción de la empresa y cuáles son los productos ofrecidos por ella. Con la realización de visitas a la planta productiva, se planea identificar los métodos empleados para la producción y así poder identificar problemas generales dentro de la producción.

Fase 2: Recolección de información. En esta fase del proyecto, luego de haber identificado a la empresa, se procede a realizar la medición del trabajo con aras de estandarizar los procesos que agregan valor a los productos, y en lo posible, a las actividades variables. A su vez, se espera realizar una revisión sistemática de la literatura para la elaboración del estado del arte.

Fase 3. Generación de propuestas: En esta tercera fase, con toda la información recopilada del proceso y aplicando la filosofía de la manufactura esbelta y, en lo posible, su conjunto de herramientas: 5S, SMED, Estandarización, TPM, Control visual, Jidoka, Poka Yoke, Heijunka, Kanban, se buscará la generación de propuestas que contribuyan al incremento de la productividad y/o generen beneficio alguno a la compañía.

Fase 4. Validación de propuestas: En la última fase, luego de generar propuestas que creen beneficio alguno a la compañía, se espera validar la viabilidad de las propuestas generadas utilizando primero la herramienta Rockwell Arena para modelar y simular el sistema, como también analizar su factibilidad económica.

En la Tabla 3 se expone la matriz metodológica diseñada para la ejecución de esta investigación. Y en la Tabla 4 se plasma el cronograma de las actividades a realizar categorizadas por sus respectivas fases. Así pues, se finaliza esta sección, dando pie entonces al marco de referencia. Este será expuesto en la sección que se encuentra a continuación.

Tabla 3

Matriz metodológica

Matriz metodológica	
Titulo	Propuesta para la mejora del flujo de materiales en el proceso de fabricación de la referencia Caribeño en la línea de producción de colchones de la Empresa Espumas Santa Fe de Bogotá S.A.S. zona Caribe

Pregunta problema	¿De qué manera se puede proponer el uso de las herramientas del estudio del trabajo en combinación de las herramientas de Manufactura Esbelta para el mejoramiento de la productividad de tal forma que esto represente un incremento en la rentabilidad en el área de producción de la empresa Espumas Santafé de Bogotá S.A.S zona Caribe?		
Objetivo general	Diseñar propuestas para la mejora del flujo de materiales en el proceso de fabricación de la referencia Caribeño de referencia 140x190x17 en la línea de producción de colchones de la Empresa Espumas Santa Fe de Bogotá S.A.S. zona Caribe.		
Objetivos específicos	Actividades	Logros estimados	Tiempo estimado (semanas)
Realizar un diagnóstico de los procesos en la línea productiva de colchones Caribeño de la empresa mediante herramientas de Estudio del Trabajo.	Realizar visita a planta de producción para definir métodos empleados para la producción de colchones.	Diagramas de procesos.	4
	Realizar visita a planta de producción para definir tiempos empleados para la producción de colchones	Estándares de tiempos.	5
	Realizar una revisión literaria y desarrollar estado del arte.	Documento estado del arte.	4
	Elaborar un diagnóstico de la situación actual de la empresa	Documento de situación actual de la empresa.	5
Identificar y seleccionar un conjunto de oportunidades de mejora al proceso productivo de la línea de colchones empleando herramientas y técnicas de Manufactura Esbelta.	Analizar el estado del proceso, métodos y tiempos empleados	Documento con mejoras obtenidas.	2
	Proponer mejoras que solucionen los problemas encontrados.		4
Evaluar a través de un modelo de simulación de eventos discretos las mejoras potenciales en la línea de producción de colchones Caribeño.	Construir, verificar y validar un modelo de simulación para probar que el sistema propuesto es funcional.	Modelo de simulación del proceso productivo.	3
Analizar la viabilidad financiera de la implementación de las propuestas desarrolladas para la empresa Espumas Santa Fe de Bogotá.	Evaluar financieramente las mejoras propuestas.	Documento análisis financiero de propuestas sugeridas.	2
	Analizar los resultados obtenidos	Documento: Conclusiones y recomendaciones.	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4

Cronograma de actividades de la metodología

Ítems	Duración (semanas)	Semanas																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Fase 1: Identificación	7	■	■	■	■	■	■	■																
Realizar visita a planta de producción para definir métodos empleados para la producción de colchones	3	■	■	■																				
Elaborar un diagnóstico de la situación actual de la empresa	4				■	■	■	■																
Fase 2: Recolección de información	7							■	■	■	■	■	■	■	■									
Realizar visita a planta de producción para definir tiempos empleados para la producción de colchones	3							■	■	■														
Realizar una revisión literaria y desarrollar estado del arte.	4										■	■	■	■										
Fase 3: Generación de propuestas	3															■	■	■						
Analizar el estado del proceso, métodos y tiempos empleados	1															■								
Proponer mejoras que solucionen los problemas encontrados.	2																■	■						
Fase 4: Validación de propuestas	6																		■	■	■	■	■	■
Construir, verificar y validar un modelo de simulación para probar que el sistema propuesto es funcional.	3																		■	■	■			
Evaluar financieramente las mejoras propuestas.	2																					■	■	
Analizar los resultados obtenidos	1																							■

Fuente: Elaboración propia.

5. Marcos de referencia.

Esta sección del trabajo se divide en dos subsecciones. La primera de ellas se utilizará para exponer el marco teórico que se tendrá en cuenta para el desarrollo de este. Aquí se hablará de la filosofía Lean Manufacturing, las herramientas que esta ofrece, el estudio del trabajo, y las bases necesarias para la elaboración de un modelo de simulación. En la segunda subsección se abordará la revisión literaria, en donde se hablará sobre los antecedentes de las investigaciones de este tipo.

5.1. Marco Teórico.

5.1.1. Introducción a la filosofía Lean Manufacturing.

La filosofía Lean Manufacturing o manufactura esbelta tiene su origen en la empresa Japonesa Toyota la cual en su esfuerzo por ser más competitiva con las empresas de occidente desarrolló esta filosofía. La literatura en general expone que los pioneros de la filosofía de Lean Manufacturing fueron Sakichi Toyoda, su hijo Kiichiro, su descendiente Eiji y el gerente de planta de Toyota Taiichi Ohno. Es por ello por lo que no cabe duda de que el padre del Sistema Toyota y por consecuencia de la filosofía de Lean Manufacturing es Sakichi Toyoda.

Sin embargo, resulta importante destacar que las técnicas de organización de la producción nacen a principios del siglo XX gracias a los trabajos realizados por F.W Taylor y Henry Ford, los cuales establecieron las bases de la organización de los procesos (Carrillo Osorio, 2018).

Mediante la búsqueda de nuevas técnicas y acciones que significaran una mejora en la producción en masa de grandes lotes de productos a través del uso de máquinas que desarrollasen tareas elementales, la simplificación de secuencia de tareas y recorridos y la sincronización entre procesos.

Estas técnicas mencionadas anteriormente fueron evolucionando de forma considerada en Japón. Hernández & Vizán (2013) exponen en su libro que, a finales de 1949, un colapso de las ventas obligó a Toyota a despedir a una gran parte de la mano de obra después de una larga huelga. En ese momento, Eiji Toyoda y Taiicho Ohno, visitaron las empresas automovilísticas americanas. Durante su visita observaron que el sistema americano no era aplicable en Japón y que el futuro iba a pedir construir automóviles pequeños y modelos variados a bajo coste. De esta manera, concluyeron que la única forma posible en la cual podían implementar la manera americana de trabajar era suprimiendo los stocks y toda una serie de despilfarros (Hernández & Vizán, 2013).

“Mientras en la industria automovilística norteamericana se utilizaba un método de reducción de costos al producir automóviles en cantidades constantemente crecientes y en una variedad restringida de modelos, en Toyota se plantea la fabricación, a un buen precio, de pequeños volúmenes de muchos modelos diferentes. El reto de los japoneses fue lograr beneficios de productividad sin aprovechar los recursos de las economías de escala y la estandarización taylorista y fordiana.” (Rajadell & Sánchez, José , 2010, pág. 5).

“A partir de estas reflexiones, Ohno estableció las bases del nuevo sistema de gestión JIT/Just in Time (Justo a tiempo), también conocido como TMS (Toyota Manufacturing System). El sistema formulaba un principio muy simple: “producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita”. Las aportaciones de Ohno se complementaron con los trabajos de Shigeo Shingo, también ingeniero industrial de Toyota, que estudió detalladamente la administración científica de Taylor y teorías de tiempos y movimientos de Gilbreth.” (Hernández & Vizán, 2013, pág. 13).

5.1.1.1. Concepto de “Lean Manufacturing”.

A lo largo del tiempo, varios autores han hecho aportes para la definición del concepto de “Lean Manufacturing”. Según Reséndiz Olguín, (2009), “Lean” es una palabra inglesa la cual puede traducirse como "sin grasa, escaso, esbelto". En este orden de ideas, “Lean” o “Esbelto” se aplica a los métodos que contribuyen a lograr operaciones con un mínimo costo y con la menor cantidad de desperdicios. Este término fue acuñado en el año 1990 por un grupo de estudio del Massachusetts Institute of Technology (M.I.T) de Boston, para estudiar a nivel mundial los métodos de manufactura de la industria automotriz.

Según Rajadell & Sánchez, (2010), se traduce el término “Lean Manufacturing” al castellano como “Producción ajustada”. Este sistema persigue una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación de los desperdicios que tienen lugar en los procesos productivos de las empresas. Los autores de este libro definen el término de “desperdicio” como todas las acciones que no agregan valor al producto y por las cuales el cliente final no se encuentra dispuesto a pagar.

Adicionalmente, en este libro se afirma que el principio fundamental de *Lean Manufacturing* se basa en que el producto o servicio ofrecido y sus particularidades se deben ajustar a lo que el cliente solicita, y que para satisfacer las necesidades de este resulta necesario la eliminación de los “desperdicios” (Rajadell & Sánchez, 2010).

Por otra parte, los autores Hernández & Vizán, (2013) en su libro “Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación”, establecen que *Lean Manufacturing* es una filosofía de trabajo, la cual se basa en las personas. Esta filosofía define que la forma de mejorar y optimizar un sistema de producción se consigue focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, entendiéndose éstos como aquellos procesos que usan más recursos de los que son necesarios. Así mismo, en este libro se identifican los diferentes tipos de “desperdicios” que

se pueden observar en los procesos productivos que tienen lugar en las empresas: la sobreproducción, los tiempos de espera, el exceso de transporte, el exceso de procesado o también conocido como reprocesos, los excesos de inventarios tanto de productos terminados como en proceso, los movimientos innecesarios y los defectos.

Por su parte, los autores Villaseñor contreras & Galindo Cota, (2009) en el libro “Manual de Lean Manufacturing: Guía básica” dicen que la producción esbelta, la cual también es conocida como el “Sistema de Producción Toyota”, quiere decir hacer más con menos. Esto significa menos tiempo, menos espacio, menos esfuerzos humanos, menos maquinarias y menos materiales; siempre y cuando se le esté dando al cliente lo que desea.

Ahora, Reyes Aguilar, (2002) en su artículo “Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones” define *Lean Manufacturing* como una serie de métodos que se enfocan principalmente en minimizar el uso de recursos o disminuir los desperdicios en los procesos de manufactura mediante equipos de trabajo.

Todas las definiciones expuestas anteriormente, aunque tengan sus particularidades, poseen algo en común: la eliminación de los desperdicios en los procesos manufactureros. Se puede concluir entonces que la filosofía Lean Manufacturing ayuda a las empresas a optimizar costos y tiempos entre procesos, lo cual permite que el tiempo de entrega del producto final al cliente se vea reducido de manera significativa mediante la aplicación de una serie de herramientas que se enfocan en la eliminación de los desperdicios que se presentan a lo largo de la cadena de producción. Es decir, esta filosofía mira lo que no se debería estar haciendo puesto que no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo.

El objetivo final de la filosofía *Lean* es el de generar una nueva cultura de la mejora basada en la comunicación y en el trabajo en equipo mediante la combinación de distintos elementos, técnicas y aplicaciones surgidas del estudio a pie máquina y apoyadas por la dirección en el pleno convencimiento de su necesidad (Hernández & Vizán, 2013).

El sistema de Producción Toyota es resumido por los autores Rajadell & Sánchez, (2010) de la siguiente forma:

1. Eliminación del despilfarro y suministro *just in time* de los materiales.
2. La relación, basada en la confianza y la transparencia, con los proveedores elegidos en función de su grado de compromiso en la colaboración a largo plazo.
3. Una importante participación de los empleados en decisiones relacionadas con la producción: parar la producción, intervenir en tareas de mantenimiento preventivo, aportar sugerencias de mejora, etc.
4. El objetivo de la calidad total, es decir, eliminar los posibles defectos lo antes posible y en el momento que se detecten, incluyendo la implantación de elementos para certificar la calidad en cada momento.

Una vez se han definido las raíces de la filosofía Lean Manufacturing y el concepto de esta, se procederá a exponer su estructura.

5.1.1.2. Estructura Lean Manufacturing.

Como se ha mencionado anteriormente, la filosofía Lean Manufacturing consiste en ser un sistema con muchas dimensiones, el cual incide especialmente en la eliminación del desperdicio mediante la aplicación de ciertas técnicas que se encargan de atacar cada tipo de desperdicio en específico. Es por ello que resulta importante conocer cuáles son las herramientas que brinda Lean Manufacturing para atacar cada tipo de desperdicio.

“La implantación de *lean manufacturing* en una planta industrial exige el conocimiento de unos conceptos, unas herramientas y unas técnicas con el objetivo de alcanzar tres objetivos: rentabilidad, competitividad y satisfacción de todos los clientes.” (Rajadell & Sánchez, 2010)

Hernández & Vizán, (2013) exponen que es complejo realizar un esquema simple que refleje los múltiples pilares, fundamentos, principios, técnicas y métodos que contempla esta filosofía, ya que se manejan términos y conceptos que varían según la fuente consultada.

En múltiples libros se ha expuesto el famoso esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota”, el cual ayuda a la visualización rápida de la filosofía que encierra el Lean y las técnicas disponibles para su aplicación. En la figura 3 se muestra la adaptación actualizada de la “Casa del sistema de producción Toyota”

“Se explica utilizando una casa porque ésta constituye un sistema estructural que es fuerte siempre que los cimientos y las columnas lo sean; una parte en mal estado debilitaría todo el sistema” (Hernández & Vizán, 2013).

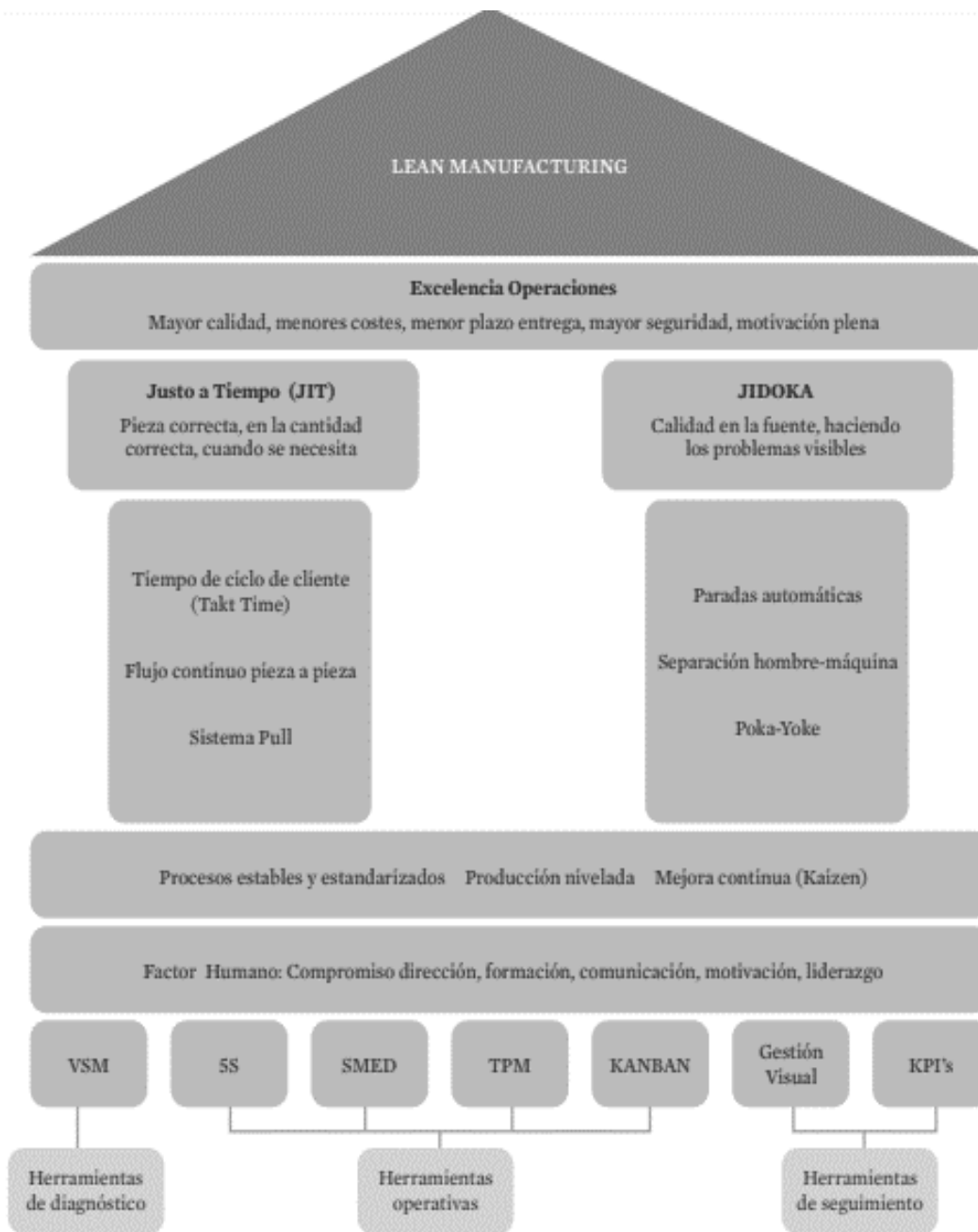


Figura 3. Adaptación actualizada casa Toyota. *Nota:* Tomado de: Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación. (Hernández & Vizán, 2013, p. 17).

De acuerdo con la información anterior, se muestra la base de la metodología lean, la cual está representada por las herramientas de diagnóstico, operativas y de seguimiento. Como complemento de estos cimientos se tiene el factor humano, la estandarización de los procesos, la producción nivelada y la mejora continua, mejor conocida como Kaizen. Luego se tienen los

pilares de la “casa”, los cuales están constituidos por las técnicas Just In Time y Jidoka.

Finalmente se llega al techo de la casa, el cual está constituido por las metas perseguidas que se identifican con la mejor calidad, el más bajo costo, el menor tiempo de entrega o tiempo de maduración (Lead-time) (Hernández & Vizán, 2013).

5.1.1.3. Herramientas base de la filosofía Lean Manufacturing.

La Figura 3 muestra cuáles son las herramientas que conforman la estructura de la manufactura esbelta, partiendo del hecho de que se requieren de unas bases sólidas para la buena edificación de la cultura Lean. Sin embargo, durante el desarrollo de este trabajo no se planea desarrollar las propuestas de mejoras utilizando todas las herramientas que ofrece la filosofía Lean Manufacturing. Es por ello que las herramientas que se consideraron que podrían ser utilizadas para el desarrollo de las propuestas son:

5.1.1.3.1. 5S:

La técnica de las 5S corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que ya existían dentro de los conceptos clásicos de organización de los medios de producción, aunque de una manera menos formal y metodológica. Las siglas 5S corresponden a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen esta técnica y cuya fonología empieza por “S”: Seiri (eliminar lo innecesario), Seiton (ordenar), Seiso (limpiar e inspeccionar), Seiketsu (estandarizar) y Shitsuke (crear hábito) (Hernández & Vizán, 2013).

A continuación, se definirá el significado de cada una de las “S” y el objetivo de estas:

- **Seiri (Eliminar lo innecesario):** Se basa en separar los artículos necesarios de los innecesarios, dejando así solo los artículos necesarios en el lugar de trabajo para de esta

forma eliminar los elementos no necesarios y finalmente verificar periódicamente que no haya elementos no necesarios en el área de trabajo.

- **Seiton (Ordenar):** Esta parte se basa en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad, es decir, definir un lugar de ubicación, el cual ayude a permitir su búsqueda y el retorno a su posición inicial (Hernández & Vizán, 2013).
- **Seiso (Limpieza e inspección):** Esta fase se trata de inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, con el fin de anticiparse para prevenir defectos. Esta etapa de la herramienta 5S implica que el trabajador debe integrar la limpieza como parte del trabajo diario, además de asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria. Del mismo modo debe centrarse en la eliminación de los focos de suciedad, para de esta manera conservar los elementos en condiciones óptimas. En pocas palabras, se trata de dejar las cosas como “el primer día” (Hernández & Vizán, 2013).
- **Seiketsu (Estandarizar):** Esta fase permite arraigar las metas alcanzadas una vez se han aplicado las tres primeras “S”, ya que sistematizar lo conseguido asegura unos efectos perdurables.

“Estandarizar supone seguir un método para ejecutar un determinado procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales. Un estándar es la mejor manera, la más práctica y fácil de trabajar para todos, ya sea con un documento, un papel, una fotografía o un dibujo” (Hernández & Vizán, 2013, p. 42).

- **Shitsuke (Disciplina):** El objetivo de esta fase es el de convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados en las fases anteriores. Según Hernández & Vizán, (2013),

su aplicación está ligada al desarrollo de una cultura de autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S.

Para Rajadell & Sánchez, (2010), la implantación de la herramienta 5S tiene por objetivo evitar que en la empresa donde se implemente se presenten los siguientes síntomas que reflejan disfuncionalidad en la misma:

- Aspecto sucio de la planta: maquinas, instalaciones, herramientas, etc.
- Desorden: pasillos ocupados, herramientas sueltas, cartones, etc.
- Elementos rotos: topes, indicadores, etc.
- Falta de instrucciones y señales comprensibles por todos.
- No usar elementos de seguridad: gafas, botas, auriculares, guantes, etc.
- Desinterés de los empleados por su área de trabajo.
- Movimientos innecesarios de personas, utillajes y materiales.
- Falta de espacio en la zona de los almacenes.

Vázquez, (2017), establece que con la aplicación de los 5 pasos de esta metodología (eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y disciplinar) además de perseguir objetivos singulares, en su conjunto tiene como propósito final lograr:

- Mejorar las condiciones de trabajo.
- Disminuir los tiempos muertos.
- Reducir los costos.

- Promover la seguridad y salud de los trabajadores.
- Mejorar la calidad del trabajo realizado.

5.1.1.3.2. SMED:

La técnica de la filosofía Lean Manufacturing conocida como “SMED” por sus siglas en inglés Single-Minute Exchange of Dies o (Cambio Rápido De Herramienta), es una metodología que busca la reducción de los tiempos de cambio (set-up). Entiéndase por tiempo de cambio como el tiempo que entre la última pieza producida de un producto denominado “Tipo A” y la primera pieza del primer lote del producto denominado “Tipo B” (Rajadell & Sánchez, 2010).

Esta reducción en el tiempo de set-up se logra estudiando minuciosamente el proceso e introduciendo cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan tiempos de preparación (Hernández & Vizán, 2013).

Las operaciones de preparación de máquinas se clasifican en dos diferentes tipos:

- Preparación Interna (IED): son aquellas actividades realizadas con la maquina apagada, tales como montar o desmontar matrices, labores que solamente pueden realizarse cuando la máquina está parada.
- Preparación Externa (OED), son las actividades que se pueden hacer con la maquina funcionando, como por ejemplo transportar las matrices viejas al almacén, o llevar las nuevas hasta la máquina, labores que pueden realizarse mientras la máquina está en operación.

Se puede decir a manera de resumen que, según Rajadell & Sánchez, (2010), la reducción del tiempo de set-up es una de las formas más sencillas de introducir el concepto de la filosofía *lean manufacturing* en una empresa industrial y cuyas reglas básicas son:

- El cambio de utillajes empieza y termina con las 5S, por lo que la implementación de esta técnica es indispensable para la aplicación de SMED.
- Debe cambiarse a externa toda la preparación interna posible, para pasar a mejorar la preparación interna remanente.
- Si se tienen que usar las manos, no se hay necesidad de mover los pies.
- Los estándares son estándares, y hay que respetarlos.
- La meta es la estandarización de todas las operaciones de cambio de útiles.

“Los beneficios de la aplicación de las técnicas SMED se manifestarán en que el equipo puede responder rápidamente a los cambios en la demanda (mayor flexibilidad de la línea), ya que se reduce el tiempo de fabricación y además permite alcanzar una capacidad de producción mayor y a su vez reducir el stock y los errores mediante unos cambios son más seguros” (Rajadell & Sánchez, 2010, p. 178).

5.1.1.3.3. TPM:

El Mantenimiento Productivo Total TPM (Total Productive Maintenance) es un conjunto de técnicas que están orientadas a la eliminación de las averías mediante la participación y motivación de todos los empleados de la empresa. Los autores Rajadell & Sánchez, (2010), exponen en su libro que el objetivo de esta herramienta permite la aseguración de que el equipo de fabricación se encuentre en óptimas condiciones de tal forma que continuamente produzca

piezas y productos de acuerdo con los estándares de calidad de la empresa y en un tiempo de ciclo adecuado.

“La idea fundamental es que la mejora y buena conservación de los activos productivos es una tarea de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios. El *lean manufacturing* exige que cada máquina esté lista para empezar a trabajar en cualquier momento en respuesta a los requerimientos de los clientes” (Rajadell & Sánchez, 2010, p. 140).

La filosofía Lean Manufacturing exige que cada máquina de la planta de producción esté lista para empezar a trabajar en cualquier momento, en respuesta a los requerimientos de los clientes.

A medida que las empresas se acercan al ideal de la producción sin stocks, se intenta asegurar que las maquinarias y equipos sean fiables desde el arranque hasta la parada de la máquina, y con un funcionamiento perfecto, de tal forma que no se presenten averías. Se puede decir que el TPM asume el difícil reto de trabajar en búsqueda de “0 fallos, 0 averías, 0 incidencias, 0 defectos” (Ruiz Cobos, 2016).

El autor Orellana Huerat, (2010) señala que para llegar al *Mantenimiento Productivo Total* (TPM) es necesario el paso por tres fases previas:

- I. El Mantenimiento Reactivo, el cual se basa exclusivamente en la reparación de averías. Esto quiere decir que solamente se procedía a labores de mantenimiento ante la detección de una falla o avería y, una vez ejecutada la reparación, no se buscaban las causas de esta.
- II. El Mantenimiento Preventivo, consiste en establecer funciones de mantenimiento orientadas a detectar y/o prevenir posibles fallos antes que tuvieran lugar.
- III. El Mantenimiento Productivo, constituye la tercera fase de desarrollo antes de llegar al TPM. El Mantenimiento Productivo incluye los principios del Mantenimiento Preventivo,

pero le agrega un plan de mantenimiento para toda la vida útil del equipo, más labores e índices destinamos a mejorar la fiabilidad y mantenibilidad.

La aplicación del TPM genera muchos beneficios a la organización como lo son: una mejor calidad de los productos, mayor productividad al tener mayor tiempo disponible, mejor aprovechamiento de la mano de obra, producir continuamente y tener menores costos de mantenimiento correctivo (Hernández & Vizán, 2013).

5.1.1.3.4. Kanban:

Según Hernández & Vizán, (2013), se le nombra Kanban a un sistema de control y programación de la producción la cual está sincronizada basándose en tarjetas (término en japonés que se traduce como Kanban). Este sistema utiliza una idea sencilla que se basa en un sistema pull (el cual consiste en jalar la producción) mediante un flujo sincronizado, continuo y en lotes pequeños, el cual es controlado a través de la utilización de tarjetas.

De acuerdo con Rajadell & Sánchez, (2010, p. 96), los sistemas productivos basados en Kanban hacen que en los procesos produzcan únicamente los requerimientos necesarios para la producción. Se puede decir entonces que un sistema Kanban desarrolla procesos en los cuales no se presentan excesos de inventarios, ya que solo produce en la medida en que los materiales van siendo utilizado en otros procesos a lo largo de la línea de producción.

El sistema consiste en que cada uno de los procesos de la línea de producción toma de los almacenamientos entre estaciones de trabajo solamente las piezas que necesita de los procesos anteriores y éstos comienzan a producir solamente las piezas que han sido retiradas, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica y, a su vez, con la línea de montaje final (Hernández & Vizán, 2013, p. 75).

Para Hernández & Vizán, (2013), en particular se pueden distinguir dos tipos de sistemas

Kanbans:

- El *kanban* de producción indica que y cuanto hay que fabricar para el proceso posterior.
- El *kanban* de transporte que indica que y cuanto material se retirara del proceso anterior.

El principal aporte que genera el uso de estas tarjetas es conseguir el reaprovisionamiento único del material vendido, reduciéndose de este modo, los stocks no deseados. Adicionalmente, la utilización de esta herramienta ayuda a la empresa a organizar la producción (gestionando mejor la cantidad en que un elemento debe ser producido y transportado), así como a controlar la utilización de la mano de obra, permite controlar el emplazamiento de materiales, a adaptarse a las diferentes variaciones de la producción, e identificar las zonas susceptibles de mejora (Hernández & Vizán, 2013, p. 77).

5.1.1.3.5. Estandarización de procesos:

Para Hernández & Vizán, (2013), una definición que contemple en su totalidad todos lo que implica la estandarización de procesos es la siguiente:

“Los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas y técnicas más eficaces y fiables de una fábrica y nos proveen de los conocimientos precisos sobre personas máquinas, materiales, métodos, mediciones e información, con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente” (Hernández & Vizán, 2013, p. 45).

Según Anmajle, (2018), los beneficios que se pueden obtener mediante la estandarización de los procesos son:

- La reducción de las variaciones de los procesos.
- La documentación del proceso actual para todos los turnos de la empresa.
- Formación más sencilla de los nuevos operarios.
- Reducción de accidentes y lesiones en el área de trabajo.
- Establecer un punto de partida para actividades de mejora continua.

5.1.1.3.6. Heijunka:

El término “Heijunka” se traduce al castellano como “Trabajo llano y nivelado”, mejor conocida como producción nivelada. Según Rajadell & Sánchez, (2010, p. 67), esta es una técnica que permite adaptar la producción a la variable demanda de los clientes, para lo cual se conecta toda la cadena de valor desde los proveedores hasta los clientes.

Hernández & Vizán, (2013, p. 69) sostienen que esta técnica sirve para planificar y nivelar la demanda de clientes en cuanto al volumen y variedad se refiere a lo largo de un periodo de tiempo, el cual usualmente es de un día o turno de trabajo. Adicionalmente resaltan que esta herramienta no se puede aplicar si la empresa tiene una nula o poca variación de tipos de producto que produce.

La idea de esta herramienta es la producción en pequeños lotes de diferentes productos, apuntando a que estos sean elaborados con cero defectos, en periodos cortos de tiempo con cambios rápidos, en vez de producir grandes lotes de productos de un solo tipo y al finalizar este, producir el lote del siguiente producto (Rajadell & Sánchez, 2010).

Según Acevedo Jimenez & Carrillo Aceros, (2016, p. 33), los objetivos de esta herramienta son:

- Mejorar la respuesta frente al cliente. Con una producción nivelada, el cliente recibe el producto a medida que lo demanda.
- Estabilizar la plantilla de la empresa al conseguir una producción nivelada.
- Disminuir el stock de materias primas, ya que al tener una producción nivelada se produce en pequeños lotes, y se tiene una comunicación continua con los proveedores, lo cual repercute en que se faciliten los envíos frecuentes de materiales.
- Disminuir el stock de productos terminados, ya que al tener una producción nivelada existe un Lead Time menor entre la demanda de un producto y su producción.

La implementación de esta técnica trae consigo beneficios tales como la minimización de la sobreproducción, implementación completa del sistema pull, minimización de los inventarios de producto en proceso y terminado, minimización de los costos de oportunidad, la sincronización del uso de capital de trabajo y la tasa de facturación (Salazar, n.d.).

5.1.1.3.7. Poka-Yoke:

El término Poka-Yoke proviene de los términos japoneses “*Poka*” que se traduce como “Errores imprevistos” y “*Yokeru*” que significa “acción de evitar, por lo que su significado en castellano es “evitar errores imprevistos”.

“La eliminación de defectos mediante el uso de Poka-yokes es parte fundamental del Lean Manufacturing, ya que para esta filosofía es de vital importancia que ninguna operación envíe productos defectuosos a la operación siguiente, ya que se vería afectado el flujo continuo del proceso” (Salazar López, 2016b).

Para los autores Gonzáles & Jimeno, (2012b), el sistema Poka-Yoke puede diseñarse para prevenir los errores o para advertir sobre ellos, ya que tiene dos funciones:

- Función de control: En esta función, el sistema se diseña para impedir que el error ocurra. Se busca la utilización de formas o colores que diferencien cómo deben realizarse los procesos o como deben encajar las piezas.
- Función de advertencia: En este caso se asume que el error puede llegar a producirse, por lo que la función de advertencia consiste en diseñar un dispositivo que reaccione cuando tenga lugar el fallo para advertir al operario de que debe corregirlo.

El objetivo de esta herramienta es eliminar los defectos en un producto, mediante la prevención y corrección de los errores antes de que estos se presenten. El autor Salazar López, (2016b) señala que algunas de las ventajas que ofrece esta herramienta son:

- Proporcionar una retroalimentación acerca de los errores del proceso.
- Evitar accidentes causados por fallas humanas.
- Evitar que acciones o medidas críticas dependan del criterio o la memoria de las personas, entre otros.

5.1.1.3.8. Kaizen:

La palabra Kaizen significa “cambio para mejorar”. Esta deriva de las palabras KAI que significa cambio y ZEN que se traduce como bueno. Partiendo de allí, se puede decir que Kaizen es el cambio en la actitud de las personas.

“Es la actitud hacia la mejora, hacia la utilización de las capacidades de todo el personal, la que hace avanzar el sistema hasta llevarlo al éxito” (Hernández & Vizán, 2013, p. 27).

Para Díaz, (2014), esta metodología se basa en un enfoque que se caracteriza por lo siguiente:

- Mejora en pequeños pasos
- Mejora sin grandes inversiones
- Mejora con la participación de todos los miembros de la organización

Es preciso recalcar además que la aplicación del Kaizen consiste básicamente de los siguiente cuatro pasos:

- Planear: en esta fase el equipo pone su meta, analiza el problema y define el plan de acción
- Hacer: Una vez que tienen el plan de acción este se ejecuta y se registra.
- Verificar: Luego de cierto tiempo se analiza el resultado obtenido.
- Actuar: Una vez que se tienen los resultados se decide si se requiere alguna modificación para mejorar.

Adicionalmente, Díaz, (2014) señala que la adopción de este sistema trae consigo múltiples beneficios a la organización, entre ellos están:

- Incrementos considerables en los niveles de productividad.
- Reducción de costos.
- Mejoras en los estándares de calidad.
- Reduce el tiempo de ejecución de procesos.
- Permite tener bajos niveles de inventarios de insumos, entre otros.

5.1.1.4. Concepto de desperdicio.

Los autores Pérez Rave et al., (2011) indican que para la filosofía Lean Manufacturing los desperdicios representan todo aquello que no es la cantidad necesaria de equipos, materiales, insumos, piezas, locaciones y tiempos de máquinas o de trabajadores, que resultan absolutamente esenciales para añadir valor al producto o servicio. Es por ello por lo que el objetivo principal de esta filosofía es disminuir todo aquello que no agrega valor al producto y por lo cual el cliente no está dispuesto a pagar.

“Cabe señalar que existen actividades necesarias para el sistema o proceso, pero sin valor añadido, y que no contribuyen a comunicar valor al producto o servicio. En este caso, estos despilfarros tendrán que ser asumidos” (Rajadell & Sánchez, 2010, p. 20).

5.1.1.5. Desperdicios vs valor añadido

Para Hernández & Vizán, (2013), lean Manufacturing propugna un cambio radical cultural que consiste en analizar y medir la eficiencia y productividad de todos los procesos en términos de “valor añadido” y “desperdicio”.

Para estos autores, en un planteamiento lean se parte del precio que el mercado está dispuesto a pagar y del beneficio que se desea obtener para afrontar la minimización de costes, mediante la combinación, la reducción o la eliminación de tantas actividades sin valor añadido como sea posible en los procesos que tienen lugar en la compañía.

En este orden de ideas, en un entorno que se encuentra en pro de la cultura Lean, se pretende la disminución de los desperdicios a través de tres pasos que tienen como objetivo la eliminación sistemática del desperdicio y todo aquello que resulte improductivo, inútil o que no aporte valor añadido. Según Hernández & Vizán, (2013, p. 21), estos pasos son los siguientes:

- Reconocer el desperdicio y el valor añadido dentro de los procesos.
- Actuar para eliminar el desperdicio aplicando la técnica Lean más adecuada
- Estandarizar el trabajo con mayor carga de valor añadido para, posteriormente, volver a iniciar el ciclo de mejora.

La filosofía Lean establece que se tienen 5 tipos diferentes de desperdicios, estos se presentan en la siguiente sección.

5.1.1.5.1. Desperdicio por exceso de almacenamiento

“El desperdicio por almacenamiento es el resultado de tener una mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer las necesidades más inmediatas. El hecho de que se acumule material, antes y después del proceso, indica que el flujo de producción no es continuo” (Hernández & Vizán, 2013, p. 22).

Para Rajadell & Sánchez, (2010, p. 22) este es un desperdicio fatal ya que no incita a la mejora, puesto que da a parecer que todo funciona correctamente. Según estos autores, producir en exceso significa perder tiempo en fabricar un producto que no se necesita, por lo que representa un consumo inútil de materiales, y esto repercute en que se incrementan los transportes internos y se llenen de stock los almacenes.

Características: Entre las características principales de este tipo de desperdicio se tiene el excesivo uso espacio del almacén, una baja rotación de existencias, costes de almacén elevados, entre otros.

Causas posibles: Las posibles causas de este desperdicio se pueden deber a procesos con poca capacidad, cuellos de botella no identificados o fuera de control, tiempos de cambio de máquina

o de preparación de trabajos excesivamente largos, previsiones de ventas erróneas, sobreproducción, etc.

5.1.1.5.2. Desperdicio por “sobreproducción”

Este desperdicio es el resultado de poner más valor añadido en el producto que el esperado o el valorado por el cliente. Rajadell & Sánchez (2010), definen este desperdicio de la siguiente forma:

“Es la consecuencia de someter al producto a procesos inútiles, por ejemplo: verificaciones adicionales, aplicaciones innecesarias de pintura, algunos trabajos de limpieza, etc.” (Rajadell & Sánchez, 2010, p. 26).

Características: Las principales características de este tipo de desperdicio se refleja en la gran cantidad de stock, lo cual se puede deber a la ausencia de plan para eliminación sistemática de problemas de calidad, en equipos sobredimensionados, a tamaño grande de lotes de fabricación, a la falta de equilibrio en la producción, lo cual repercute en la necesidad de mucho espacio para almacenaje (Hernández & Vizán, 2013, p. 24).

Causas posibles: Este desperdicio se puede deber a procesos no capaces y poco fiables, reducida aplicación de la automatización, tiempos de cambio y de preparación elevados, respuesta a las previsiones, no a las demandas, falta de comunicación (Hernández & Vizán, 2013, p. 24).

5.1.1.5.3. Desperdicio por “tiempo de espera”

“El desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o proceso ineficiente. Los procesos establecidos pueden provocar que unos operarios

permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo” (Rajadell & Sánchez, 2010, p. 23).

Así mismo, para Pérez Rave et al., (2011) este desperdicio representa el evento de que los recursos cuya misión, en un momento dado, es no detenerse, se encuentran en dicho estado.

Como, por ejemplo, cuando en un centro de trabajo sale una unidad de producto y debe esperar un tiempo para que sea procesada.

Características: Entre las características de este tipo de desperdicio se presentan ocasiones en las cuales el operario espera a que la máquina termine un proceso, hay exceso de colas de material dentro del proceso, ocurren paradas no planificadas, se utiliza tiempo para ejecutar otras tareas indirectas, o tiempo para ejecutar reproceso (Hernández & Vizán, 2013, p. 25).

Causas posibles: Entre las posibles causas de este tipo de desperdicio se pueden tener: métodos de trabajo no estandarizados, desequilibrios de capacidad, falta de maquinaria apropiada, operaciones retrasadas por omisión de materiales o piezas, producción en grandes lotes, baja coordinación entre operarios o tiempos de preparación de máquina /cambios de utillaje elevados (Hernández & Vizán, 2013, p. 25).

5.1.1.5.4. Desperdicio por “transporte” y “movimientos innecesarios”

“El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario” (Hernández & Vizán, 2013, p. 25).

Características: Entre algunas de las características que presenta este tipo de desperdicio se tienen: contenedores que son demasiado grandes, o pesados, difíciles de manipular; exceso de operaciones de movimiento y manipulación de materiales, o que los equipos de manutención circulan vacíos por la planta (Hernández & Vizán, 2013, p. 26).

Causas posibles: Las posibles causas de este desperdicio pueden ser que la empresa cuente con un layout obsoleto, o que manejen gran tamaño de los lotes, que se tengan procesos deficientes y poco flexibles, se presenten programas de producción no uniformes, hayan tiempos de preparación elevados, unos excesivos almacenes intermedios, o reprocesos frecuentes (Hernández & Vizán, 2013, p. 26).

5.1.1.5.5. Desperdicio por “defectos”, “rechazos” y “reprocesos”.

El desperdicio que se presenta como consecuencia de los errores es uno de los más aceptados en la industria, aunque significa una gran pérdida de productividad, debido a que este repercute en el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez (Rajadell & Sánchez, 2010, p. 28).

Características: Algunas de las características de este tipo de desperdicio incluye la pérdida de tiempo, recursos materiales y dinero, además que puede caracterizarse por tener una planificación inconsistente, producción de productos de calidad cuestionable, el flujo de los procesos resulta complejo, con frecuencia se necesitan recursos humanos adicionales necesarios para inspección y reprocesos, así como espacio y técnicas extra para el reproceso (Hernández & Vizán, 2013, p. 26).

Causas posibles: Algunas de las posibles causas que repercuten en este tipo de desperdicio pueden ser: movimientos innecesarios, proveedores o procesos no capaces, errores de los

operarios, formación o experiencia de los operarios inadecuada, técnicas o utillajes inapropiados, proceso productivo deficiente o mal diseñado (Hernández & Vizán, 2013, p. 27).

5.1.2. Estudio del trabajo

“El estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando” (OIT (oficina internacional del Trabajo), 1996, p. 9).

Para R. García, (2005), el estudio del trabajo tiene como propósito aumentar la productividad con los mismos recursos, o incluso con menos, si se entiende al trabajo como la actividad que se compone de los recursos materiales, mano de obra y de maquinaria con el fin de producir bienes y servicios.

En este orden de ideas, se puede decir que el objetivo del estudio del trabajo es examinar de qué manera se está realizando una actividad, para así buscar la mejor opción de simplificar o modificar el método operativo para reducir el trabajo innecesario o excesivo, o el uso antieconómico de recursos, y de esta manera fijar el tiempo necesario para la realización de esa actividad (OIT (oficina internacional del Trabajo), 1996).

Del mismo modo, la OIT establece que el estudio del trabajo se basa en ocho etapas fundamentales que consisten en: seleccionar el trabajo que se va a estudiar; registrar los hechos relevantes relacionados con el proceso o tarea; examinar el modo que se realiza el trabajo y los métodos que se utilizan; definir cuál es el método más práctico, económico y eficaz de acuerdo a los operarios que desarrollan esa actividad; evaluar las opciones que se tiene para establecer un nuevo método teniendo en cuenta la relación costo-eficacia entre el nuevo método y el actual;

definir el nuevo método en el que se deben hacer las actividades; implantar el nuevo método como una práctica normal y formar a las personas que han de utilizarlo y, finalmente, se controla la aplicación del nuevo método de tal forma que se verifique la manera de hacerlo y se implante procedimientos adecuados para evitar una vuelta al uso anterior (OIT (oficina internacional del Trabajo), 1996, p. 21).

5.1.2.1. Estudio de métodos.

La Oficina Internacional del Trabajo (1996) brinda un concepto del estudio de métodos que básicamente expone que una de las técnicas principales para reducir la cantidad de trabajo, principalmente con la eliminación de movimientos innecesarios de personal y de material es el *estudio de métodos* (OIT (oficina internacional del Trabajo), 1996, p. 252).

De esta manera, define al estudio de métodos como el registro y examen crítico sistemático de la manera en la que se realizan las actividades, con el fin de mejorarlas. Se podría decir que este estudio permite identificar soluciones de mejora, realizar propuestas para su mejoramiento y seleccionar las que mejor se adecuen (OIT (oficina internacional del Trabajo), 1996, p. 19).

El autor R. García, (2005, p. 25) sostiene que el estudio de métodos persigue múltiples objetivos, sin embargo, los más importantes son: mejorar los procesos y procedimientos; mejorar la disposición y el diseño de la empresa; economizar el esfuerzo humano y mitigar la fatiga innecesaria, economizar el uso de materiales, maquinaria y mano de obra; crear mejores condiciones de trabajo, y hacer más fáciles, rápidos y seguros los procesos que tienen lugar durante el desarrollo de los trabajos.

5.1.2.2. Estudio de tiempos.

“Es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmo del trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas” (OIT (oficina internacional del Trabajo), 1996, p. 273).

Nievel & Freivalds, (2009) exponen en su libro *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo* que los estándares de tiempo establecidos con claridad permiten incrementar la eficiencia del personal operativo, contrario a lo que conllevan los estándares mal establecidos, los cuales conducen a costos altos, inconformidades del personal y posiblemente fallas de toda la empresa (Nievel & Freivalds, 2009, p. 327). Adicionalmente, estos autores establecen que el equipo mínimo requerido para un estudio de tiempos debe contar con un cronómetro, un tablero de estudio de tiempos, las formas para el estudio y una calculadora de bolsillo.

5.1.2.2.1. Etapas del estudio de tiempos.

La OIT (oficina internacional del Trabajo), (1996, p. 293) estipula que una vez se ha elegido la operación que se va a analizar, el estudio de tiempos suele constar de ocho etapas, las cuales se desglosan así:

- I. Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.
- II. Registrar una descripción completa del método descomponiendo la operación en «elementos».
- III. Examinar ese desglose para verificar si se está utilizando los mejores métodos y movimientos, y determinar el tamaño de la muestra. Para determinar el tamaño de la muestra se utiliza la fórmula:

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

Donde:

n= tamaño de la muestra.

n'= número de observaciones del estudio preliminar.

\sum = suma de valores.

X= valor de la observación.

- IV. Medir el tiempo con un instrumento apropiado (cronómetro) y registrar el tiempo invertido por el operario para llevar a cabo cada «elemento» de la operación.
- V. Determinar simultáneamente la velocidad la velocidad de trabajo efectiva del operario por correlación con la idea que tenga el analista de lo que debe ser el ritmo tipo.
- VI. Convertir los tiempos observados en tiempos básicos. La fórmula para realizar esta conversión es la siguiente:

$$\text{Tiempo básico} = \frac{\text{Tiempo observado} \times \text{Valor del ritmo observado}}{\text{Valor del ritmo tipo}}$$

- VII. Determinar los suplementos que se añadirán al tiempo básico de la operación. De aquí surge el contenido del trabajo el cual es la suma de del tiempo básico + suplemento por descanso + suplemento por trabajo adicional.
- VIII. Determinar el tiempo tipo de la operación.

5.1.3. Simulación de procesos.

Los autores E. García, García, & Cárdenas, (2013) definen a la simulación como una forma de estudiar los procesos aleatorios, los cuales se están prácticamente en todas las operaciones de los sistemas, ya sean de producción o servicios.

“La simulación se refiere a un gran conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el comportamiento de sistemas reales, generalmente por medio de una computadora con un software apropiado” (E. García et al., 2013, p. 2).

La simulación es vista como herramienta tecnológica utilizada para el análisis de sistemas presentando la ventaja de que se puede estudiar el comportamiento del sistema sin la necesidad de hacer cambios reales que pueden resultar costosos y laboriosos. Por su parte Aparicio & Tapias, (2017) exponen que el funcionamiento de la Simulación está determinado por los eventos discretos y continuos.

“Se entiende por evento discreto aquellos que se caracterizan por la representar la evolución de las variables de interés de forma discreta y eventos continuos se caracterizan por representar la evolución de las variables de forma continua” (Aparicio & Tapias, 2017, p. 42).

En la definición anterior se mencionan conceptos importantes como sistema, modelo y evento, de los que se desprenden otros conceptos importantes dentro de una simulación. A continuación, se abarcarán algunos de ellos.

5.1.3.1. Definiciones importantes para la construcción de un modelo de simulación de procesos.

5.1.3.1.1. Sistemas.

Para E. García et al., (2013) se puede definir a los sistemas como un conjunto de elementos que se interrelacionan para funcionar como un todo. Estos autores sostienen que, desde el punto de vista de la simulación de procesos, dichos elementos deben tener una frontera clara. Un ejemplo que aterrizaría este concepto es el del sistema de atención a clientes en un banco. Este puede dividirse en elementos que son relevantes para la construcción de lo que será el modelo de simulación. Entre estos elementos se encuentran entidades, estado del sistema, eventos actuales y futuros, localizaciones, recursos, atributos, variables.

5.1.3.1.2. Entidades.

Las entidades son la representación de los flujos de entrada y salida en un sistema. Al entrar a un sistema, una entidad es el elemento responsable de que el estado del sistema llegue a cambiar (E. García et al., 2013, p. 4). Siguiendo con el ejemplo del sistema de un banco, las entidades pueden ser los clientes que llegan a la caja de un banco.

5.1.3.1.3. Estados del sistema.

Estos estados del sistema son las condiciones que guarda el sistema bajo estudio en un momento de tiempo determinado. Estos se componen de variables o características de operación puntuales (E. García et al., 2013, p. 4). Un ejemplo de estos estados del sistema pueden ser el número de clientes que se encuentran dentro del banco, o el tiempo promedio de permanencia de una entidad en el sistema.

5.1.3.1.4. Evento.

E. García et al., (2013) definen a los eventos como cambios en el estado actual del sistema; por ejemplo, la entrada o salida de una entidad, la finalización de un proceso en un equipo, la interrupción o reactivación de una operación. Además, E. García et al., (2013, p. 4) afirman que

se catalogan estos eventos en dos tipos: eventos actuales, aquellos que están sucediendo en el sistema en un momento dado, y eventos futuros, cambios que se presentarán en el sistema después del tiempo de simulación, de acuerdo con una programación específica.

5.1.3.1.5. Localizaciones.

Son aquellos lugares en los que la pieza puede detenerse para ser transformada o esperar a serlo. Dentro de estas están los almacenes, bandas transportadoras, máquinas, estaciones de inspección, etc. (E. García et al., 2013, p. 6).

5.1.3.1.6. Recursos.

E. García et al., (2013) sostienen que los recursos son aquellos dispositivos — diferentes a las localizaciones— que se necesitan para llevar a cabo una operación. Por ejemplo, un montacargas que transporta una pieza de un lugar a otro, una persona que realiza la inspección en una estación y toma turnos para descansar, etc.

5.1.3.1.7. Atributos.

Los atributos son características de una entidad y se utilizan para diferenciar entidades sin necesidad de generar una nueva, y se pueden otorgar al momento de la creación de la entidad, o asignarse y/o cambiarse durante la simulación (E. García et al., 2013, p. 6).

5.1.3.1.8. Variables.

Las variables son condiciones cuyos valores se crean y modifican por medio de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas. Estas pueden ser continuas (el costo promedio de operación de

un sistema) o discretas (el número de unidades que deberá envasarse en un contenedor) (E. García et al., 2013, p. 6).

5.1.3.1.9. Modelo.

Es una representación simplificada de un sistema, construido con el propósito de estudiarlo, donde son considerados los aspectos que afectan al problema de estudio y debe ser lo suficientemente detallado para obtener conclusiones que apliquen al sistema real.

“El modelo es la representación de un objeto, idea o sistema de forma diferente a la original. El propósito es ayudarnos a entender, explicar o mejorar un sistema. El modelo puede ser una réplica exacta de este” (Cabascango, 2011, p. 66) .

Cabascango, (2011) expone que los modelos pueden tener múltiples funciones, tales como: predecir, comparar, toma de decisiones, comunicación y ayuda para el pensamiento, etc.

Adicionalmente, este autor explica que un modelo puede tomar muchas formas, sin embargo, una de las más útiles es la matemática, la cual se expresa mediante un conjunto de ecuaciones. Así mismo establece que cualquier modelo de simulación consiste en alguna combinación de los siguientes elementos:

- Componentes: “Son las partes o subsistemas que conforman o constituyen un sistema” (Cabascango, 2011, p. 70).
- Variables: Las variables son valores que están sujetos a la estructura de la función; y estas pueden ser de naturaleza endógenas y exógenas. Las variables endógenas, son aquellas producidas dentro del sistema, es decir, variables de salida o dependientes. Por

otra parte, las variables exógenas se originan fuera del sistema, es decir, son variables de entrada o independientes (Aparicio & Tapias, 2017).

- **Parámetros:** Son aquellos que están asociados al concepto de constante matemática, por lo tanto, no cambian su valor en una corrida de simulación, sin embargo, pueden ser modificados por el operador de una corrida a otra (Aparicio & Tapias, 2017, p. 43).
- **Relaciones Funcionales:** A través de ecuaciones matemáticas es posible relacionar las variables con los parámetros, para mostrar su comportamiento dentro o entre componentes (Aparicio & Tapias, 2017, p. 43).
- **Restricciones:** Las restricciones son limitaciones impuestas las variables o la manera la cual los recursos pueden asignarse o consumirse. Estas pueden ser impuestas por el diseñador o por el sistema mediante la naturaleza de este (Cabascango, 2011).

5.1.3.2. Pasos para un estudio de simulación.

El autor Law, (2015) sostiene que para la construcción de un modelo de simulación resulta necesario seguir una serie de pasos los cuales consisten en:

- La formulación del problema a modelar.
- La recopilación una serie de datos sobre la estructura del sistema y los procedimientos operativos que tienen lugar en este con el fin de definir el modelo y el nivel de detalle de este.
- Se realiza una verificación en la cual se decide si el modelo propuesto cumple con las características del proceso a simular, en caso tal no llegue a serlo, se repite el paso dos. Si por el contrario el modelo es aceptado se procede a ejecutar el siguiente paso.

- Se empieza la construcción del modelo y posteriormente es validado (depurado).
- Se realizan pruebas piloto con el fin de confirmar la validación en pro del siguiente paso.
- Se corrobora que el modelo desarrollado y el proceso real sean semejantes mediante el análisis de unas medidas de desempeño estipuladas en el segundo paso. Si el modelo no cumple con las condiciones mínimas, se regresa al segundo paso. En el caso de que el modelo desarrollado cumpla los estándares estipulados, se sigue con el siguiente paso.
- Se procede entonces a diseñar los experimentos tales como la longitud de cada simulación ejecutada, la duración del periodo de calentamiento, etc.
- Se realizan ejecuciones de producción con el fin de utilizarlas en el siguiente paso.
- Se analizan los datos de salida con el fin de determinar el rendimiento de ciertas configuraciones.
- Finalmente se estudian los resultados obtenidos durante la simulación, se documentan y posteriormente se presentan con el fin de utilizarlos en el proceso de toma de decisiones.

Los pasos descritos anteriormente son expuestos en la Figura 4. Es necesario, además, recalcar que en la medida en la cual se avanza en el proceso del modelamiento de la simulación puede ser necesario volver a un paso anterior, por lo que este es un proceso de prueba y error (Law, 2015).

5.1.3.3. Simulación con el software Arena®.

Para realizar una simulación en su totalidad, además de una metodología y sustento conceptual, se necesita de un sistema computacional o software. Actualmente, existe una gran variedad de ellos y una serie de herramientas estadísticas que los acompañan. Algunos softwares son:

Arena® con el procesador estadístico Output and Process Analyzer, AutoMod con el procesador AutoStat, y Flexsim con Experfit.

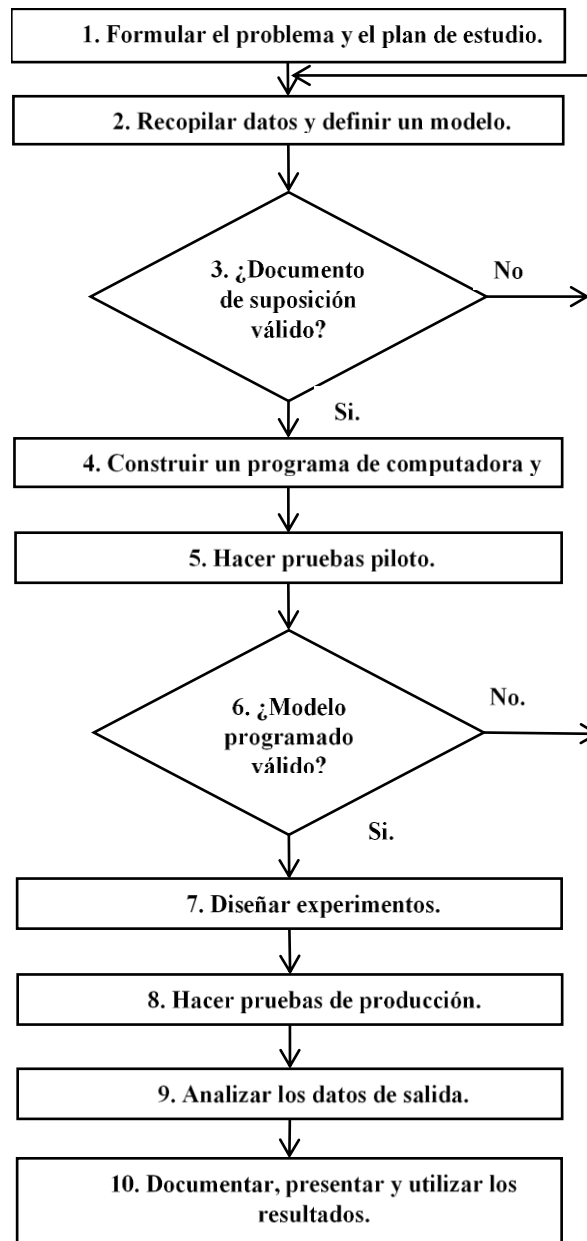


Figura 4. Pasos en un estudio de simulación. Nota: Adaptado de: Simulation Modeling And Analysis (Law, 2015, p. 67).

Para el desarrollo de este trabajo se seleccionó el software Arena®, el cual es una herramienta que provee un entorno de trabajo integrado para construir modelos de simulación, ya que integra

en un ambiente todas las funciones necesarias para el desarrollo de una simulación exitosa (como las animaciones, análisis de entrada y salida de datos y verificación del modelo) (Wong, 2009).

“Arena® es una herramienta para simulación de procesos, cuyo origen se remonta al año 1982 cuando Dennis Pegden publicó un lenguaje de simulación para modelar sistemas de manufactura, que en 1993 fue introducido como Arena®” (Cabrera, 2010, p. 122).

Cabrera, (2010, p. 122) sostiene que Arena® es una herramienta la cual permite crear modelos a través de ambientes gráficos interactivos con el fin de simular áreas específicas de los procesos que tienen lugar en las empresas. Adicionalmente añaden que este software es una aplicación del sistema operativo Windows, el cual el cual permite el análisis detallado de los procesos y de los recursos utilizados para la ejecución de estos, mediante una representación gráfica del proceso modelado tipo “Diagrama de Flujo”.

Finalmente, Kelton, Sadowski, & Sturrock, (2007) sostienen que la simulación con software Arena® permite el análisis y estudio de la incidencia de cambios realizados sobre algunos de sus componentes, sugiere posibles mejoras en el rendimiento, especialmente en procesos logísticos, identificando la sensibilidad del sistema y las variables que más beneficien los rendimientos. Así mismo, Arena® posee una amplia gama de funciones o distribuciones estadísticas incorporadas para la generación de números aleatorios. Cada distribución de Arena® tiene sus propios parámetros asociados. En la tabla que se encuentra a continuación se muestran las distribuciones de probabilidad utilizadas y sus parámetros.

Tabla 5

Distribuciones de Probabilidad en Arena®.

DITRIBUCIÓN.	PARÁMETROS.
<i>Beta.</i>	Beta, Alfa.
<i>Uniforme.</i>	Mínimo, Máximo.
<i>LogNormal.</i>	Log Media, Log Desviación, Log Estándar
<i>Triangular</i>	Mínimo, Modo, Máximo.
<i>Normal.</i>	Media, Desviación Estándar.
<i>Weibull.</i>	Beta, Alfa.

Nota: Recuperado de: *Simulation With Arena.* David Kelton, Randall Sadowski, & David Sturrock (2007)..

5.2. Revisión literaria

Se realizó una revisión sistemática de la literatura en las plataformas Scopus, WOS y Google Scholar, en donde se buscó por medio de palabras claves como “Manufactura Esbelta” y “Producción de colchones”, tanto en español como en su respectivo homólogo en inglés, para poder diagnosticar el estado actual del tema abordado. Se revisaron todo tipo de trabajos investigativos (tesis de pregrado o posgrado, o artículos científicos) sin ningún intervalo de tiempo definido, dado a los pocos resultados obtenidos por la temática de aplicación de estudio. Como resultados de la primera búsqueda se encontraron los siguientes trabajos:

En el trabajo *Proyecto de estandarización y mejora del proceso de producción de componentes intermedios en una fábrica de colchones* (España) 2016, en una importante empresa productora de colchones del continente europeo se enfocan en mejorar el proceso de producción de tela acolchada para sus productos, ya que este actualmente es su cuello de botella y dada a su baja capacidad, la empresa ha incurrido muchas veces en comprar este material a entidades externas. Luego de realizar un análisis exhaustivo al proceso, y con ayuda de la implementación de varias herramientas de mejoramiento continuo y manufactura esbelta, se logra incrementar la productividad del área de acolchado en un 28.8% (Benlloch Cabañero, 2016) .

En el trabajo *Propuesta de planificación y control de la producción para mejorar la productividad en la fábrica de colchones DINOR E.I.R.L.* (Perú) 2015, se realiza una propuesta para el control de la producción, hace uso de los conceptos de Lean Manufacturing para la identificación y clasificación de los desperdicios. Sin embargo, da solución a su problema de planificación y control de producción haciendo uso del modelo productivo MRP, con lo cual logra definir costos de producción, un plan de producción para demanda variada, un incremento de la productividad en un 58% y luego de un análisis financiero, se logra estimar un retorno de inversión de 15 días (Santos Villalobos, 2015).

En el trabajo *Incremento de la productividad en la línea de producción de colchones, mediante el uso de herramientas de Lean Manufacturing, en la empresa DINOR E.I.R.L. Chepén* (Perú) 2015, se realiza la implementación de la filosofía de la manufactura esbelta para el incremento de la productividad en la colchonera DINOR E.I.R.L. de Chepén. Tras realizar un análisis, se determina que el principal desperdicio son los excesivos transportes incurridos para la producción de colchones. Con la implementación de ciertas herramientas de la manufactura esbelta; 5S's, balanceo de línea, distribución de planta y VSM, se logra un incremento de la productividad global de la compañía en un 5% y un retorno de inversión 2.44% (Ramirez Pacheco & Tesen Martinez, 2015).

El trabajo *Propuesta para la implementación de un sistema de producción, basado en técnicas de Lean Manufacturing, que contribuya al control del inventario en proceso, para la sección de confección de colchones en una empresa productora de espuma* (Colombia) 2010, generó una propuesta de aplicación de la filosofía de manufactura esbelta la cual estaba presentando un incremento en las devoluciones de sus productos terminados y un incumplimiento de entrega de productos terminados bastante inaceptable. Tras identificar las mudas o fuentes de desperdicios,

se decide atacar primordialmente la sección de confección de colchones, con la que logra la reducción del costo unitario del producto en aproximadamente el 15% (Quintana, 2010).

En el trabajo *Modelo de aplicación de herramientas de manufactura esbelta desde el desarrollo y mejoramiento de la calidad en el sistema de producción de americana de colchones* (Colombia) 2004, generaron una propuesta en la productora americana de colchones en donde la implementación de la manufactura esbelta para atacar los problemas de no conformidades encontrados en sus productos terminados. Tras definir que herramientas de la filosofía usar para cada uno de los problemas de calidad encontrados, se logra reducir los desperdicios generados en toda la planta y evaluando financieramente todos los posibles escenarios de reducción de desperdicios, se logra demostrar que la propuesta es viable monetariamente (Niño Navarrete & Olave Triana, 2004).

Por otra parte, se revisaron otros trabajos, en las mismas fuentes de información, en donde se haya implementado la filosofía Lean Manufacturing. En los últimos dos años (desde 2017 hasta el año 2018), los trabajos más relevantes realizados son:

Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company (Portugal) 2017, en el cual se presentó un caso de estudio en una PYME del sector de la producción de cajas de cartón corrugado y cajas litográficas con el objetivo de mejorar la calidad y el rendimiento de un proceso de producción aplicando los principios y herramientas de TQM y de Manufactura esbelta. El estudio mostró cómo se pueden utilizar herramientas de la manufactura esbelta y de calidad para involucrar a los empleados en la recopilación de datos y ofrecer sugerencias de mejora. Esto permitió la identificación de acciones de mejora que resultaron en reducciones de configuración y reducciones en la distancia recorrida por los operadores (Roriz et al., 2017).

En el trabajo *Applying lean in aerospace manufacturing* (India) 2017, se estudia la aplicación de Lean Manufacturing en la manufactura espacial. El objetivo principal es proporcionar antecedentes sobre la manufactura esbelta, presente en la descripción general de los desechos de fabricación e introducir las herramientas y técnicas que se utilizan para transformar una empresa en una empresa esbelta de alto rendimiento. Como resultado de la implementación de diferentes herramientas Lean, se produjo un aumento en la productividad del proceso completo de soldadura y la estación de ensamblaje de piezas también disminuyó su tiempo total de ciclo de operación (Garre et al., 2017).

El artículo *Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company* (Portugal) 2017, fue el resultado de un trabajo realizado en una empresa que se dedica a la producción de equipos mecánicos en el cual se muestra cómo pueden detectar los desechos en el flujo productivo a través de VSM. Los resultados obtenidos durante la investigación demuestran que la implementación de TPM en una organización puede garantizar una mayor productividad, mejor calidad, menos averías, menores costos, entregas confiables, entornos de trabajo motivadores, mayor seguridad y confianza de los empleados en sí mismos (Oliveira et al., 2017).

En el trabajo *Adoption of lean philosophy in car dismantling companies in Sweden-a case study* (Suecia) 2018, se investigó cómo las técnicas de fabricación Lean pueden contribuir a mejorar el sistema de producción de los desmanteladores de vehículos al final de su vida útil (End of Life Vehicles), dado que la cantidad de automóviles está aumentando en todo el mundo, al igual que la cantidad de ELV. Los resultados mostraron que existe un margen para implementar técnicas lean en empresas dedicadas al desmantelamiento de vehículos para mejorar su proceso operativo mediante la identificación y eliminación de desechos (Hasibul et al., 2018).

El documento *Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products* (Portugal) 2018, tuvo como fin de contribuir a la optimización de procesos en una industria textil mediante una combinación de herramientas Lean, con un enfoque en dos problemas principales: el flujo de información y los problemas de pérdida de tiempo en el proceso de fabricación. Como resultados, se logró un ahorro de cuatro horas semanales por operador, es decir. una ganancia del 10% del tiempo disponible por semana (Neves et al., 2018).

Todos los trabajos aquí reunidos muestran características y resultados similares: problemas de desperdicios (inventarios, sobreproducción, transportes, esperas) que generan productos no conformes y altos costos operaciones, y que con la implementación de la filosofía de la manufactura esbelta se logran resultados significativos en cuanto al incremento de conformidad de productos terminados, la reducción de costos operacionales y el incremento de la productividad. A pesar de que no se encontró ningún trabajo de implementación de manufactura esbelta en una industria productora de colchones, se puede inferir que la implementación de esta filosofía otorgara beneficios significativos para abordar los problemas presentes en Espumas Santafé de Bogotá. En la tabla 6 se muestra una línea del tiempo que resume los documentos consultados y su fecha de publicación. Así pues, se concluye la revisión literaria y se da lugar al diagnóstico de la situación actual de la empresa, que será abarcada en la siguiente sección.

Tabla 6

Línea de tiempo: Resumen documentos encontrados.

AÑO	DOCUMENTOS	PAÍS	AUTORES.
2004.	Modelo de aplicación de herramientas de manufactura esbelta desde el desarrollo y mejoramiento de la calidad en el sistema de producción de americana de colchones.	COLOMBIA.	Niño Navarrete & Olave Triana.
2010.	Propuesta para la implementación de un sistema de producción, basado en técnicas de Lean	COLOMBIA	P. Quintana.

2015	Manufacturing, que contribuya al control del inventario en proceso, para la sección de confección de colchones en una empresa productora de espuma.	PERÚ.	Ramírez Pacheco & Tesen Martínez.
	Incremento de la productividad en la línea de producción de colchones, mediante el uso de herramientas de Lean Manufacturing, en la empresa DINOR E.I.R.L.		
	Propuesta de planificación y control de la producción para mejorar la productividad en la fábrica de colchones DINOR E.I.R.L.		Santos Villalobos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.

Continuación.

AÑO	DOCUMENTOS	PAÍS	AUTORES.
2016	Proyecto de estandarización y mejora del proceso de producción de componentes intermedios en una fábrica de colchones.	ESPAÑA.	Benlloch Cabañero.
	Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company.	PORTUGAL.	Roriz, Nunes, & Sousa.
2017	Applying lean in aerospace manufacturing.	INDIA.	Garre, Bharadwaj, Shashank, Harish & Dheeraj.
	Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company.	PORTUGAL.	Oliveira, Sá, & Fernandes
2018	Adoption of lean philosophy in car dismantling companies in Sweden-a case study.	SUECIA.	Hasibul, Gustav, & Malin
	Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products	PORTUGAL.	Neves, Silva, Ferreira, Pereira, Gouveia, & Pimentel.

Fuente: Elaboración propia.

6. Diagnóstico de la situación actual de la empresa.

En esta sección se desarrollará el diagnóstico general de la empresa Espumas Santafé de Bogotá, desde su historia, su misión y visión, la descripción medioambiental y la distribución en planta de esta, abarcando tanto la definición del producto que se escogerá para el estudio a realiza como la descripción de los procesos que tienen lugar dentro de la planta. Además, se desarrollará un modelo de simulación de los procesos el cual se utilizará para realizar un mapeo del flujo de la cadena de valor, y finalmente se expondrán los desperdicios identificados en la planta.

6.1. La empresa: Espumas Santafé de Bogotá S.A.S.

Espumas Santafé de Bogotá S.A.S. fue fundada en marzo de 1.992. Esta empresa nace con el objetivo de fabricar y comercializar una de las materias primas más importantes utilizadas en diferentes procesos industriales: la espuma flexible de poliuretano. Desde sus inicios, la compañía viene creciendo sólidamente, contando con una moderna planta ubicada en la vía Bogotá - Siberia en el municipio de Cota en Cundinamarca. La empresa cuenta con un excelente grupo humano, el cual está conformado por más de 380 empleados directos y además genera más de 3.000 empleos indirectos, aportando así al desarrollo económico del país.

6.1.1. Misión.

Fabrican y comercializan espuma de poliuretano para la industria; así como productos afines relacionados con el descanso y confort.

6.1.2. Visión.

En el año 2020 serán la empresa más rentable del mercado, diferenciados por la calidad de nuestros productos y la innovación de sus procesos de vida.

6.1.3. Grupo Ramguiflex.

En el año 2002 empiezan a incursionar en el transporte de carga con la Compañía TRANSPORTES R&R, la cual se dedica al transporte de carga y soluciones logísticas. Contando con una moderna flota de tracto camiones con capacidad de transporte de insumos químicos, materias primas y producto terminado en todo el territorio nacional. Ese mismo año, inicia labores la Compañía C.I CHEMICAL WORLD LTDA, la cual se dedica a la comercialización de materias primas para la industria de la fabricación de espuma flexible de poliuretano en Colombia. En el año 2004 inicia labor es Vinylfoam S.A. en Ciudad de Panamá, consolidándose como la empresa más importante en la fabricación y comercialización de espuma flexible de poliuretano, colchones, muebles y accesorios en el hermano País. En el año 2015 Espumas Santafé de Bogotá S.A.S inicia la construcción una nueva planta ubicada en la ciudad de Barranquilla, la cual atenderá todo el mercado de la costa Atlántica iniciando labores su primera fase en mayo del año 2016 (Espumas Santafé de Bogotá S.A.S, 2018).

6.1.4. Productos

En esta subsección de hablará sobre los productos que ofrece la empresa Espumas de Santafé de Bogotá, la cual se dedica a la producción y comercialización de:

6.1.4.1. Espuma flexible de poliuretano

La empresa produce espuma flexible utilizada como materia prima en diversas industrias tales como la de muebles, colchones, automotriz, calzado, marroquinería, decoración, aseo, construcción, textil entre otras. Esta se comercializa en presentaciones de: espuma en bloques, láminas, láminas troqueladas, módulos y rollos, de diversas densidades y dimensiones (Espumas Santafé de Bogotá S.A.S, 2018).



Figura 5. Módulos de espuma.

Nota: Recuperado de: (Espumas SantaFe, 2018). Recuperado de: <http://colchonesramguiflex.com/web/wp-content/uploads/2019/08/AP022-K-copia-300x300.jpg>

6.1.4.2. Módulos en espuma

También, se ofrece el servicio de diseño y fabricación de módulos en espuma en diferentes densidades y tamaños de acuerdo con las necesidades de los clientes para diversas aplicaciones en muebles, parques infantiles, gimnasios, productos ortopédicos, línea de mascotas, institucionales, etc. (Espumas Santafé de Bogotá S.A.S, 2018).



Figura 6. Módulos de espuma.

Nota: Recuperado de: (Espumas SantaFe, 2018). Recuperado de: <http://colchonesramguiflex.com/web/wp-content/uploads/2019/08/TOPPER-JC1-300x300.jpg>

6.1.4.3. Colchones

Se fabrican y comercializan colchones de la más alta calidad que son fabricados con espuma BIOFLEX más amigable con el medio ambiente y avalados con el sello POLIFLEX de calidad de espuma que certifica el cumplimiento de la norma técnica colombiana NTC - 2019 del Icontec (Espumas Santafé de Bogotá S.A.S, 2018).



Figura 7. Colchón con base cama.

Nota: Recuperado de: (Espumas Santafe, 2018). Recuperado de: <http://colchonesramguiflex.com/web/wp-content/uploads/2019/08/nido.jpg>

6.1.4.4. Línea infantil Disney

Se producen y comercializan colchones, colchonetas, base camas y muebles línea Disney©.



Figura 8. Productos Disney elaborados.

Nota: Recuperado de: (Espumas Santafe, 2018). Recuperado de: <http://colchonesramguiflex.com/web/wp-content/uploads/2019/08/image-300x300.png>

6.1.4.5. Muebles y Sofá-camas.

Estos productos son desarrollados en espuma de alta densidad y estructura en maderas eco-amigables que garantizan máximo confort al usuario conservando el diseño y apariencia en el tiempo (Espumas Santafé de Bogotá S.A.S, 2018).



Figura 9. Sofá-camas.

Nota: Recuperado de: (Espumas Santafe, 2018). Recuperado de: <http://colchonesramguiflex.com/web/wp-content/uploads/2019/08/A681-3-300x300.jpg>

6.2. Descripción medioambiental de la planta

Para determinar las condiciones medioambientales de la empresa, se realizó una visita a las instalaciones de la empresa. De esta visita se observó:

- En las instalaciones de la planta se perciben fuertes olores producto de desechos orgánicos dado que esta se encuentra ubicada en una zona rural del departamento. Se pudo observar también que hay poca extracción de calor dentro de la planta, poca visualización de la señalización de piso de las estaciones de trabajo no existe señalización de uso de elementos de protección personal (EPP) indispensables para poder ingresar a la estación de trabajo.
- En las instalaciones se pudo observar que existen factores de riesgo biomecánico y ergonómico por cargas de materiales pesados (inferiores a 25kg) lo que puede ocasionar lesiones lumbares musculares, ya que los operarios dentro de sus actividades diarias se encuentra el transporte de materias primas hacia sus estaciones de trabajo. Para dichas actividades no se observó el uso de cinturones de esfuerzo.
- Dado que la planta se encuentra localizada en una zona rural, los operarios se encuentran expuestos a un factor de riesgo físico por mordeduras y picaduras de animales e insectos.

- Los operarios dentro de las instalaciones se encuentran expuestos a factor de riesgo físico por caídas de mismo nivel por dos fuentes, la primera, en los alrededores de la estación de preparación de mezclas y reacciones el piso tiene residuos de Polioliol, sustancia que hace que el suelo sea más resbaladizo y como segunda fuente, el desorden de las materias primas en toda la planta son las fuentes de este factor de riesgo.
- Dentro de las instalaciones existe niveles de ruido elevados emitidos por el uso de maquinarias industriales que hacen parte de las operaciones diarias.

6.3.Distribución de planta de la empresa

En la figura 11 se muestra la distribución en planta de la empresa, en la cual se muestran las diferentes estaciones de trabajo que hay definidas en el lugar. En el plano mostrado allí se pueden apreciar la ubicación de cada estación de trabajo con el fin de poder tener una idea de los lugares en los cuales se desarrollan las actividades en la planta de producción.

6.4.Selección del producto a estudiar.

Actualmente, en la empresa se elaboran más de trece productos, los cuales acorde a sus requerimientos de materiales fueron clasificados en: colchones caribeños (caribeño), colchones Casatta (Casatta), colchoneta lisa (colchoneta), colchoneta acolchada y láminas de empaque (laminas). para la elección del producto a estudiar se establecieron tres criterios; la cantidad de ganancias que el producto genera a la compañía, la cantidad de productos elaborados y la cantidad de estaciones que el producto utiliza para ser elaborados. Para ello, la empresa suministró información de sus ventas realizadas en un intervalo de tiempo de nueve meses.

Comenzando con el análisis de los criterios, primero se analiza la cantidad de unidades de los productos elaborados en la sucursal. De dicha información se obtuvo la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** la cual muestra las cantidades elaboradas de cada producto en este intervalo de tiempo. Cabe resaltar que se excluyeron del análisis los productos que en el sistema son registrados en kg.

Tabla 7

Cantidades elaboradas discriminado por productos.

Producto	Cantidades (Unidades)
Colchoneta	17.717
Caribeño	12.536
Colchoneta acolchada	8.535
Cassata	4.389
Total (unidades)	43.177

Fuente: Espumas Santafé de Bogotá. Elaboración propia.

En este lapso también se analizaron las ganancias obtenidas por cada producto. Por acuerdos de confidencialidad, los valores son presentados en cantidades porcentuales, sin embargo, estos valores representan el margen de ganancia obtenido de la información suministrada por parte de la empresa. Para esta información se elaboró un diagrama de Pareto mostrado en la siguiente figura:

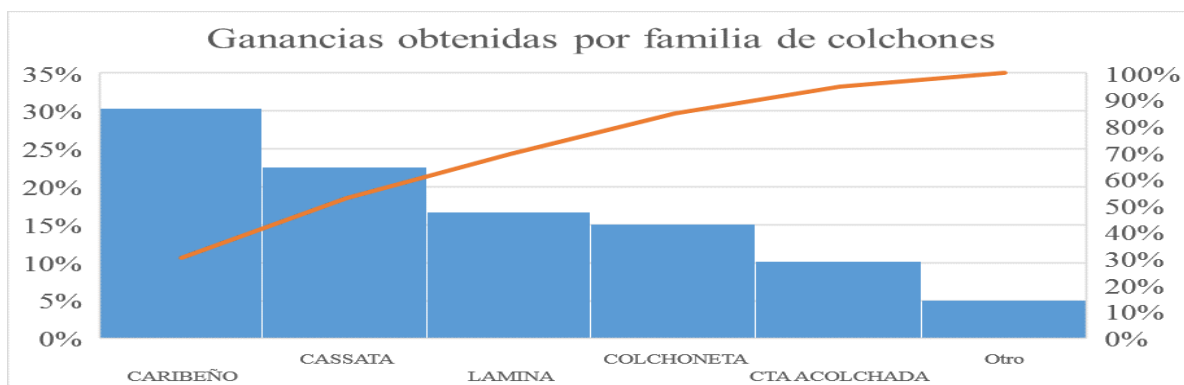


Figura 10. Diagrama de Pareto de margen de ganancia por familia de productos. Fuente: Elaboración propia

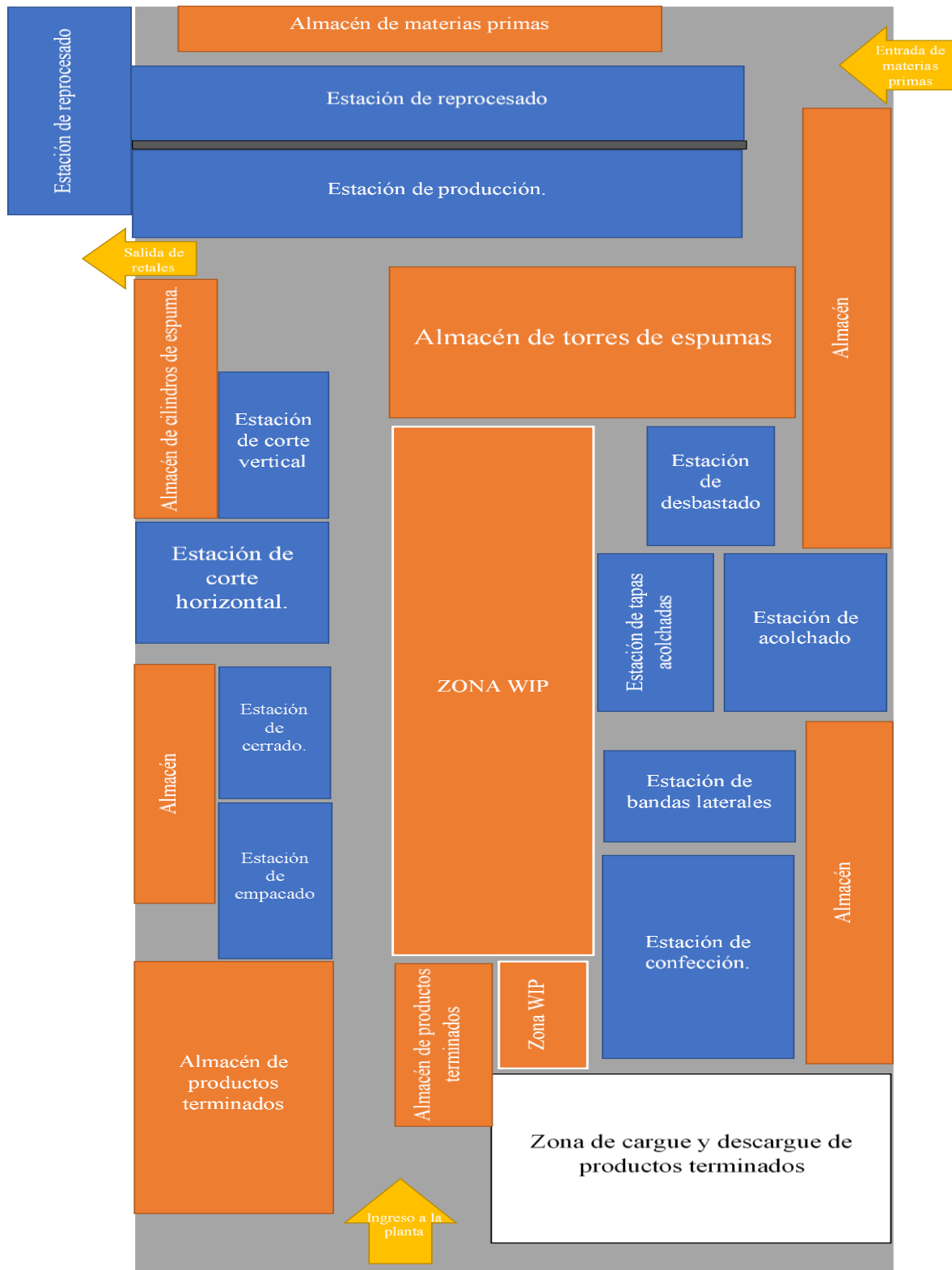


Figura 11. Distribución de planta de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, en la siguiente tabla se muestra las estaciones que son necesarias para la elaboración de cada producto, en donde se marca con un 1 si el producto pasa por dicha estación de trabajo y cero sino:

Tabla 8

Operaciones requeridas por producto por estaciones.

Producto.	Reprocesado.	Producción.	Corte vertical.	Corte horizontal.	Desbastado.	Acolchado.	Corte de tapas.	Corte lateral.	Confección.	Cerrado.	Empacado.
Caribeño	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cassata	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lamina	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Colchoneta	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1
Cta. acolchada	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

De la información obtenida en los meses estudiados, se puede concluir que:

- Las colchonetas son el producto más elaborado, seguido de los colchones caribeños.
- Los colchones caribeños son los productos que más ganancias le han dejado a la compañía en el periodo analizado, seguido de los colchones que usan cassata.
- Los colchones que usan cassata son los productos que requieren de todas las estaciones de la planta, seguido de los colchones caribeños, que requieren diez de las once estaciones.

Esta información se puede resumir en la Tabla 9. Finalmente, con base en la información expuesta anteriormente, se establece el producto de colchones caribeño para la realización del estudio, ya

que este se encuentra en los tres criterios de selección. De esta manera se termina esta subsección, dando paso a la descripción de los procesos que tienen lugar en las estaciones de trabajo.

Tabla 9.

Resumen de información por criterios de selección.

Puesto	Criterio		
	Cantidad	Ganancias	Operaciones
1	Colchoneta	Caribeño	Cassata
2	Caribeño	Cassata	Caribeño
3	Cta. acolchada	Lamina	Cta. acolchada

Fuente: Elaboración propia

6.5.Descripción de procesos productivos

En esta subsección se describirán las actividades realizadas en las estaciones señaladas en la Tabla 8. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** haciendo énfasis en el producto caribeño seleccionado de la sección anterior.

6.5.1. Estación de producción.

Para el funcionamiento de la estación de mezclas, conocido también como producción, actualmente cuatro operarios realizan las actividades designadas para esta estación. Cuando el turno comienza, tres operarios comienzan a realizar la limpieza de las máquinas y moldes, la cual consiste en retirar los residuos de espuma adherida a estas. Luego, una vez estén libres de residuos, los operarios comienzan a engrasar las superficies que están en contacto directo con la espuma, proceso conocido como “pintado”, esto para prevenir que la espuma cuando está en proceso de reacción se adhiera y sea fácil remover los bloque producidos de los moldes. Acto seguido, se disponen a realizar el corte del plástico protector del molde inferior según sea la programación diaria. A este conjunto de actividades se les denomina “Preparación”.

Paralelamente, el cuarto operario comienza a realizar el pesado de los químicos requeridos para la producción del día, este lo hace siguiendo una receta establecida por la compañía. Cada químico es depositado en recipientes plásticos de igual tamaño entre sí para poder diferenciarlos.

Una vez los tres operarios terminen sus actividades preparatorias y el cuarto operario termine el pesado de los químicos es cuando se procede a realizar la producción de las espumas. Los operarios de preparación cogen un plástico y lo colocan en la base móvil del molde. Mientras tanto, el operario de químicos empieza a sacar los recipientes ya pesados. Una vez todo este afuera, el operario de químicos comienza a operar la maquina mezcladora y posiciona enfrente de la moldeadora de cinco metros. Una vez allí, un operario de preparación busca una manguera que suministra Polioliol y la coloca en la maquina mezcladora para añadir la cantidad indicada de este químico. La máquina mezcladora realiza una mezcla a una determinada velocidad, mientras esto sucede el operario de químicos opera la mezcladora y la traslada hacia el molde a usar.

Paralelamente, el operario encargado del pesaje busca los químicos restantes de la mezcla y los añade y vuelve a mezclar. Una vez termina, se libera la mezcla en el molde y un operario de preparación cierra el molde rápidamente y se dispone a supervisar la reacción química, dado que esta puede dar indicios de incineración. Mientras esto sucede, el operario encargado del pesaje de los químicos y uno de los operarios de preparación repiten el proceso de añadir químicos para la siguiente torre. Una vez la reacción termina, se procede a desmontar la torre de espuma obtenida. Esta actividad requiere de 2 o 3 operarios de acuerdo con la torre generada. Esta es desmontada, transportada y luego almacenada. Este proceso es el mismo para la elaboración de cilindros de espuma. La siguiente figura muestra el diagrama SIPOC de esta estación.

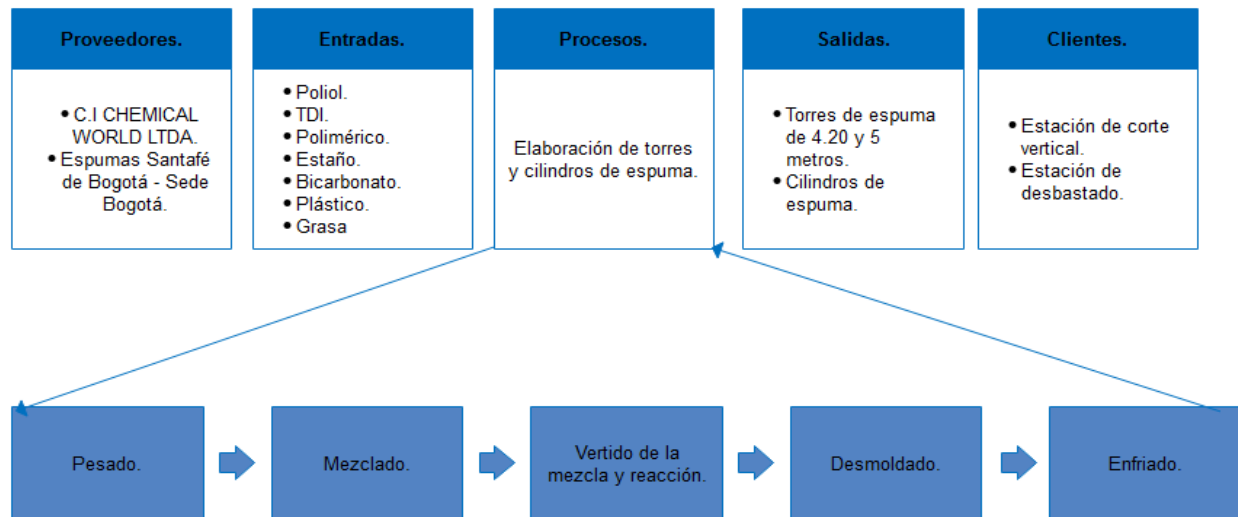


Figura 12. Diagrama SIPOC Estación de producción.

Fuente: Elaboración propia.

6.5.2. Estación de corte vertical.

El proceso en esta estación inicia cuando el operario de corte vertical se transporta hasta el área de almacenamiento temporal de las torres de espuma, selecciona la torre que se va a procesar y la transporta hasta la máquina cortadora vertical. Allí, el trabajador procede a acomodar la torre de espuma en la máquina de tal forma que quede ubicado para la medida de las dimensiones a cortar. Terminado esto, inicia el proceso de corte vertical. El operario corta primero la torre la cantidad de veces necesarias de acuerdo con las medidas, de tal forma que se producen puntas de espuma. Dichas puntas son entonces perfiladas, es decir, se les corta tanto las partes superiores e inferiores, así como los laterales de estos, de ahí se generan retales de espuma. A medida que el operario de corte vertical termina de perfilar la punta de espuma, ésta es transportada hasta un almacenamiento donde es acomodada de tal forma que queda a disposición del trabajador encargado del corte horizontal. Cabe decir entonces que el operario al terminar el proceso transporta los retales generados hasta el área de almacenamiento de estos. El operario repite este

procedimiento un número de veces fijados por la cantidad de puntas que salgan de acuerdo con las especificaciones de la producción. La figura 13. muestra el diagrama SIPOC de este proceso.

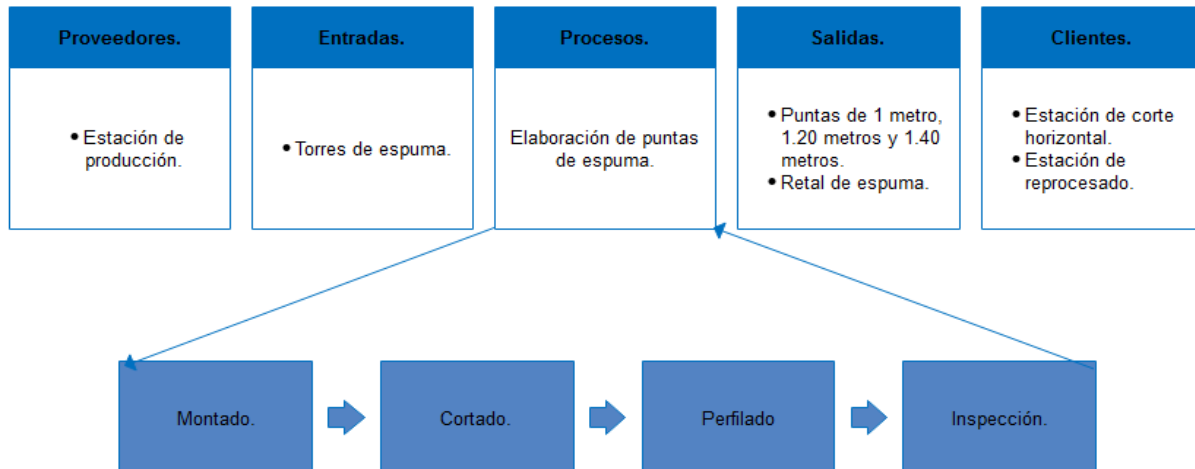


Figura 13. Diagrama SIPOC Estación corte vertical.

Fuente: Elaboración propia.

6.5.3. Estación de corte horizontal.

Cuando ya se encuentran listos las puntas de espuma, el trabajador encargado del corte horizontal se dirige hasta el lugar donde el operario de corte vertical los almacenó, transporta las puntas de espuma una a la vez hasta el carrusel de la máquina cortadora y la acomoda sobre la base circular de la máquina. El operario repite este proceso la cantidad de veces necesarias de acuerdo a los requerimientos de la producción. Una vez las puntas de espuma están acomodadas en el carrusel de la máquina, el operario parametriza la cortadora con las medidas necesarias de acuerdo con el tipo de lámina de espuma que se va a producir. Entonces inicia el proceso de corte, donde se obtienen láminas de espuma; aquí también se producen retales de espuma. Al concluir este proceso, el operario transporta los retales de espuma hasta el sitio de almacenamiento de éstos, luego vuelve por las láminas de espuma y las traslada hasta el área de

forrado donde las deja en un almacenamiento temporal. Allí las láminas aguardan hasta ser requeridas para el proceso de forrado. La figura 14 exhibe el diagrama SIPOC para esta estación.

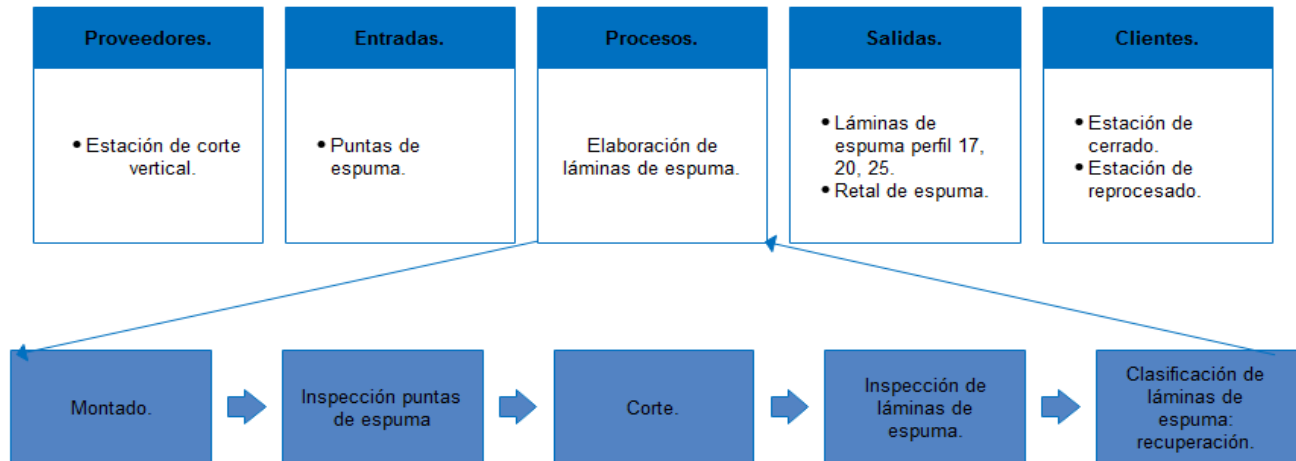


Figura 14. Diagrama SIPOC Estación de corte horizontal.

Fuente: Elaboración propia.

6.5.4. Estación de desbastado.

En esta estación, el proceso comienza con el ingreso del cilindro de espuma, el cual es montado en una cortadora de tipo de desbaste entre dos operarios. Antes de comenzar a andar la máquina, un operario realiza el corte manual de la espuma con ayuda de la máquina para eliminar defectos que afecta al producto obtenido aquí derivado de la superficie del cilindro. Mientras el operario realiza este desbaste, el otro operario se posiciona cerca del lado de la salida del material perfilado, en donde él empieza a recolectar todo este retal de espuma. Una vez se determina que ya no quedan más imperfectos, se procede a realizar desbastar manualmente el cilindro para obtener una lámina la cual pueda ser enrollada en un tubo cilíndrico. Una vez asegurado la lámina, se procede a encender la máquina. Cuando la máquina es encendida, los operarios quedan a la espera de la obtención del primer rollo de espuma continua. Una vez el primer rollo es obtenido, cortan el rollo del cilindro, y repiten el procedimiento de asegurar la lámina para luego dejar la máquina funcionando para obtener un segundo rollo de espuma continua. Cuando

un rollo de espuma es obtenido, este es transportado hacia un almacenado temporal cerca de la acolchadora, y aquí espera hasta ser utilizado en la siguiente estación. La siguiente figura muestra el diagrama SIPOC de esta estación:

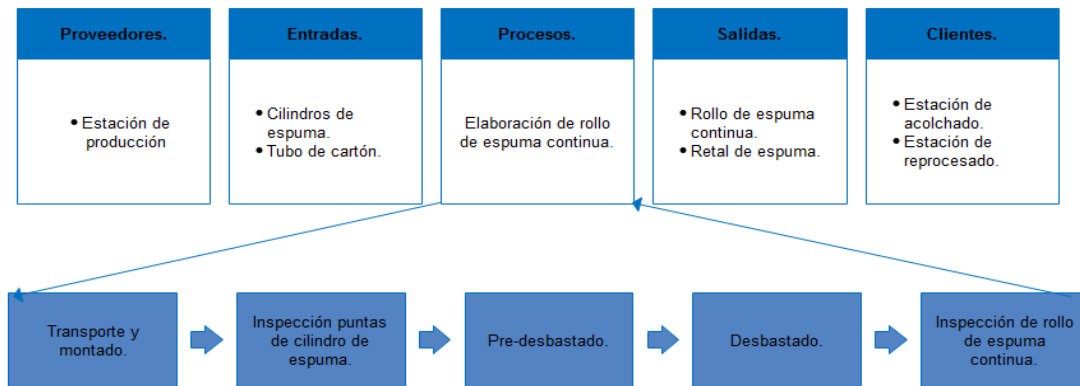


Figura 15. Diagrama SIPOC Estación de desbastado.

Fuente: Elaboración propia.

6.5.5. Estación de acolchado.

El rollo de espuma continua sale de su almacenado, es montado en el soporte de rollo de espuma de la máquina acolchadora. Este montaje se ha visto que se realiza de dos formas; con un operario o con dos operarios. A su vez, a la máquina ingresan dos rollos de telas. Una vez esta se encuentra lista la máquina, esta es encendida para para realizar el acople de las telas con la espuma. Una vez se encuentra unido, se enciende la máquina y se deja funcionando hasta que; esta termine su proceso de cocido, se acabe algún insumo o se complete un rollo de tela acolchada de 60m. Mientras la máquina está en marcha, el operario está en constante inspección de que la máquina esté operando bien. Si llegase a dar falla o falta de insumo, el operario detiene la máquina, realiza el abastecimiento del insumo o el respectivo mantenimiento correctivo, y luego enciende la máquina y continua con el proceso. Una vez se termina el proceso, apaga la máquina para proceder con el desmontado de la tela de rollo acolchado obtenido de esta máquina. Para ello, el operario de esta estación le solicita ayuda al operario de corte de tapas

para el desmontado. Los operarios cortan la tela, desmontan el rollo de tela acolchada, y luego la transportan para a su respectivo lugar de almacenado. En la figura 16 se exhibe el diagrama SIPOC de los procesos que tienen lugar en esta estación de trabajo.

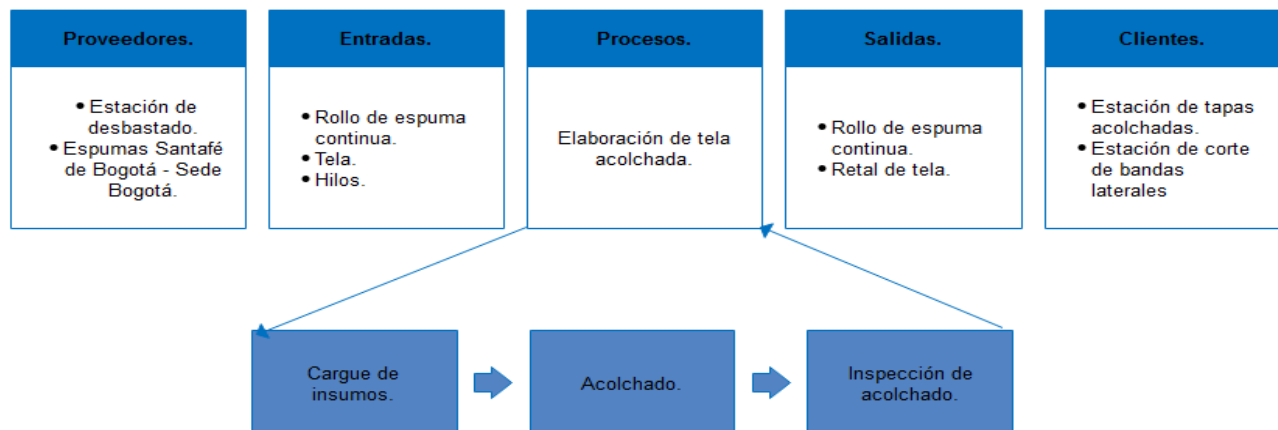


Figura 16. Diagrama SIPOC Estación de acolchado.

Fuente: Elaboración propia.

6.5.6. Estación de tapas acolchadas.

Todo comienza con el ingreso de un rollo de tela acolchada. Para el montaje del rollo a la máquina, el operario de esta estación le pide a su compañero de la estación de acolchado ayuda para el montado del rollo, debido a que el rollo tiene un peso significativo. Una vez montado el rollo en el soporte, el operario se dispone a acomodar el rollo con la maquina cortadora. luego, el operario calibra las dimensiones de corte de las tapas que necesita en la máquina.

Una vez terminada la preparación, el operario se dispone a realizar los cortes de las tapas laterales. La máquina puede realizar los cortes de manera continua, sin embargo, se observó que, si el tamaño de la tapa es pequeño, el operario entre corte y corte detiene la máquina para sacar la tapa de tela acolchada, doblarla y dejarla a un lado de la máquina, y luego vuelve a encender la máquina para continuar con el proceso. Si las tapas no son de tamaño pequeño, el operario realiza esta acción de retirar, doblar y depositar a un lado mientras la máquina realiza los cortes.

Una vez el operario termina de realizar los cortes necesarios, él traslada las tapas hacia la estación de confección donde las deja en una zona de almacenado temporal mientras los de esta área las emplean. En la figura 17 se muestra el diagrama SIPOC del proceso descrito.

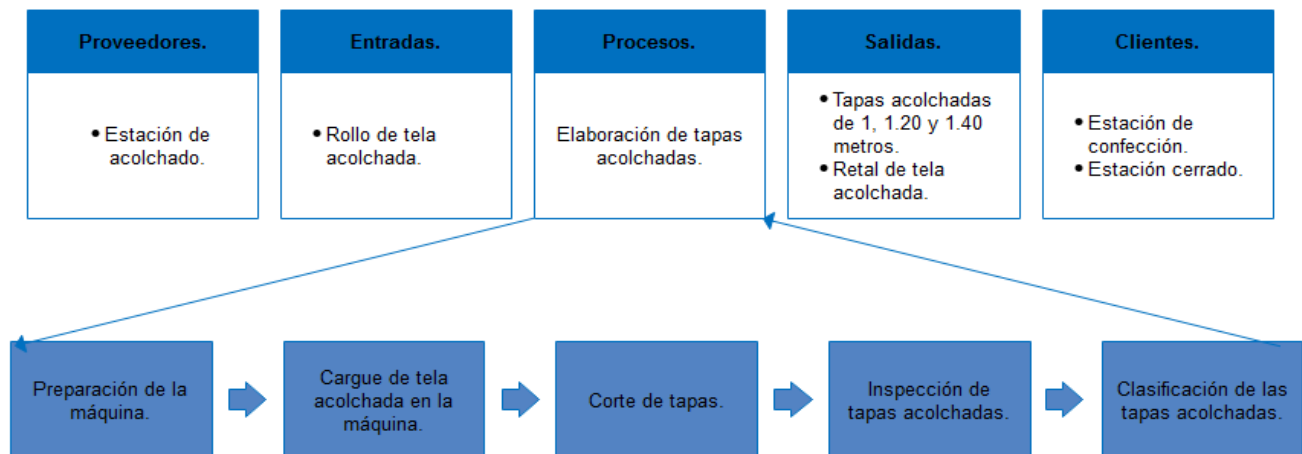


Figura 17. Diagrama SIPOC estación de tapas acolchadas.

Fuente: Elaboración propia.

6.5.7. Estación de corte de bandas laterales.

El proceso de corte de bandas laterales solamente requiere un operario, sin embargo, al momento de abastecer esta estación es necesario la ayuda de otro debido a que por el tamaño y el peso de los rollos de tela acolchada no puede hacerlo uno solo, por lo tanto, ambos operarios deben transportarse hasta el área donde se almacena el rollo de tela acolchada, tomarla y luego transportarla al área de corte. Allí, el rollo es acomodado sobre una base y entonces se libera el operario extra. Acto seguido, el operario de corte extiende la tela acolchada sobre la mesa de corte, posteriormente corta la tela al ras del rollo y luego mide las dimensiones de las bandas laterales que van a ser cortados. Cuando ya ha medido la cantidad de cortes que debe hacer, inicia el proceso de cortado de los laterales. De Aquí se obtienen las bandas laterales de los cajones de los colchones. Este proceso genera retales de tela, por lo que el operario a medida que

va cortando, inmediatamente acomoda los retales en una bolsa que tiene en su puesto de trabajo para ello. Cuando finaliza el proceso de corte, el operario transporta las bandas laterales hasta un sitio donde posteriormente otro operario se encarga de llevarlos hasta la estación de confección. Este proceso es ilustrado en la figura 18.

Este proceso es ilustrado en la figura 18.

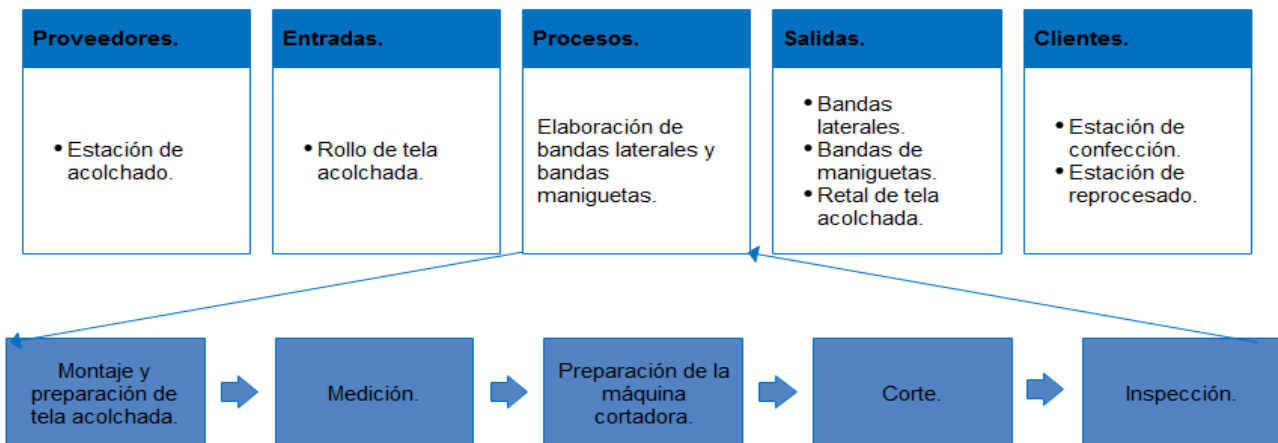


Figura 18. Diagrama SIPOC estación de corte de bandas laterales.

Fuente: Elaboración propia.

6.5.8. Estación de confección.

En el área de confección en cuanto a la elaboración de colchones, se realizan dos procesos: el primero de ellos es la confección de las maniguetas del colchón. El segundo proceso realizado es la confección de los cajones de los colchones. Para ello, el operario toma laterales, tapas y maniguetas (si la referencia la requiere), las trae a su lugar de trabajo, y prepara la máquina para empezar a coser. Una vez preparada la máquina, el operario toma la banda lateral y la tapa, los monta en la máquina e inicia el proceso de confección. En ciertos puntos, el operario se realiza el proceso de acoplar las maniguetas al colchón (si la referencia lo requiere). Sin embargo, el cosido se realiza de manera continua y este se detiene solamente cuando se termina de confeccionar el cajón, o se presenta algún percance durante la confección, ya sea que se acabe el

hilo, se desenhebre la aguja, o se descomponga la máquina. Una vez termina toda la operación de confección del cajón, este es doblado y transportado hacia la zona de almacenado WIP. En la siguiente figura se muestra el diagrama SIPOC de esta estación.

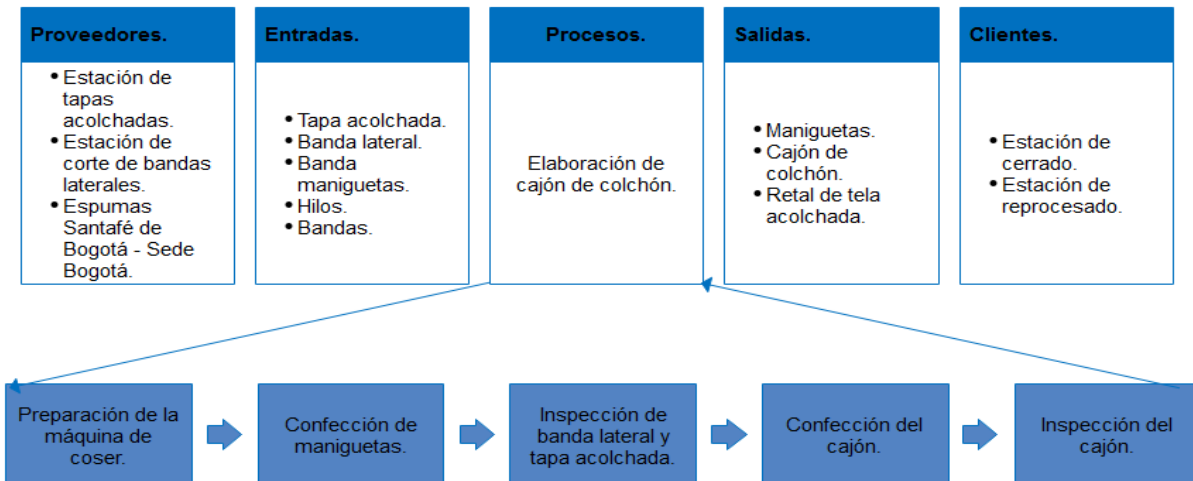


Figura 19. Diagrama SIPOC estación de confección.

Fuente: Elaboración propia.

6.5.9. Estación de Cerrado.

En esta estación de trabajo el proceso comienza cuando el operario de forrado se transporta hasta la zona WIP del área de confección, allí toma un lote de cajones y los transporta hasta el área de forrado. Una vez se encuentra en dicha área, el operario apila cierta cantidad de láminas de espuma las cuales serán forradas. Posteriormente, el operario procede a forrar la lámina de espuma. Después, el operario se dirige hasta la estación de tapas, toma un lote y las transporta hasta el área de forrado en donde las deja. Luego toma la lámina forrada y una tapa y las lleva hasta el sitio de del área de cerrado donde ésta esperará hasta que sea requerida. Posterior a esto, el operario del proceso de cerrado va hasta el área donde se encuentran las láminas forradas, toma una y la transporta hasta su mesa de trabajo. Cuando cuenta con todos los componentes del colchón, se dispone a acomodar la tapa acolchada en su lugar y e inspecciona para verificar el

estado de los componentes, ocasionalmente debe recortar excesos de tela provenientes del cajón de la lámina de espuma y de las tapas acolchadas. Cuando termina esta operación, el trabajador realiza el proceso de cerrado de la lámina forrada para transformarla en un colchón; durante este procedimiento el operario le pega una etiqueta al colchón. Al finalizar este proceso, el operario toma el colchón cerrado y lo transporta hasta el área de almacenamiento de la zona de empaque, donde el colchón esperará hasta ser requerido. La siguiente figura muestra el diagrama SIPOC del proceso descrito.

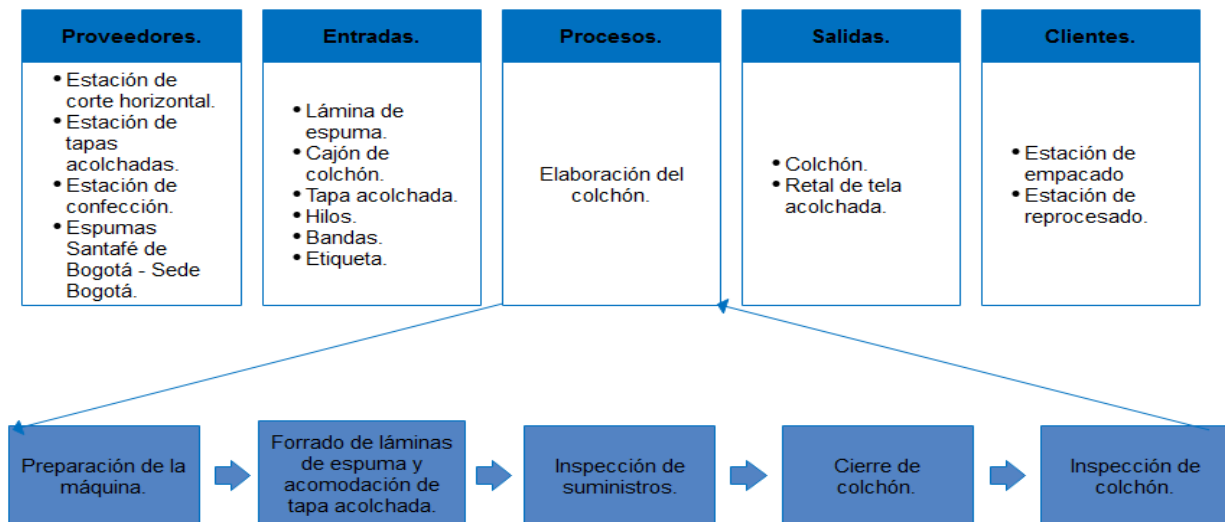


Figura 20. Diagrama SIPOC estación de cerrado.

Fuente: Elaboración propia.

6.5.10. Estación de empaçado.

En esta estación los operarios deben transportarse a buscar los colchones ensamblados hasta el área de almacenamiento donde éstos están a la espera de ser empaçados. Allí, cada trabajador toma un colchón y lo transporta al área de empaque. Cuando ya se encuentran en dicha área, acomodan los colchones en la mesa un colchón sobre el otro y se disponen entonces a iniciar el proceso de preparación y pegado de las etiquetas que identifican el producto y el lote al que

pertenece. Después tiene lugar el proceso de empaque y sellado, donde comienza quitando los hilos sueltos que tenga. Posterior a esto lo empaqa, lo sella. Subsiguientemente, un operario transporta cada colchón terminado al área de almacenamiento final. La figura 21 muestra el diagrama SIPOC de esta estación. Para finalizar esta sección, en el anexo A se encuentra expuesto el cursograma analítico para la elaboración de un colchón

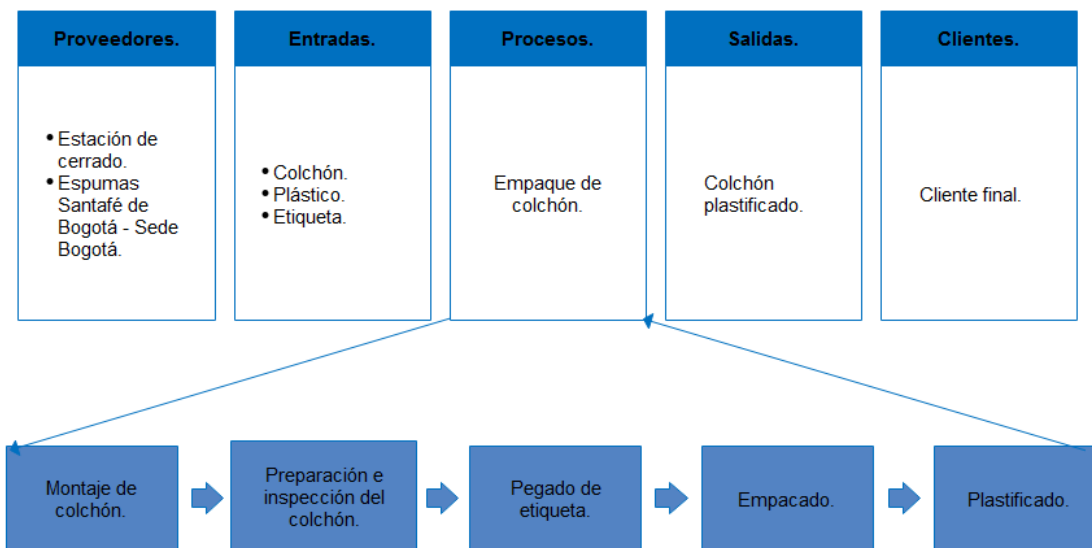


Figura 21. Diagrama SIPOC Estación de empaçado.

Fuente: Elaboración propia.

6.6. Modelo de simulación proceso actual.

En el marco teórico se expusieron los pasos que constituían la construcción de un modelo de simulación. De este modo, como primera medida se formuló el problema a simular, el cual consiste en el desarrollo del modelo de los procesos que se ejecutan en la empresa Espumas Santafé de Bogotá S.A, el cual ayudará a la construcción del Mapa del flujo de valor (VSM). En el siguiente apartado se expondrá la manera en la cual se realizó el proceso de recolección de datos.

Es necesario recalcar que el modelo de simulación actual se desarrolla con el fin de poder analizar el tiempo promedio que tardan los materiales en los almacenamientos entre procesos antes de ser requeridos. Adicionalmente se empleará la simulación para determinar el número de piezas promedio que permanecen en dichos almacenes.

6.6.1. Recolección de datos, definición del modelo y análisis de entrada.

El proceso de recolección de datos se desarrolló partiendo del estudio de métodos y tiempos que tuvo lugar en todas las estaciones de trabajo de la planta de producción. Allí se examinaron los procesos que tienen lugar en cada estación de trabajo, se desglosaron dichos procesos en actividades con el fin de realizar el muestreo necesario, y posteriormente se realizó un modelo conceptual de los procesos que tienen lugar dentro de su planta de producción con base en lo descrito en el capítulo 6.5 y el cual está representado en la Figura 22. Es preciso recalcar que, para el modelaje del proceso de producción de colchones de referencia caribeño, se recolectaron datos de los colchones de 1 metro, de 1.2 metros y de 1.4 metros en calibre 17. Esto con el fin de alimentar el modelo con varios procesos, tal como ocurre en la planta de producción de la empresa.

A los datos obtenidos del muestreo se les realizó un análisis de entrada con el fin de establecer el tipo de distribución de cada actividad utilizando la herramienta de Input Analyzer del software Arena®.

Dicha herramienta se puede usar para determinar la calidad del ajuste de las funciones de distribución de probabilidad para ingresar datos. También se puede usar para ajustar funciones de distribución específicas a un archivo de datos que le permita comparar funciones de distribución o mostrar los efectos de los cambios en los parámetros para la misma distribución. Los archivos

de datos procesados por el Input Analyzer generalmente representan los intervalos de tiempo asociados con un proceso aleatorio. Por ejemplo, el Input Analyzer se puede utilizar para analizar un conjunto de tiempos entre llegadas o un conjunto de tiempos de proceso.

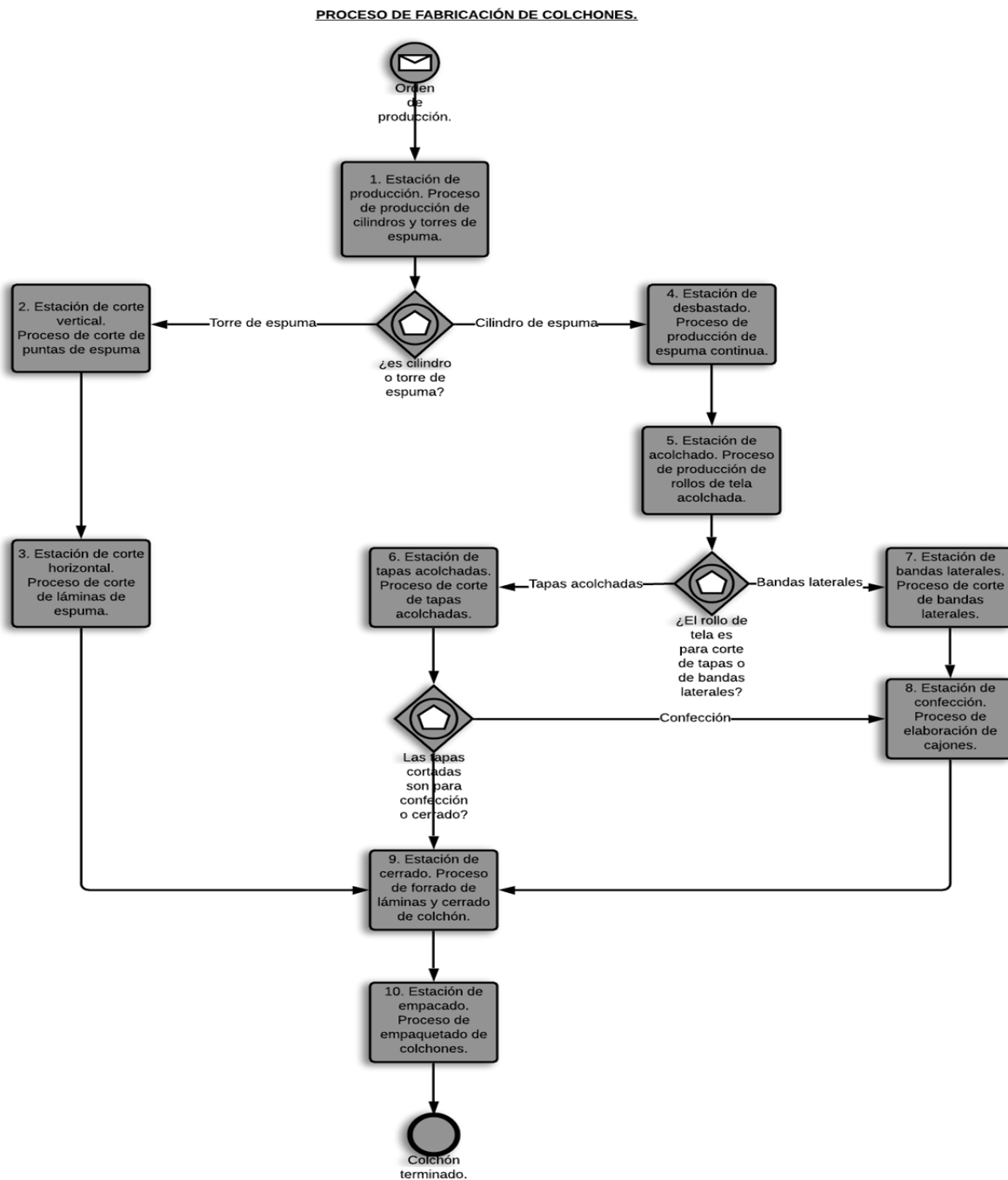


Figura 22. Modelo conceptual de los procesos de la empresa.
Fuente: Elaboración propia.

De esta forma se puede observar el tipo de distribución que arrojaron los datos seleccionados, así como el error cuadrático de la misma. Adicionalmente, esta herramienta también permite visualizar tanto el valor mínimo como el valor máximo de los datos, la media de estos y su desviación estándar. Un ejemplo de la visualización del procesamiento de datos que arroja la herramienta Input Analyzer se puede ver reflejado en la Figura 23, la cual muestra la distribución del proceso de preparación del molde cilíndrico que tiene lugar en la estación de producción y del cual se obtienen los cilindros de espuma.

La distribución de este proceso es de tipo Triangular, con un valor mínimo de 2.07 min, un valor más probable de 2.44 min y un valor máximo de 2.6 min. Adicionalmente arroja un error cuadrático del 0.013%, una media de 2.54 y una desviación estándar de 0.13.

En la Figura 24, se muestra el análisis de entrada con el fin de establecer el tipo de distribución del proceso de perfilado de puntas de espuma, el cual tiene lugar en la estación de corte vertical y del que se obtienen puntas de espuma que posteriormente son utilizadas en el proceso de corte horizontal.

El Input Analyzer arrojó que este proceso fue documentado 24 veces, definiendo un tipo de distribución Normal con media de 1.66 min y una desviación estándar de 0.071min, el error cuadrático de estos datos es del 0.001%. Además, establece que el valor mínimo de los datos es de 1.5min y el máximo de 1.82min. La media de los datos es de 1.66 min con una desviación estándar de 0.073.

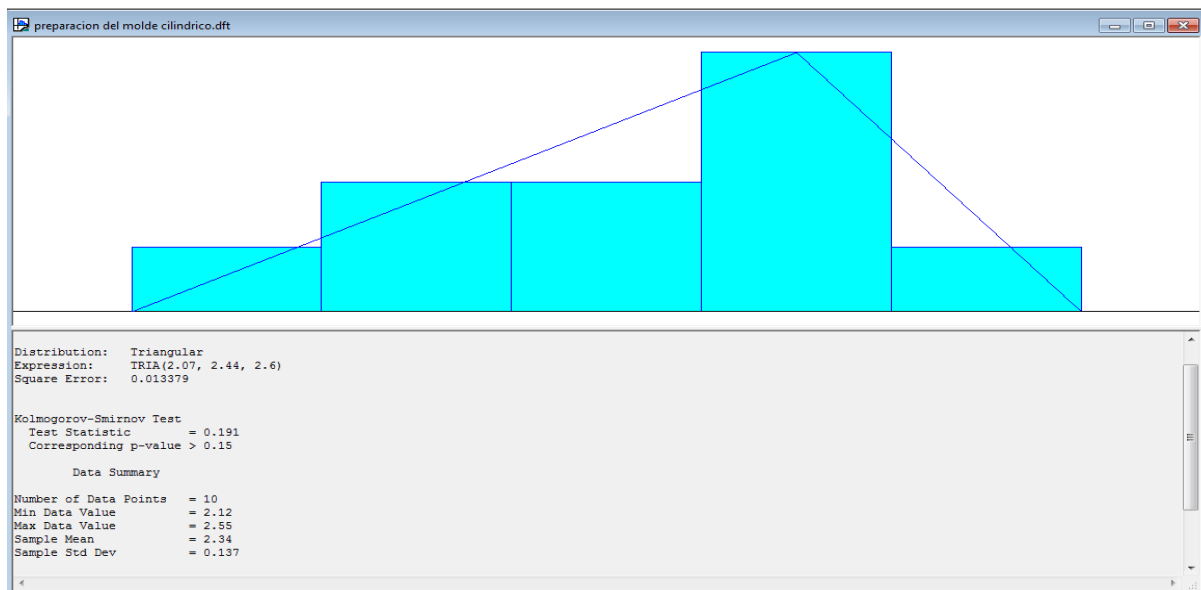


Figura 23. Análisis de datos recopilados del proceso de preparación del molde cilíndrico.

Nota: Fuente: Arena®

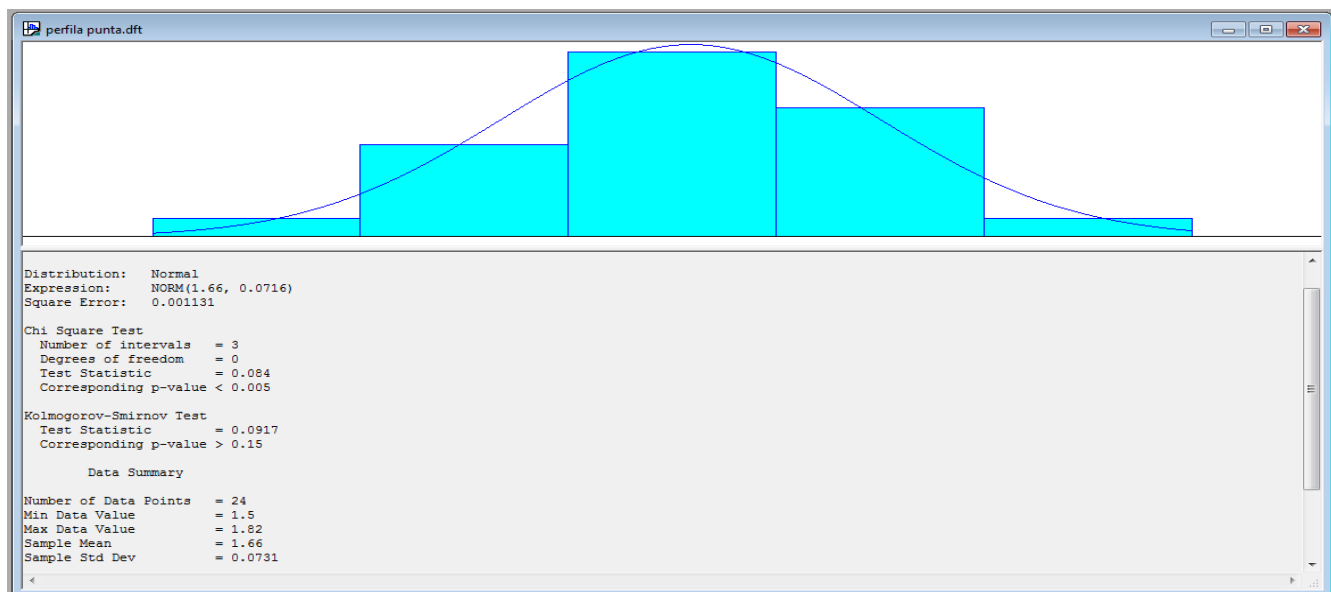


Figura 24. Análisis de los datos recopilados del proceso de perfilado de puntas.

Nota: Fuente: Arena®

Para finalizar la sección de recolección de datos, en la Figura 25 se exhibe el análisis del proceso de transporte del cilindro de espuma hasta la máquina desbastadora, en la estación de desbastado, para posteriormente realizar el proceso de desbastado del que se obtienen los rollos de espuma continua. En este análisis se puede observar que la distribución que siguen los datos recolectados es de tipo Long normal, con una media de $1.29 + 0.26$ minutos, una desviación de 0.18, y un

error cuadrático del 0.02%. Además, se observa que el valor mínimo de los datos es de 1.33 min y el máximo es de 1.75 min. La media de los datos tiene un valor de 1.54 min y la desviación estándar de estos es de 0.12. Es preciso recalcar que el análisis de los datos recolectados se realizó para cada uno de los procesos que tienen lugar en cada estación de trabajo en la planta de producción de la empresa.

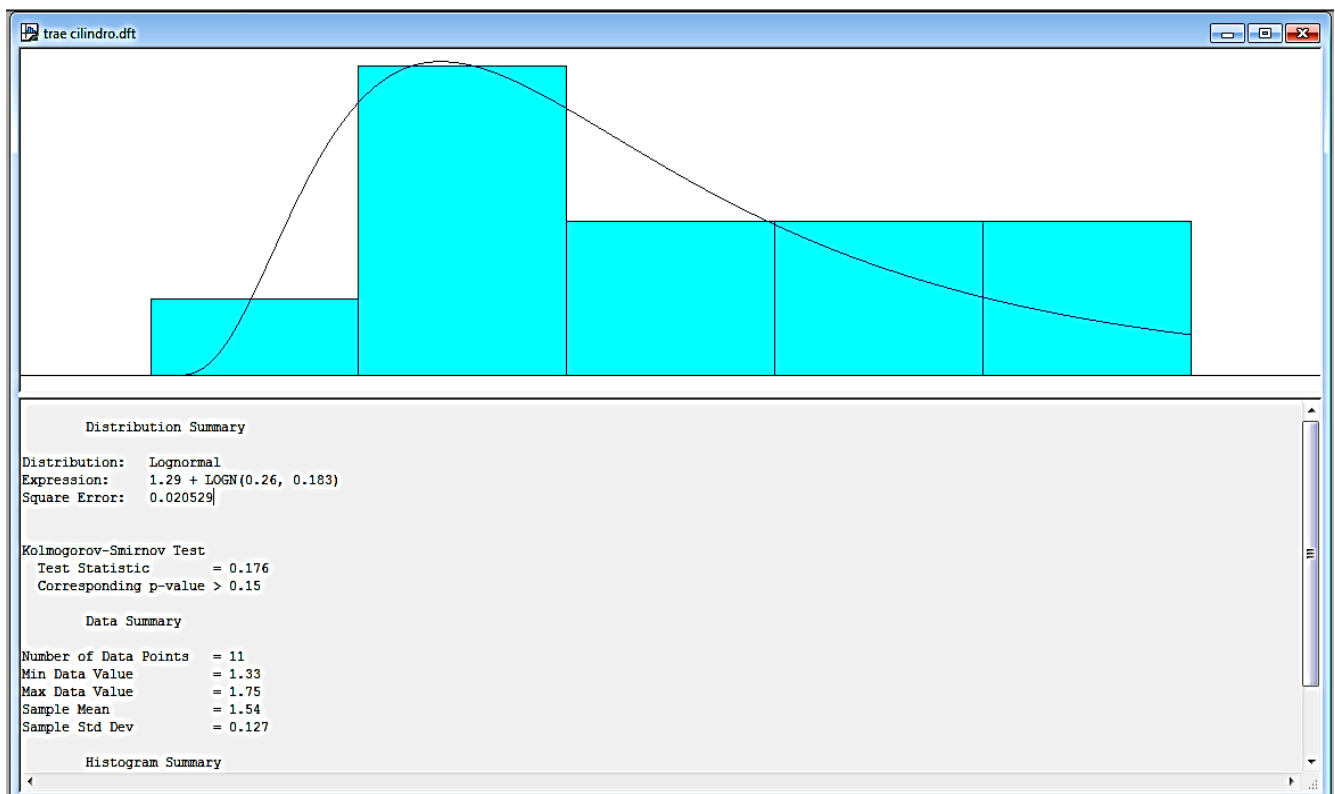


Figura 25. Análisis de datos recopilados del proceso de transporte de cilindros hasta la máquina desbastadora.

Nota: Fuente: Arena®

6.6.2. Descripción del modelo en el software Arena®.

En esta sección se expondrán los aspectos más relevantes del modelo desarrollado en Arena®, es decir, las entidades que entran y salen de cada estación de trabajo, las variables de control que se utilizaron, los atributos más importantes que se le asignaron a cada entidad, las actividades que

tuvieron lugar en cada estación, los recursos utilizados para realizar dichas actividades y el tiempo empleado para estas.

A lo largo del modelo, entre cada estación de trabajo, se encuentran constantemente entrando y saliendo entidades que son transformadas dentro de cada estación. Un ejemplo de esto se puede evidenciar en la estación de producción de espuma, en donde las entidades que entran son órdenes de trabajo y las entidades que salen son torres de espuma de 5 metros, de 4.2 metros y cilindros de espuma. Del mismo modo, en la estación de confección, por ejemplo, las entidades que entran son órdenes de producción, tapas acolchadas de 1 metro, de 1.2 metros y de 1.4 metros, y bandas laterales de las mismas referencias. De esta estación, las entidades que salen son cajones de 1 metro, de 1.2 metros y de 1.4 metros. Las dos estaciones de trabajo son solo ejemplos, en el anexo B, se encuentran expuestas todas las entidades que entran y salen de cada estación de trabajo en el modelo de simulación.

Otro ejemplo que puede ayudar a tener una idea más clara del movimiento de las entidades es el de la estación de empaclado, en donde las entidades que entran son órdenes de producción y colchones cerrados, y las entidades que salen de esta estación son colchones terminados.

Así pues, se han ejemplificado algunas de las entidades que se mueven a lo largo del modelo de simulación, es decir, las que entran y salen de cada estación de trabajo. De este modo se procederá a hablar brevemente sobre las actividades mediante las cuales son procesadas las entidades en las estaciones de trabajo, así como el tipo de distribución que siguen los tiempos empleados para el desarrollo de cada actividad.

En la sección 6.6.1 se exhibieron las distribuciones que siguen algunos de los procesos que tienen lugar en la empresa. Lo que se busca con esto es que el modelo de simulación siga el

mismo comportamiento que tienen los procesos en la planta de producción. De este modo, por ejemplo, el tiempo que se emplea para el proceso de pesaje de químicos y alistamiento del área, en la estación de producción, siguen un comportamiento constante. Esto quiere decir que el tiempo empleado para la realización de estas actividades es de 120 minutos. Otro ejemplo para aclarar la relevancia que tiene conocer el tipo de distribución que siguen los procesos se puede ver reflejado en el proceso de cargue de puntas de espuma en la máquina cortadora horizontal, en la estación de corte horizontal, el cual demuestra un comportamiento triangular, en el cual el tiempo mínimo que puede ser empleado para cargar una punta de espuma en la máquina es de 0.41 minutos, el tiempo más probable empleado es de 0.485, y el mayor tiempo que puede ser requerido para este proceso es de 0.56 minutos. En el anexo C, se encuentra la tabla con el tipo de distribución que siguen los principales procesos que ocurren en cada estación de trabajo.

Como ya se ha hablado de las distribuciones que siguen los procesos que tienen lugar en las estaciones de trabajo, se mencionarán algunos de los atributos más que relevantes que fueron utilizados en cada estación de trabajo. En el Anexo D, se exponen los principales atributos utilizados en el modelo de simulación. Uno de ellos es el atributo llamado “prioridad”, el cual se utiliza en todas las estaciones de trabajo. Este es el que asigna el tipo de actividad que debe desarrollarse con mayor antelación en cada estación de trabajo dependiendo de la prioridad que lleve la orden de producción del día. Otro ejemplo que puede ayudar al entendimiento de la importancia del uso de los atributos es el de los metros de tela acolchada, en la estación de acolchado. Este atributo tiene la función de decirle al sistema la cantidad de metros que contiene un rollo de tela acolchada procesado.

Para cerrar esta sección, se hablará un poco sobre las variables de control que fueron utilizadas a lo largo del proceso de simulación. La función de estas variables se ajusta a cada proceso en

particular. Por ejemplo, en la estación de corte horizontal se empleó una variable de control llamada “Cantidad de punta a cortar” para calcular el alto de la punta restante luego de haber realizado el proceso de corte horizontal. En caso tal de que se pudiese cortar otra lámina de espuma de dicha punta, esta sería almacenada hasta que sea requerida. Del mismo modo, en la estación de desbastado se utilizó una variable de control llamada “Número de rollos a producir”, la cual se encarga tanto de determinar el número de rollos de espuma que serán procesados en la jornada laboral, así como de no permitir el procesamiento de otra orden hasta que la orden actual sea completada. Las principales variables utilizadas se encuentran expuestas en el anexo E. Es preciso recalcar que en algunas estaciones de trabajo no se utilizaron variables de control debido a que no se consideraron necesarias. De esta manera se finaliza esta sección y se da lugar entonces a la etapa de verificación y validación del modelo de simulación en el siguiente apartado.

6.6.3. Fase de validación y de verificación del modelo.

La verificación y la validación se ocupan de determinar si un modelo y sus resultados son 'correctos' para un uso o propósito específico. En este orden de ideas, para la verificación de que el modelo se asemeja a la manera en la que se desarrollan los procesos en la empresa, se utilizó como medida de desempeño el promedio de horas que se emplean para el cumplimiento de una orden de producción. Según la información brindada por el jefe de producción de la empresa, el lapso promedio que se tarda una orden de producción en ser completada es de 33 horas. Sin embargo, existen ordenes pueden llegar a tardar máximo 72 horas en ser cumplidas debido a que algunas que llegan en los días sábado. Dichas ordenes no alcanzan a ser completadas en la misma jornada laboral, por lo que se terminan de procesar la siguiente semana. La cantidad de colchones que son demandados diariamente sigue una distribución Uniforme con un mínimo

valor de 20 colchones y un máximo de 70. Esto para las tres referencias de colchones que se modelaron. Lo cual quiere decir que en promedio diariamente se reciben órdenes de producción con un mínimo de 60 colchones y un máximo de 210.

Teniendo como referencia que el número de horas promedio que puede tardar una orden para ser terminada es de 33 horas, con un máximo de tiempo de 72 horas, se establecen las hipótesis iniciales que ayudarán a corroborar que el funcionamiento del modelo de la empresa en el software Arena® se asemeja al sistema, de tal forma que:

μ_1 : *Tiempo promedio que tarda una orden en sistema.*

Así pues, se establecen tanto la hipótesis nula (H_0) como la hipótesis alternativa (H_1) de la siguiente forma:

$$H_0: \mu_1 \geq 33 \text{ horas.}$$

$$H_1: \mu_1 < 33 \text{ horas}$$

Para corroborar cuál de las dos hipótesis planteadas es la correcta, se realizó una prueba preliminar del modelo de simulación en la cual el sistema se ejecuta durante 32 días, de los cuales los primeros 2 días son del periodo de calentamiento mientras el sistema se estabiliza y se comporta de manera semejante al sistema real. De este modo, las estadísticas recopiladas del modelo solamente abarcaron 30 días, los cuales se contaron a partir del día 2 hasta el día 32. El nivel de confianza que se utilizará para verificar las hipótesis es del 95%.

Adicionalmente, resulta necesario establecer que el número de réplicas que se ejecutaron en dicha prueba fue de 10. Los resultados que se obtuvieron durante la prueba inicial se presentan en la siguiente tabla, los tiempos que se muestran allí están expresados en horas.

Tabla 10.

Resultados obtenidos durante la prueba inicial.

Réplica.	Tiempo promedio de una orden en sistema.	Tiempo máximo de una orden en sistema.
1.	32.03	65.51
2.	31.87	71.14
3.	32.69	71.80
4.	31.36	67.94
5.	31.29	70.56
6.	32.77	69.94
7.	32.38	68.88
8.	33.57	65.69
9.	31.63	65.08
10.	31.35	68.10
Promedio	32.094	68.464
Desviación	$\sigma_1 = 0.75$	$\sigma_2 = 2.43$

Fuente: Elaboración propia.

De este modo, se procede a corroborar el tiempo promedio que tarda una orden en el sistema,

utilizando la fórmula $Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$ para la determinar si el tiempo promedio de una orden en

sistema es igual o mayor a 33 horas, de tal forma que:

$$\bar{X} = 32.094 \quad \sigma_1 = 0.75 \quad n = 10 \quad \alpha = 0.05$$

Intervalo de confianza: [-1.9599, 1.9599]

$$Z = \frac{32.094 - 33}{\frac{0.75}{3.16}} = -3.813130713$$

El resultado de la prueba de hipótesis establece que el valor de Z se encuentra por fuera del intervalo de confianza, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

De este modo, se concluye que el tiempo que tarda una orden en sistema en el modelo de

simulación es menor o igual que el tiempo que se tarda una orden en el sistema real, por lo que en ese aspecto el modelo se comporta de manera similar a los procesos de la empresa.

A continuación, se procede a establecer si el tiempo máximo que se tarda una orden en el sistema se asemeja al tiempo máximo que tarda una orden real en la empresa en ser procesada, de tal forma que:

μ_2 : *Tiempo máximo que tarda una orden en sistema.*

Partiendo de aquí se plantean tanto la hipótesis nula (H_a), como la hipótesis alternativa (H_2):

$$H_a: \mu_2 \geq 72 \text{ horas}$$

$$H_2: \mu_2 < 72 \text{ horas}$$

Utilizando la misma fórmula que se empleó en el cálculo anterior, se tiene que:

$$\bar{X} = 68.464 \quad \sigma_2 = 2.43 \quad n = 10 \quad \alpha = 0.05$$

El intervalo de confianza es el mismo establecido en el cálculo anterior, por lo que:

$$Z = \frac{68.464 - 72}{\frac{2.43}{\sqrt{3.16}}} = -4.59$$

El resultado obtenido no se encuentra dentro del intervalo de confianza, por lo que establece que la hipótesis alternativa es la correcta, el tiempo máximo de una orden en el sistema es menor de 72 horas. De este modo, con base en los resultados obtenidos en las anteriores pruebas se define que el modelo de simulación se comporta de manera semejante al sistema real.

6.6.4. Definición del número de réplicas.

Como ya se ha corroborado que el modelo de simulación se comporta de manera semejante al sistema real de la empresa, se procederá a establecer el número de réplicas que serán necesarias para obtener datos confiables.

Para ello se utilizará la ecuación de la relación de ancho medio expuesta por Rossetti, (2016, p. 309), en su libro *Simulation Modeling and Arena*, la cual es:

$$n \cong n_0 \left(\frac{h_0}{h} \right)^2$$

Donde:

n_0 : Número de réplicas iniciales.

h_0 : valor inicial para el ancho medio de la ejecución piloto de n_0 réplicas.

h : ancho medio deseado

A partir de esta ecuación se buscará hallar el número óptimo de réplicas que sean necesarias para conseguir unos datos que sea confiables. En el apartado anterior se realizó una prueba piloto con un número de réplicas de tamaño 10, sin embargo, para realizar el cálculo del número de réplicas se realizó una prueba piloto con un número de réplicas iniciales de valor 30 ($n_0 = 30$). El ancho medio deseado será de una hora. De este modo, se establece que con base en dicha prueba se analizarán los datos que se van a tener en cuenta para desarrollar el VSM (el tiempo promedio que tarda una pieza en stock entre cada estación de trabajo).

En la tabla 11 se muestra este tiempo para a partir de allí calcular el número de observaciones necesarias, allí se puede observar que hay entidades que requieren un número de réplicas que fueron abarcados en las réplicas iniciales, tales como los cajones, la tela acolchada, los colchones

cerrados y los colchones listos. Por otro lado, las torres de 4.2 metros requieren que el número de réplicas sea de 1002 para poder obtener unos datos confiables.

Tabla 11.

Cálculo del número de réplicas del modelo de simulación.

Entidad.	Ancho medio inicial.	Tamaño N
Torres 4.2m	5.78	1002
Cilindros espuma	3.87	449
Puntas de 1.4m	4.52	613
Laminas 1.4m	5.05	765
Espuma continua	4.6	635
Tela acolchada	0.28	2.3
Tapa 1.4m confección	0.75	17
Tapa 1.4m cerrado.	1.10	37
Banda 1.4m	4.11	507
Cajón 1.4m	0.36	4
Lamina forrada	0.16	1
Colchón cerrado	0.1	0.3
Colchón listo.	0.84	21

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, se termina esta subsección, estableciendo que el número de réplicas que se necesitarán es de 1002, los resultados que se obtendrán de dicha simulación se utilizarán para desarrollar el mapeo del flujo de valor actual. En el anexo P se encuentra exhibida la animación del modelo de simulación de la empresa Espumas Santafé de Bogotá. En la subsección que se encuentra a continuación se abarcará el mapeo del flujo de valor de la empresa.

6.7. Mapeo de flujo de valor actual (VSM)

En esta subsección se comenzará con el diagnóstico de la manufactura esbelta en la empresa de Espumas de Santafé de Bogotá sede costa caribe, se emplea el mapeo de flujo de valor (VSM).

Esta herramienta es una visión del negocio donde se muestra tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente, en el cual se trata de plasmar en un papel de manera sencilla y visual, todas aquellas actividades que se realizan actualmente para obtener un producto, para identificar así cuál es la cadena de valor (actividades necesarias para transformar materiales e información en un producto o en un servicio) (Rajadell & Sánchez, 2010).

De la información que se debe de plasmar en el diagrama de flujo de valor, la más relevante son los datos de los procesos. Estos se deben agregar en la caja de datos para cada respectiva operación. Dichos tiempos pueden ser obtenidos por medio de medición del trabajo por cronometraje o por estimaciones. Según Hernández & Vizán, (2013), los tiempos que normalmente se plasman son:

- Tiempo del Ciclo (CT). Tiempo que pasa entre la fabricación de una pieza o producto completo y la siguiente.
- Tiempo del valor agregado (VA). Tiempo de trabajo dedicado a las tareas de producción que transforman el producto de tal forma que el cliente esté dispuesto a pagar por el producto.
- Tiempo de cambio de modelo (C/O). Tiempo que toma para cambiar un tipo de proceso a otro debido a cambio en las características del producto.
- Número de personas (NP) requeridas para realizar un proceso particular.
- Tiempo Disponible para Trabajar (EN). Tiempo de trabajo disponible del personal restando descansos o suplementos (comida, wc, ... etc).

- Plazo de Entrega - Lead Time (LT). Tiempo que se necesita para que una pieza o producto cualquiera recorra un proceso o una cadena de valor de principio a fin.
- % del Tiempo Funcionando (Uptime). Porcentaje de tiempo de utilización o funcionamiento de las máquinas.

Con el fin de realiza el cálculo del Tak-Time, el cual se utilizará para establecer cada cuanto tiempo se debe producir un colchón, se parte de la fórmula:

$$Tak\ Time = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda.}$$

En los datos que fueron suministrados por la empresa se parte de una demanda mensual para calcular la demanda diaria de colchones, estos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12.

Unidades demandadas mensualmente.

Mes.	Cantidad demandada.
1. Enero	484
2. Febrero	461
3. Marzo	497
4. Abril.	481
5. Mayo.	489
6. Junio	490
7. Julio	468
8. Septiembre	475
Promedio.	480.1

Fuente: Espumas Santafé de Bogotá.

Con base en las demandas expuestas anteriormente se realiza el cálculo del Tak Time partiendo de que la empresa labora en turnos diarios de 8 horas, siendo así que el tiempo disponible restándole las horas de almuerzo y merienda son de 7.5 horas diarias. Esto equivale a un total de

450 minutos por día. El número de días disponibles al mes es de 24, por lo que la demanda diaria sería:

$$Demanda\ diaria = \frac{480\ colchones/mes}{24\ días/mes} = 20\ colchones/día.$$

De este modo, el Tak Time queda de la siguiente forma:

$$Tak\ Time = \frac{450\ minutos/día}{20\ colchones/día} = 22.49 \approx 22.5\ minutos/pieza.$$

La información plasmada anteriormente se puede interpretar de tal forma que un cliente compra un colchón caribeño de 1.40 metros calibre 17 cada 22.5 minutos.

Como ya se ha establecido el Tak Time, se procede entonces a realizar el mapa de la cadena de valor de la empresa. En la figura 26 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el VSM del proceso actual para la elaboración de un colchón caribeño de 1.40 metros calibre 25. Los datos utilizados para completar este diagrama se obtuvieron del modelo de simulación descrito en el apartado anterior.

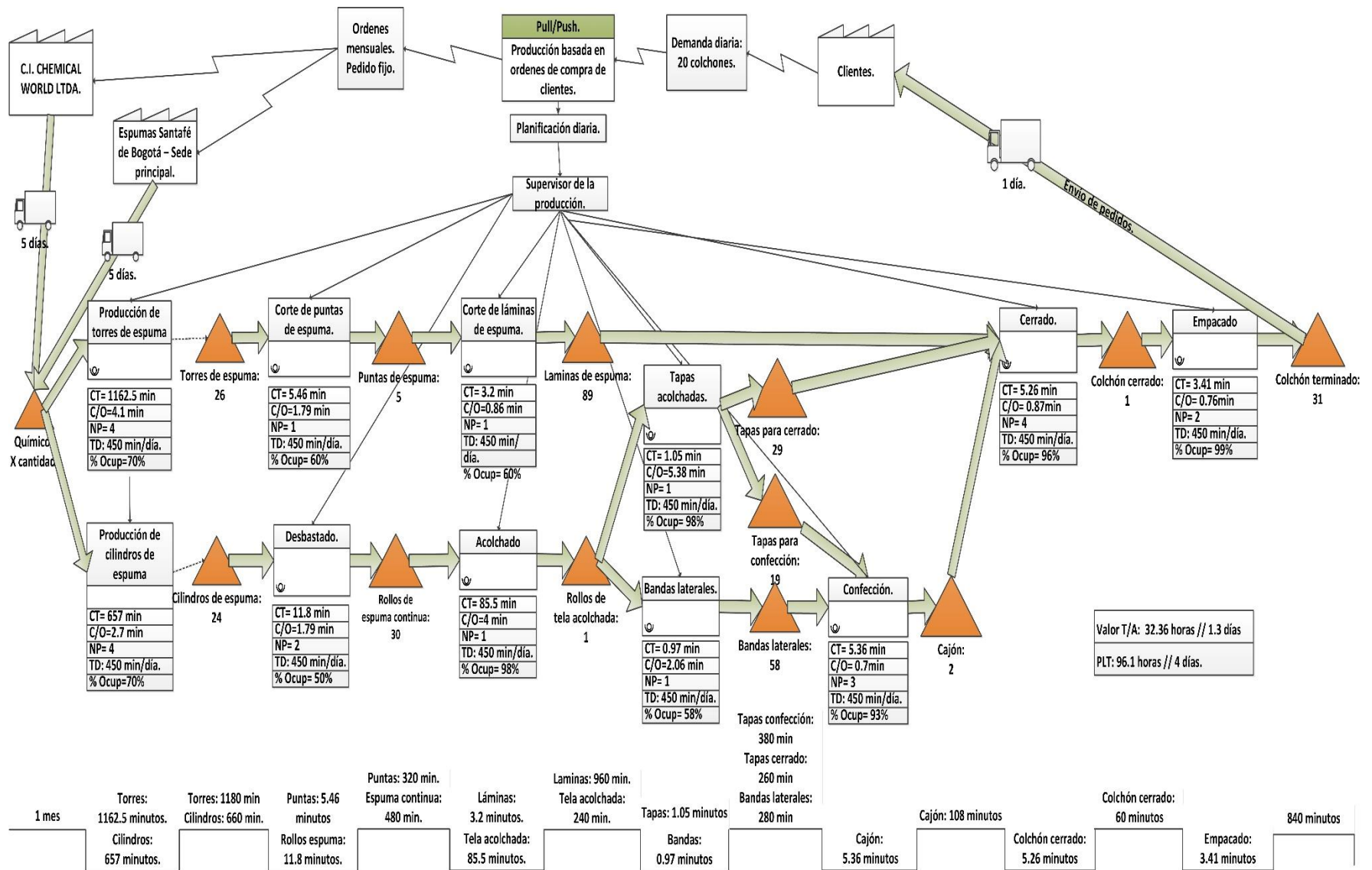


Figura 26. Diagrama VSM proceso actual de elaboración de colchones.

Fuente: Elaboración propia.

6.8. Identificación de desperdicios.

Analizando detalladamente el VSM del proceso actual de elaboración de un colchón, y con base a lo observado durante las visitas a la empresa, fácilmente se pueden identificar varios tipos de desperdicios. A continuación, se describen los desperdicios identificados en las estaciones de trabajo:

6.8.1. Desperdicio por exceso de almacenamiento

A lo largo del proceso productivo de la empresa, se han identificado desperdicios por exceso de almacenamiento en casi todas las estaciones de trabajo. Este desperdicio se presenta como consecuencia de la falta de comunicación entre el jefe de producción y los operarios de las diferentes estaciones de trabajo, órdenes de producción erróneas emitidas de una estación de trabajo a otra, etc. Adicionalmente, se evidenció un exceso de almacenamiento debido a que las estaciones de trabajo procesan más material del necesario para satisfacer la producción del día con el fin de tener material en stock. Esto repercute en que se encuentren productos en proceso y retales generados de los procesos productivos en distintas zonas de la planta de producción que no son adecuados tales como pasillos y zonas aledañas a las máquinas, ocasionando una reducción del espacio lo que genera que se obstaculice el paso de los operarios al moverse de un lugar a otro dentro de la planta para buscar los materiales que necesitan para desarrollar sus actividades laborales.

Durante las visitas a la planta de producción, se pudo observar que la estación de producción incurre en este tipo de desperdicio al tener almacenados bloques y cilindros de espuma durante varios días. Del mismo modo, en la estación de corte vertical se mantienen altos inventarios de retales de espuma generados del proceso de corte. En la estación de corte horizontal se

almacenan láminas de espuma que no son utilizadas en la misma jornada en la que son producidas, en la estación de desbastado se procesan rollos de tela acolchada que tardan días en ser utilizados por la estación de acolchado; en la estación de tapas acolchadas se almacenan tapas que no se procesan en la misma jornada en la que son producidas. De igual manera ocurre en la estación de corte de bandas laterales, donde se tienen en stock bandas que no son utilizadas durante la jornada en la que son procesadas. Finalmente, se evidenciaron colchones terminados que tardan más de una jornada laboral en ser enviados al cliente final.

6.8.2. Desperdicio por sobreproducción.

Este tipo de desperdicio está directamente relacionado con el desperdicio por exceso de inventario, el cual se puede ver plenamente al ingresar a la planta de producción. En el proceso productivo de la fabricación de colchones en la empresa se evidenciaron algunas estaciones que producen por encima de las capacidades de los procesos que alimentan, ocasionando altos niveles de stock y, por ende, una necesidad de espacio de almacenamiento exagerado. Esta sobreproducción se genera como consecuencia de que algunas estaciones de trabajo deben estar constantemente produciendo dada su baja capacidad productiva. Asimismo, se incurre en la elaboración de materiales que no son necesarios para satisfacer la programación de la producción del día, aunque esto se realice con el fin de mantener un stock de seguridad entre las distintas estaciones, algunos productos son de baja rotación por lo que con mucha frecuencia se observa la planta de producción llena de productos en proceso, lo que dificulta la movilidad de los operarios y aumentando el riesgo de accidentalidad.

Esta situación se evidenció en la estación de producción, en donde a pesar de tener bloques y cilindros de espuma almacenados, se siguen produciendo más bloques y cilindros diariamente.

Del mismo modo, e la estación de corte vertical, con frecuencia se cortan más puntas de espuma de las necesarias para esa jornada laboral. En la estación de corte horizontal se presencié el corte láminas de espumas por encima de las necesarias para satisfacer la programación del día. En la estación de acolchado se está procesando constantemente rollos de tela acolchada. Así mismo, en la estación de tapas acolchadas se procesan más tapas de las necesarias para la producción del día. La misma situación se presenta en la estación de bandas laterales, en la cual se produce un mayor número de bandas de las que se necesitan para cumplir con la programación de la producción.

6.8.3. Desperdicio por tiempo de espera.

Las esperas en la producción se presentan principalmente por la dependencia de un proceso al anterior; el producto que sale de un proceso pasa al siguiente, pero este último solo puede empezar cuando el primero ha terminado. Por lo tanto, los procesos deben espera a que las estaciones predecesoras les suministren su materia prima para desarrollar sus actividades.

Los desperdicios por tiempos de espera evidenciados en la empresa durante el desarrollo de la jornada productiva tienen lugar en casi todas las estaciones de trabajo. Un ejemplo de esto se evidencia en la estación de tapas acolchadas, en donde la máquina cortadora espera a que el operario realice el proceso de acomodación de las tapas acolchadas que van siendo cortadas como consecuencia de una falta de estandarización del proceso, adicionalmente, con frecuencia la máquina cortadora se encuentra detenida. En la estación de corte vertical se evidenciaron tiempos de espera debido a que el operario debe procesar los desperdicios provenientes de las transformaciones que los materiales sufren a lo largo de la línea de producción. En la estación de acolchado con frecuencia ocurren paradas no planificadas de las maquinarias como consecuencia

de fallas mecánicas, además de que la máquina con frecuencia debe esperar a que el operario procese rollos de espuma continua para continuar trabajando. En la estación de confección se observaron tiempos de espera producto de falta de materiales para la realización de sus procesos productivos, tiempos de espera porque los operarios deben realizar las maniguetas que necesitan para la elaboración de cajones y tiempos de espera por en los cuales las máquinas se encuentran paradas. En la estación de cerrado se presentan tiempos en los que las máquinas cerradoras se encuentran detenidas, del mismo modo se evidenció al operario encargado del proceso de forrado de láminas esperando materiales para seguir con sus labores. En las estaciones de bandas laterales, confección, cerrado y empaçado se presentan ocasiones en las que los operarios esperan la finalización de otros procesos para el abastecimiento de materiales que son necesarios para el desarrollo de sus actividades. Adicionalmente, se evidenciaron tiempos de espera por fallas en las máquinas en la estación de cerrado.

6.8.4. Desperdicio por transporte.

Durante el proceso de producción en la planta de la empresa, se incurren en transportes innecesarios en los procesos dentro de las estaciones de trabajo y al trasladar los materiales en proceso de una estación de trabajo a otra. La causa de este desperdicio puede ser debido a una distribución en planta que no tiene en cuenta el tiempo que invierten los operarios transportando los materiales de una estación a otra, el espacio que ocupan los materiales que están siendo procesados y que deben esperar entre estaciones de trabajo para seguir su procesamiento, las distancias que deben recorrer los trabajadores para buscar los recursos que necesitan para el desarrollo de sus actividades, etc. Las estaciones de trabajo que incurren en este tipo de desperdicio son: producción, corte vertical, corte horizontal, desbastado, tapas acolchadas, confección, cerrado y empaçado.

6.8.5. Desperdicio por movimientos innecesarios.

En los procesos productivos que se desarrollan en la elaboración de colchones se evidenciaron una gran cantidad de movimientos innecesarios por parte de los operarios en las diferentes estaciones de trabajo como consecuencia de procesos no estandarizados, lo que ocasiona que los operarios realicen movimientos que no aportan valor al proceso, la falta de herramientas en el puesto de trabajo que repercute en que los operarios deban trasladarse a otras estaciones de trabajo a buscarlas, el desconocimiento de la programación de la producción lo que origina que los operarios deban trasladarse a otras estaciones de trabajo a consultar sobre lo que deben producir, etc. A pesar de que todas las estaciones de trabajo de la línea de producción de colchones de la empresa incurren en este tipo de desperdicio, en algunas estaciones se presenta la situación con mayor frecuencia. En la estación de acolchado se observó al operario transportándose al área de mantenimiento para buscar las herramientas que necesita para reparar la máquina acolchadora. Del mismo modo, el operario encargado del proceso de corte de tapas acolchadas se le observó dirigirse a otras estaciones de trabajo con frecuencia. En la estación de confección, los operarios se levantan de su puesto de trabajo para buscar los materiales que necesitan para la elaboración de cajones, también se dirigen varias veces a consultar la programación del día con el jefe de planta o en otras estaciones de trabajo. En la estación de cerrado se observa seguidamente al operario encargado del proceso de forrado de láminas caminar por la planta sin propósito alguno aparente, así como se observó a los operarios del proceso de cierre dirigirse a buscar tapas acolchadas.

6.8.6. Desperdicio por defectos.

Durante los procesos productivos en la empresa se pudieron identificar desperdicios por defectos en diferentes estaciones de trabajo por causa de piezas que no cumplían con las especificaciones establecidas para cada producto. Este tipo de desperdicio repercute en la necesidad de reprocesar los materiales. A pesar de que los productos no conformes que se generan dentro de los procesos de producción de colchones en la empresa no son vistos como pérdidas puesto que son utilizados para la elaboración de otros productos tales como bloques de cassata para la fabricación de colchones ortopédicos o láminas de cassata para la venta, colchonetas de recuperación, etc.; el tiempo perdido a causa de estos productos no conformes que se producen emplean un porcentaje significativo de tiempo durante la jornada de producción. Un recurso que debe ser reprocesado al final de la línea de producción significa para la empresa una mayor pérdida de insumos, mano de obra y de tiempo. En la estación de producción con frecuencia deben reprocesarse bloques y cilindros de espuma como consecuencia de productos que no cumplen con los estándares de calidad. La estación de corte horizontal con frecuencia debe reprocesar láminas puesto que algunas no cumplen con los estándares de calidad, la estación de acolchado con frecuencia debe reprocesar metros de tela acolchada, la estación de tapas acolchadas igualmente debe reprocesar tapas que se produjeron no conformes, la estación de confección reprocesa cajones debido a que se producen con defectos, en la estación de cerrado se observa al operario encargado del proceso de forrado desenfundando láminas para luego volverlas a forrar y en la estación de empaçado se evidenciaron situaciones en las que los operarios desempacaban colchones ya listos para luego volverlos a empaçar. En la Tabla 13 se resumen los desperdicios que se evidenciaron en cada estación de trabajo de la producción de colchones de la empresa, así como la cantidad total de

desperdicios identificados por estación. Se le asignó el número uno cuando la estación de trabajo incurre en el desperdicio, y cero cuando no.

Tabla 13.

Resumen de desperdicios identificados por estación de trabajo.

Desperdicio.	Estación de trabajo.									
	Producción	Corte vertical	Corte horizontal	Desbastado	Acolchado	Corte de tapas	Corte lateral	Confección	Cerrado	Empacado
Exceso de almacenamiento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sobreproducción	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
Tiempos de espera	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1
Transporte	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1
Movimientos innecesarios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Defectos.	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Total desperdicios identificados por estación.	4	5	5	3	5	6	5	6	6	5

Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de los desperdicios identificados en las diferentes estaciones de trabajo, se procede a seleccionar las estaciones de trabajo sobre las cuales se realizará el análisis con el fin de identificar las causas por las cuales se incurre en cada tipo de desperdicio. Las estaciones de corte de tapas acolchadas, confección y cerrado incurren en los 6 tipos de desperdicios, por lo que sobre estas se realizarán el análisis de causalidad y el desarrollo de mejoras. Adicionalmente, en la estación de empacado, a pesar de que solo incurre en cinco de los seis tipos de desperdicios, se analizarán los motivos por los cuales estos se presentan, puesto que los tiempos de espera y los tiempos empleados en transporte de materiales en esta estación de trabajo son muy elevados. Teniendo en cuenta lo mencionado, en la siguiente sección se analizarán los motivos por los cuales se presentan los desperdicios identificados en las estaciones de trabajo seleccionadas.

7. Análisis de causalidad.

El análisis de causalidad consiste en entender qué sucede o sucedió y resolver el problema mirando “hacia atrás” con el fin de encontrar la razón por la cual sucedió. En pocas palabras consiste en detallar lo acontecido con el fin de que no vuelva a pasar o disminuir la probabilidad de que se repita la situación (Villanueva Chang, 2015). Es por ello por lo que en esta sección se buscará encontrar las raíces de los desperdicios identificados. Con base en los desperdicios descritos en la sección anterior, se desglosará entonces un análisis de causalidad para cada uno de ellos enfocado a las estaciones de trabajo seleccionadas. A partir de las causas observadas por las que se generan los desperdicios en las esas estaciones, se analizarán a profundidad los motivos por los cuales se presentan dichas situaciones mediante el método de análisis de causalidad de los 5 POR QUÉS.

La técnica de “los 5 por qué” es un método de análisis que se basa en realizar preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema en particular. El objetivo final de esta técnica es determinar la causa raíz de un defecto o problema para poder solucionarlo de forma eficaz. Esta metodología se basa en un proceso de trazabilidad, donde se hacen preguntas para analizar las posibles causas del problema, caminando hacia atrás, hasta llegar a la última causa que originó el problema (González & Jimeno, 2012a).

7.1. Formulación de preguntas para identificar la raíz de los problemas por los que se generan los desperdicios.

Para iniciar con la formulación de las preguntas para identificar las causas por las cuales se producen los desperdicios en las estaciones seleccionadas, es preciso realizar una sistematización

de estos. A partir de la sistematización de estos se generaron las preguntas subsiguientes que conllevan al hallazgo de la causa principal por la cual se incurren en ellos dichas estaciones.

7.1.1. Estación de tapas acolchadas.

A continuación, se expone la sistematización del por qué se genera de cada uno de los desperdicios en los que incurre la estación de tapas acolchadas, con el fin de desarrollar, a partir de ellas, las preguntas relacionadas con la metodología a utilizar. Las respuestas obtenidas a los interrogantes realizados para identificar las causas por las cuales se incurren en los desperdicios en la estación de tapas acolchadas fueron suministradas por el operario encargado de los procesos de la estación y por el jefe de producción.

Tabla 14.

Sistematización de los desperdicios para la estación de tapas acolchadas.

Desperdicio.	Sistematización.
Exceso de almacenamiento.	¿Por qué se presenta un almacenamiento excesivo de tapas acolchadas?
Sobreproducción.	¿por qué se producen más tapas acolchadas de las que requiere la programación diaria?
Tiempos de espera	1. ¿por qué la máquina cortadora de tapas acolchadas debe esperar a que el operario acomode la tapa cortada para iniciar el proceso de corte de la nueva tapa? 2. ¿por qué la máquina cortadora se ve frecuentemente detenida?
Transportes.	¿Por qué el operario encargado del proceso de corte de tapas acolchadas cambia de sitio las tapas cortadas al tener cierta cantidad?
Movimientos innecesarios	¿Por qué el operario se dirige con frecuencia a otras estaciones de trabajo durante la jornada laboral?
Defectos.	¿Por qué se presentan reprocesos de tapas acolchadas?

Fuente: Elaboración propia.

En el anexo F se expone el cuestionario completo realizado para la identificación de la(s) causa(s) por la(s) cual(es) se incurren en cada tipo de desperdicio en esta estación de trabajo. En

la tabla 15 se resumen las causas identificadas para los desperdicios en la estación de tapas acolchadas.

Tabla 15.

Resumen causas identificadas de desperdicios en la estación de tapas acolchadas.

Desperdicio.	Causa(s) identificada(s).
Exceso de almacenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Procesamiento de todo el rollo de tela acolchada sin importar si se producen más tapas acolchadas de las necesarias para la producción del día.
Sobreproducción.	<ul style="list-style-type: none"> • Procesamiento de todo el rollo de tela acolchada sin importar si se producen más tapas acolchadas de las necesarias para la producción del día.
Tiempos de espera.	<ol style="list-style-type: none"> 1. La máquina cortadora detenida durante del proceso de corte: <ul style="list-style-type: none"> • Fallas en el sensor que le ordenan a la máquina detenerse automáticamente entre el corte de cada tapa acolchada. 2. Fallas en la maquinaria: <ul style="list-style-type: none"> • Falta de mantenimiento total de la máquina para corregir desajustes.
Transportes.	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de las tapas cortadas en un sitio diferente al lugar en el cual van a ser recogidas por los operarios de las otras estaciones de trabajo.
Movimientos innecesarios.	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de conocimiento de la programación de la producción del día.
Defectos.	<ul style="list-style-type: none"> • Tapas acolchadas producidas con defectos de calidad que no fueron detectados durante el proceso de corte. • Desorden en la estación de cerrado como consecuencia de no tener un sitio específico para el proceso de forrado de láminas.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.2. Estación de confección.

En la tabla 16 se expone la sistematización del por qué se genera de cada uno de los desperdicios en los que incurre la estación de confección, con el fin de desarrollar, a partir de ellas, las preguntas relacionadas con la metodología a utilizar. Las respuestas obtenidas a los interrogantes realizados para identificar las causas por las cuales se incurren en los desperdicios en la estación de confección fueron suministradas por uno de los operarios encargados de los procesos que

tienen lugar en la estación de trabajo, por un operario de la estación de producción, por el operario de la estación de tapas acolchadas, por el jefe de mantenimiento y por el jefe de producción de la empresa.

Tabla 16.

Sistematización de los desperdicios en la estación de confección.

Desperdicio.	Sistematización.
Exceso de almacenamiento. Sobreproducción.	¿por qué se almacenan cajones de colchones si estos debiesen ser producidos de acuerdo con la programación diaria? ¿por qué se produce un mayor número de cajones de colchón del que se requiere para la programación diaria?
Tiempos de espera	1. ¿Por qué se presentan ocasiones en las que la maquinaria se encuentra parada? 2. ¿Por qué se detienen las máquinas durante el proceso de producción de cajones?
Transportes	¿Por qué los operarios no acomodan la totalidad de los lotes de tapas acolchadas y bandas laterales en su sitio de trabajo?
Movimientos innecesarios	1. ¿Por qué los operarios deben levantarse de su puesto de trabajo para buscar insumos? 2. ¿por qué los operarios deben consultar varias veces al día la programación de la producción con el jefe de planta o en otra estación de trabajo?
Defectos.	¿por qué se producen cajones de colchón con defectos?

Fuente: Elaboración propia.

En el anexo G se expone el cuestionario completo realizado para la identificación de la(s) causa(s) por la(s) cual(es) se incurren en cada tipo de desperdicio en esta estación de trabajo. En la tabla 17 se exponen las conclusiones a las que se llegaron luego de realizar cada uno de los cuestionarios desarrollados a partir de los desperdicios sistematizados.

Tabla 17.

Resumen de causas identificadas de los desperdicios en la estación de confección.

Desperdicio.	Causa(s) identificada(s).
Exceso de almacenamiento.	1. Cambios en la programación de la producción resultado de los siguientes escenarios: <ul style="list-style-type: none"> • Retrasos en la elaboración de la tela acolchada en la estación de acolchado.

-
- Láminas de espuma que no cumplen con los estándares de calidad.
-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17.

Continuación.

Desperdicio.	Causa(s) identificada(s).
Sobreproducción.	<ul style="list-style-type: none"> • Orden de producción errónea emitida por el operario de la estación de tapas acolchadas por no contar con la programación del día. • Elaboración de cajones de más con el fin de conservarlos en stock en caso de que se produzcan productos no conformes.
Tiempos de espera.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de insumos: <ul style="list-style-type: none"> • Retrasos en el proceso de producción de tela acolchada. 2. Fallas en la maquinaria: <ul style="list-style-type: none"> • Falta de programación de mantenimiento preventivo.
Transportes.	<ul style="list-style-type: none"> • El tamaño del lote de tapas acolchadas y bandas laterales transportado a la estación es mayor al que se va a procesar en el momento.
Movimientos innecesarios.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Búsqueda de materiales para procesar: <ul style="list-style-type: none"> • Falta de un patinador que les suministre los insumos a medida que se van terminando los que tienen a la mano. 2. Consultar la programación: <ul style="list-style-type: none"> • La estación de confección no cuenta con una copia de la programación del día.
Defectos.	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de materiales de otras referencias que se tienen en stock por falta de tela acolchada para la elaboración de tapas acolchadas y bandas laterales.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.3. Estación de cerrado.

En la tabla 18, se expone la sistematización del por qué se genera de cada uno de los desperdicios en los que incurre la estación de cerrado, con el fin de desarrollar, a partir de ellas, las preguntas relacionadas con la metodología a utilizar. Las respuestas obtenidas a los interrogantes realizados para identificar las causas por las cuales se incurren en los desperdicios en la estación de cerrado fueron suministradas por el operario encargado del proceso de forrado

de láminas, por uno de los operarios del proceso de cerrado, por uno de los operarios de la estación de confección, por el operario de la estación de tapas acolchadas, por el jefe de mantenimiento y por el jefe de producción de la empresa.

Tabla 18.

Sistematización de los desperdicios para la estación de cerrado.

Desperdicio.	Sistematización.
Exceso de almacenamiento.	¿por qué se almacenan láminas de espuma forradas, si estas debiesen procesarse de acuerdo con la programación diaria?
Sobreproducción.	¿por qué se forran láminas que no son necesarias para cumplir con la programación diaria?
Tiempos de espera	1. ¿Por qué se presentan tiempos de espera durante el proceso de forrado de las láminas de espuma? 2. ¿por qué una de las máquinas cerradoras frecuentemente se ve detenida?
Transportes.	1. ¿por qué el operario cambia de sitio constantemente las láminas de espuma forradas? 2. ¿por qué no se tiene un área específica designada para realizar el proceso de forrado de láminas de espuma?
Movimientos innecesarios	1. ¿por qué se observa en ocasiones al operario encargado del proceso de forrado de láminas de espuma caminando por la planta sin ningún propósito? 2. ¿por qué el operario de cierre de colchones debe transportarse a buscar tapas acolchadas si esta labor es del operario de forrado?
Defectos.	¿Por qué hay ocasiones en las que el operario debe desenfundar las láminas que ya han sido procesadas y volverlas a enfundar?

Fuente: Elaboración propia.

En el anexo H se expone el cuestionario completo realizado para la identificación de la(s) causa(s) por la(s) cual(es) se incurren en cada tipo de desperdicio en esta estación de trabajo. En la tabla 19 se exponen las conclusiones a las que se llegaron luego de realizar cada uno de los cuestionarios desarrollados a partir de los desperdicios sistematizados.

Tabla 19.

Resumen de causas identificadas de los desperdicios en la estación de cerrado.

Desperdicio.	Causa(s) identificada(s).
Exceso de almacenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> Falta de programación para la revisión de los productos terminados que se encuentran en stock al iniciar la jornada laboral. Mal flujo de la información entre el jefe de producción y los operarios de las diferentes estaciones de trabajo.
Sobreproducción.	<ul style="list-style-type: none"> Orden de producción errónea emitida por las estaciones de confección y de corte horizontal como consecuencia de cambios realizados en la programación a lo largo de la jornada laboral.

Fuente: Elaboración propia.

Continuación.

Desperdicio.	Causa(s) identificada(s).
Tiempos de espera.	<ol style="list-style-type: none"> Falta de insumos: <ul style="list-style-type: none"> Retrasos en el proceso de producción de cajones como consecuencia de falta de tela acolchada para la elaboración de tapas acolchadas y bandas laterales. Fallas en la maquinaria: <ul style="list-style-type: none"> Falta de programación de mantenimiento preventivo en las máquinas cerradoras.
Transportes.	<ol style="list-style-type: none"> Movimiento de láminas de espuma forradas de un lugar a otro: <ul style="list-style-type: none"> Desarrollo del proceso de forrado de láminas de manera deficiente. Transporte constante durante el proceso de forrado de láminas de espuma: <ul style="list-style-type: none"> Falta de un sitio específico designado para desarrollar las labores de forrado de láminas de espuma.
Movimientos innecesarios.	<ol style="list-style-type: none"> Operario del proceso de forrado caminando por la planta sin motivo alguno: <ul style="list-style-type: none"> Falta de trabajo para realizar como consecuencia de la falta de conocimiento de la programación de la producción. Falta de trabajo para realizar como consecuencia de no contar con cajones para forrar las láminas de espuma. Búsqueda de tapas acolchadas por parte de los operarios de cerrado: <ul style="list-style-type: none"> Falta de tapas acolchadas listas en el momento en el que el operario de forrado se encuentra realizando su labor, como consecuencia de fallas en la máquina cortadora o falta de tela acolchada.

Defectos.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de las actividades por parte de los operarios sin conocimiento de la programación del día porque esta no se encuentra lista al iniciar la jornada laboral.
-----------	---

Fuente: Elaboración propia.

7.1.4. Estación de empaçado.

En la tabla 20 se expone la sistematización del por qué se genera de cada uno de los desperdicios en los que incurre la estación de empaçado, con el fin de desarrollar, a partir de ellas, las preguntas relacionadas con la metodología a utilizar. Las respuestas obtenidas a los interrogantes realizados para identificar las causas por las cuales se incurren en los desperdicios en la estación de cerrado fueron suministradas por uno de los operarios encargados del proceso de empaçado, el operario encargado del proceso de forrado de láminas, por uno de los operarios del proceso de cerrado, por uno de los operarios de la estación de confección, por el operario de la estación de tapas acolchadas, por el jefe de mantenimiento y por el jefe de producción de la empresa.

Tabla 20.

Sistematización de los desperdicios para la estación de empaçado.

Desperdicio.	Sistematización.
Tiempos de espera	1. ¿por qué los operarios de la estación de empaçado deben realizar actividades en otras estaciones de trabajo? 2. ¿por qué se presentan momentos en los que los operarios no tienen nada que hacer?
Transportes	¿Por qué con frecuencia los operarios deben buscar las herramientas con las que realizan sus operaciones en otras estaciones de trabajo?
Movimientos innecesarios.	¿por qué los operarios de la estación de empaçado con frecuencia se dirigen a otras estaciones de trabajo?
Defectos.	¿por qué se empaçcan colchones sin las etiquetas que los identifican?

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo I se expone el cuestionario completo realizado para la identificación de la(s) causa(s) por la(s) cual(es) se incurren en cada tipo de desperdicio en esta estación de trabajo. En

la tabla 21 se exponen las conclusiones a las que se llegaron luego de realizar cada uno de los cuestionarios desarrollados a partir de los desperdicios sistematizados.

A manera de resumen, lo abarcado en esta sección fue el análisis de causalidad realizado a los problemas identificados en la empresa. Para el desarrollo de este análisis se partió de la formulación de las preguntas para identificar la causa raíz del o los motivos por los cuales se generan los desperdicios en las estaciones de trabajo estudiadas: tapas acolchadas, confección, cerrado y empaçado. Las causas encontradas se utilizarán en la siguiente sección para desarrollar las propuestas de mejora que ofrece la manufactura esbelta.

Tabla 21.

Resumen de causas identificadas de los desperdicios en la estación de empaçado.

Desperdicio.	Causa(s) identificada(s).
Tiempos de espera.	1. Realización de otras actividades: <ul style="list-style-type: none"> • Retrasos en los procesos de otras estaciones como consecuencia de una demanda elevada de productos.
Transportes.	2. Falta de materiales para procesar: <ul style="list-style-type: none"> • Retrasos en la producción de materiales en las estaciones que alimentan el proceso de cerrado, lo cual se ve repercutido en que no tengan colchones cerrados para empaçar.
Movimientos innecesarios	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de máquinas selladoras en las estaciones donde también se empaça mercancía para ser despachada.
Defectos.	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de especificación por parte del jefe de producción sobre cuáles son los colchones que deben ser empaçados con etiquetas y cuáles no deben llevarlas.

Fuente: Elaboración propia.

8. Mejoras de manufactura esbelta

En la sección anterior se identificaron los desperdicios de los procesos que tienen lugar en las estaciones de trabajo seleccionadas y se han clasificado de acuerdo con el tipo de muda al que pertenecen acorde a su comportamiento, por lo cual se procede a realizar el análisis de las herramientas que ofrece la manufactura esbelta para de esta manera poder enfocar las que se consideren más adecuada para atacar cada problema en específico.

Para la implementación de cualquiera de las herramientas de la manufactura esbelta se debe contar con la relación que existe entre ellas, ya que cada una de dichas herramientas afecta a las demás y por lo tanto al proceso productivo en el cual están interactuando. En el desarrollo del marco teórico se hizo referencia a la “Casa del sistema de producción Toyota”, la cual cuenta con unas bases que parten de herramientas de diagnóstico, herramientas operativas, herramientas de seguimiento, del factor humano, de procesos estables y estandarizados, de una producción nivelada y de la fomentación de la mejora continua. Sin las herramientas mencionadas no se puede implementar la filosofía Lean dado a que a partir de ellas se construyen las columnas de la casa (Just In Time y Jidoka) para llegar a “ser Lean”. Partiendo de este hecho, se buscará desarrollar las ideas tomando como punto de partida de las bases de la filosofía Lean.

Basándose en la estructura sólida que fomenta la casa del sistema de producción Toyota, y la flexibilidad que ofrecen las herramientas de la manufactura esbelta, se compararán las herramientas bases, las cuales fueron expuestas en el marco teórico, con los problemas identificados con mayor relevancia en las estaciones de trabajo para hallar la forma de reducir los desperdicios encontrados y crear una base sólida que encamine a la empresa Espumas Santafé de Bogotá S.A zona Caribe en pro de un pensamiento Lean.

8.1 Análisis de las herramientas de la manufactura esbelta para el desarrollo de las propuestas.

Las mejoras que propone la manufactura esbelta parten de una cultura organizacional que resulta indispensable para la viabilidad de su aplicación. El perfil de la empresa debe brindar unas bases sólidas y un compromiso para el desarrollo de las propuestas que tendrán lugar a lo largo de este capítulo. Resulta indispensable que la dirección, partiendo desde la gerencia, esté dispuesta a tener la vocería y mostrar que son los más comprometidos con las propuestas de mejora que se sugieran, esto ayuda a que la comunicación entre todos los trabajadores sea mejor y la capacidad de liderazgo se fortalezca, dado que, si la dirección no muestra interés no se conseguirán los objetivos que se propongan porque el personal no se encuentra focalizado.

8.1.1 La cultura organizacional como base de la filosofía de la manufactura esbelta.

Como punto de partida para el desarrollo de las propuestas de mejora de la manufactura esbelta en cualquier compañía, el compromiso de los altos directivos juega un papel fundamental sin el cual resultaría casi imposible implementar dichas mejoras. Por lo tanto, es necesario que exista un nivel óptimo de compromiso por parte de cada uno de los directivos, para que así se transfiera dicho compromiso hacía todos los empleados de la empresa.

En la transformación de una organización hacia un sistema de manufactura esbelta, es necesario cambiar maneras de trabajar y es fundamental que todos trabajen bajo una misma filosofía, en la cual, el aspecto fundamental es saber que todos los individuos están interrelacionados a lo largo de la cadena de valor y que cada persona realiza una actividad particular que contribuye al cumplimiento de un todo, y que sin su aporte no sería posible alcanzar la tarea más grande de la organización, que es ser la mejor en lo que hace.

En este caso, la empresa Espumas Santafé de Bogotá S.A.S es una compañía que cuenta con más de 25 años de trayectoria, tal como se mencionó en el capítulo 6, durante los cuales ha mantenido la investigación como una constante, buscando involucrar nuevos recursos a nivel tecnológico, desarrollando el talento humano y manteniendo la filosofía de prestar cada vez un mejor servicio a los clientes. Desde la apertura de su sede en la zona Caribe en el año 2015, ha estado orientada a mejorar sus procesos productivos en pro de aumentar su productividad, por lo que el compromiso de los directivos de esta sede en cuanto a la implementación de la filosofía de la manufactura esbelta en su planta de producción es del cien por cien.

Durante los años que ha estado en funcionamiento la sede de la empresa en la zona Caribe, ha tenido una respuesta favorable de parte de las personas que conforman el grupo de trabajo del área de producción, quienes con su amplia experiencia y conocimientos de los procesos que se manejan, han descubierto poco a poco las capacidades que pueden desarrollar, lo importante de su labor diaria y como efecto relevante han logrado empezar a empoderarse de sus estaciones, pues sin darse cuenta, el camino que habían recorrido en la organización, les brindó herramientas y conocimientos para tomar decisiones que permiten que en sus puestos de trabajo las actividades se desarrollen de una mejor manera. Del mismo modo, los empleados del área de producción cuentan con la capacidad de desarrollar actividades que son ajenas a los procesos productivos que tienen lugar en la estación de trabajo en la cual laboran, por lo que cuentan con la polivalencia necesaria para desenvolverse en la realización de cualquier proceso dentro de la planta de producción.

Partiendo de lo expuesto, se puede decir entonces que la empresa se encuentra orientada al cambio tanto a nivel productivo como a nivel cultural, por lo cual se crea una nueva oportunidad, el aprovechamiento de una propuesta enfocada al cambio cultural de la organización para

integrar dentro de la empresa la filosofía del pensamiento esbelto en el que se pretende un funcionamiento armónico de los diferentes procesos productivos, reduciendo al máximo los factores y situaciones que evitan que se le agregue valor al producto final. Se puede decir entonces que la empresa cuenta con las bases organizacionales necesarias para propiciar el cambio hacia una cultura “Lean”.

Finalmente, se exponen los requisitos que se necesitan por parte de la empresa para la correcta implementación de la filosofía de la manufactura esbelta partiendo de lo expuesto por Sanjay Bashin y Peter Burcher en su libro “Lean viewed as a philosophy” (Bhasin & Burcher, 2006):

- Debe existir compromiso por parte de los directivos de la organización.
- Los altos directivos deben conocer las herramientas de la manufactura esbelta.
- Se debe poner en funcionamiento una estructura de gerencia para soportar la iniciativa, es decir un líder de proyecto que encabece y lidere las acciones que se deben realizar mediante un cronograma de ejecución de actividades. El enfoque debe estar ubicado en la parte operacional, donde los pasos para crear valor y eliminar desperdicio estén ubicados.
- Los roles y responsabilidades asignadas no se pueden delegar.
- Hay que comunicar y sensibilizar a la organización en la filosofía de la manufactura esbelta con el fin de eliminar la resistencia al cambio.
- Fortalecer los sistemas para recolectar información del cliente externo, el cliente interno, los proveedores y la comunidad.
- Seleccionar a los mejores colaboradores para ser capacitados.
- Montar un sistema de monitoreo para evaluar el progreso del programa.

- Hay que asegurar que las actividades de mejoramiento del desempeño cuenten con los recursos adecuados.
- Estar dispuesto y preparado para aceptar cambiar paradigmas de la forma como hacen las cosas. Necesidad de un equipo realmente comprometido.
- No tornarse estáticos, es natural que haya tropiezos, aún más en el comienzo.
- Lo que se debe pretender es arreglar toda la cadena de valor, para que se puedan ver los resultados en todos los flujos tanto de materiales como de información.
- Antes de iniciar con la implementación dar una capacitación general de la Manufactura Esbelta a los empleados, a fin de dar a conocer las expectativas y los alcances del proyecto.

8.1.2 Priorización de los problemas a solucionar mediante las herramientas base de la manufactura esbelta.

La metodología que utilizan las herramientas de la manufactura esbelta se enfoca en atacar ciertas problemáticas. A lo largo de la sección 7 se identificaron las causas por las cuales las estaciones de trabajo seleccionadas incurren en los diferentes tipos de desperdicios que se mencionan en la filosofía Lean. Sin embargo, en el desarrollo de este trabajo se enfocarán las propuestas en la solución de las problemáticas específicas de tal forma que estas vayan acorde con las herramientas que ofrece la manufactura esbelta. A continuación, se expondrán los criterios de selección para los problemas a atacar.

El primer criterio que se establece para definir los problemas que se buscarán solucionar mediante las herramientas de la manufactura esbelta es la frecuencia observada con la cual se

presentan los problemas identificados, para lo cual se le asignará una ponderación a cada uno de ellos. El segundo criterio que se tendrá en cuenta será el nivel de afectación de dicho problema en las estaciones de trabajo a las cuales le proveen materiales para el desarrollo de sus actividades productivas.

Como segunda medida, se define entonces la escala con la cual se ponderarán los criterios establecidos. Para ello, basándose en la escala de calificación del AMEF (Análisis del Modo y Efecto de Fallas) expuesto en la tabla 22. Al final se multiplicarán las ponderaciones de ambos criterios con el fin de determinar el impacto que tiene cada problema. Aquellas problemáticas con un nivel de impacto mayor a 60, serán las seleccionadas para desarrollar las propuestas de mejora en base a las herramientas de la manufactura esbelta que se consideren pertinentes.

En las siguientes tablas, se evaluará de manera individual cada problema en cada una de las estaciones seleccionadas, siendo:

F.O: Frecuencia de ocurrencia.

N.A: Nivel de afectación del problema en las otras estaciones de trabajo.

I: Impacto de la problemática.

Tabla 22.

Escala para la calificación de los criterios definidos.

Escala de calificación.	
Cuantitativa	Cualitativa.
1	Ninguno.
2	Menor.
3	Muy bajo.
4	Bajo.
5 -6	Moderado

7 -8	Alto.
9-10	Muy alto.

Nota: Adaptado de: *Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)* (Salazar López, 2016a)

De este modo, en la tabla 23 se expone la ponderación de los problemas identificados en la estación de tapas acolchadas para seleccionar los problemas más relevantes para el desarrollo de las mejoras.

Tabla 23.

Ponderación de los problemas identificados en la estación de tapas acolchadas.

Estación de tapas acolchadas.			
Problema identificado.	F.O.	N. A	I.
Exceso de almacenamiento como consecuencia del procesamiento de más tapas acolchadas de las necesarias para la producción del día.	9	7	63
Sobreproducción como consecuencia del procesamiento de más tapas acolchadas de las necesarias para la producción del día.	9	7	63
Tiempos de espera por parte de la máquina cortadora durante el proceso de corte.	9	9	81
Tiempos de espera por fallas en la máquina cortadora.	6	8	48
Transportes excesivos de tapas acolchadas	5	4	20
Movimientos innecesarios por desconocimiento de la programación de la producción.	8	5	40
Defectos por tapas acolchadas producidas con defectos de calidad.	6	7	42
Reproceso por falta de tapas acolchadas como consecuencia del desorden en la estación de cerrado.	5	7	30

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior, se identifica que los problemas más relevantes son:

- Exceso de almacenamiento como consecuencia del procesamiento de más tapas acolchadas de las necesarias para la producción del día.
- Sobreproducción como consecuencia del procesamiento de más tapas acolchadas de las necesarias para la producción del día.
- Tiempos de espera por parte de la máquina cortadora durante el proceso de corte.

Sobre los problemas mencionados anteriormente, se desarrollarán las mejoras en la estación de tapas acolchadas.

La Tabla 24 muestra la ponderación de los problemas identificados en la estación de confección para seleccionar los problemas más para el desarrollo de las mejoras.

Tabla 24.

Ponderación de los problemas identificados en la estación de confección.

Estación de confección.			
Problema identificado.	F.O.	N. A	I.
Exceso de almacenamiento por cambios en la programación de la producción.	6	5	30
Sobreproducción por órdenes erróneas emitidas por otras estaciones de trabajo.	7	7	49
Sobreproducción por elaboración de cajones de más para tenerlos en reserva en caso de productos no conformes.	7	4	28
Tiempos de espera por falta de insumos para la elaboración de cajones por retrasos en la producción de tela acolchada.	8	10	80
Tiempos de espera debido a fallas en las máquinas por falta de mantenimiento.	6	6	36
Tiempos de espera por la elaboración de maniguetas.	7	7	49
Transporte excesivo de materiales a ser procesados.	6	5	30
Movimientos innecesarios para buscar materiales para procesar.	9	8	72
Movimientos innecesarios para consultar la programación de la producción.	8	6	48
Reprocesos por utilización de materiales en stock debido a la falta de tela acolchada.	5	9	45

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior se concluye que los problemas más relevantes basándose en el promedio reflejado son:

- Tiempos de espera por falta de insumos para la elaboración de cajones.
- Movimientos innecesarios para buscar materiales para procesar.

Sobre los problemas mencionados anteriormente, se desarrollarán las mejoras en la estación de confección.

En la tabla que 25 se presenta la ponderación de los problemas identificados en la estación de cerrado para seleccionar los problemas más relevantes para el desarrollo de las mejoras.

Basándose en los resultados expuestos en dicha tabla, se determina que los problemas más relevantes son:

- Sobreproducción de láminas forradas como consecuencia de órdenes de producción erróneas emitidas por las estaciones de confección y corte horizontal.
- Tiempos de espera por falta de insumos.
- Movimientos innecesarios para buscar tapas acolchadas por parte de los operarios del proceso de cerrado.

Tabla 25.

Ponderación de los problemas identificados en la estación de cerrado.

Estación de cerrado.			
Problema identificado.	F.O.	N. A	I.
Exceso de almacenamiento por falta de revisión temprana de los productos terminados que se tienen en stock.	8	6	48
Sobreproducción de láminas forradas como consecuencia de órdenes de producción erróneas emitidas por las estaciones de confección y corte horizontal.	9	7	63
Tiempos de espera por falta de insumos.	8	10	80
Tiempos de espera por fallas en las máquinas cerradoras.	7	6	42
Transportes por movimientos de láminas de espuma forradas de un lugar a otro.	9	5	45
Movimientos innecesarios por falta de trabajo como consecuencia de desconocimiento de la programación.	6	4	24
Movimientos innecesarios para la búsqueda de tapas acolchadas por parte de los operarios del proceso de cerrado.	8	8	64

Reprocesos como consecuencia del desconocimiento de la programación del día al iniciar la jornada laboral.	6	6	36
--	---	---	----

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la estación de empaçado, el nivel de afectación no será hacia las otras estaciones de trabajo sino en cómo se ve afectado la tasa de productos terminados durante la jornada laboral como consecuencia de las problemáticas identificadas. En la Tabla 26 se presenta la ponderación de los problemas identificados en la estación de tapas acolchadas para seleccionar los más relevantes para el desarrollo de las mejoras.

Tabla 26.

Ponderación de los problemas identificados en la estación de empaçado.

Estación de empaçado.			
Problema identificado.	F.O.	N. A	I.
Tiempos de espera por la realización de otras actividades.	9	10	90
Tiempos de espera por falta de materiales para procesar.	9	9	84
Transportes para buscar las herramientas de trabajo en otras estaciones.	7	7	49
Movimientos innecesarios para consultar la programación de la producción del día.	6	6	36
Reprocesos por falta de especificación sobre los colchones que deben llevar etiquetas de la empresa y los que no deben llevarlas.	6	8	48

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior se puede concluir que los problemas con mayor relevancia son:

- Tiempos de espera por falta de materiales para procesar.
- Tiempos de espera por la realización de otras actividades.

Con base en los problemas mencionados se desarrollarán las propuestas de mejora para la estación de cerrado.

8.1.3 Definición de las herramientas base de la manufactura esbelta a utilizar.

Ya establecidos cuáles son los problemas para los cuales se van a proponer las mejoras, se buscará entonces definir las herramientas que pueden ser utilizables para la solución de cada problema. En el anexo Q se muestra la tabla de los problemas más relevantes identificados Vs las herramientas base de la manufactura esbelta. Allí se establecen las herramientas a utilizar. En caso de que la herramienta ayude, se le asignará el número 1, y 0 si la herramienta no ayuda a la solución de este. Aquellas herramientas que solucionen 4 o más problemas serán las seleccionadas. De este modo, en la tabla 27 se exhibe el resumen de las herramientas que pueden ser utilizables para la solución de los problemas identificados con mayor relevancia en cada estación de trabajo

Tabla 27.

Herramientas que se utilizarán para cada problema en específico.

PROBLEMA IDENTIFICADO	HERRAMIENTA A UTILIZAR.
Exceso de almacenamiento (Tapas acolchadas)	Kanban – Heijunka – Kaizen.
Sobreproducción de tapas acolchadas. (Tapas acolchadas)	Kanban – Heijunka – Kaizen.
Tiempos de espera por parte de la máquina cortadora durante el proceso de corte. (Tapas acolchadas)	Estandarización de procesos.
Tiempos de espera por falta de insumos para la elaboración de cajones. (Confección)	Kanban – Heijunka.
Movimientos innecesarios para el abastecimiento de insumos. (Confección)	Estandarización de procesos.
Tiempos de espera por falta de insumos. (Cerrado)	Kanban – Heijunka - Kaizen.
Movimientos innecesarios para el abastecimiento de tapas acolchadas por parte de los operarios del proceso de cerrado.	Estandarización de procesos.
Tiempos de espera por la realización de otras actividades. (Empacado).	Heijunka.
Tiempos de espera por falta de materiales para procesar. (Empacado)	Kanban.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que en todas las estaciones de trabajo se propondrán mejoras respecto al factor humano. Cabe resaltar además que con las herramientas a utilizar no sólo se solucionarán los problemas que fueron seleccionados, sino que se disminuirán un mayor número de defectos en las estaciones abarcadas puesto que la manufactura esbelta es un conjunto de herramientas que se complementan recíprocamente en la eliminación de desperdicios y en la construcción de una filosofía de mejora continua que le permitirá a la empresa Espumas Santafé de Bogotá zona Caribe incrementar su productividad.

8.2 Desarrollo de las propuestas de mejora.

En la sección 8.1 se mencionó la importancia que tiene la cultura organizacional como eje central de los sistemas de producción basados en la manufactura esbelta. Por lo tanto, es necesario partir desde allí para empezar a desarrollar las propuestas de mejora que se pretenden presentar.

8.2.1 Fundamentos de las herramientas de la manufactura esbelta.

Según establece Córdova, (2012, p. 44), en la adaptación de cualquiera de las herramientas que ofrece la manufactura esbelta, son necesarios y significativos los tres puntos que se muestran a continuación:

- I. Capacitar a los involucrados en los procesos productivos de la empresa acerca de la filosofía y fundamentos del pensamiento esbelto, dando a conocer los lineamientos generales que permiten lograr la sensibilización de las personas ante la propuesta. Para llevar a cabo esta etapa, será necesario capacitar en primera instancia al jefe de producción de la planta en los fundamentos de la filosofía de la manufactura esbelta. Además de esto, los operarios de planta, en conjunto con el jefe de producción, deben

escoger a un operario que represente a los trabajadores de la planta, con el fin de capacitar a este trabajador en las herramientas Lean. Posterior a la capacitación de dicho operario y al jefe de producción, estos tendrán la tarea de capacitar a los demás operarios de la planta en los principios de la manufactura esbelta.

- II. Conformar equipos de trabajo constituidos por los integrantes de las diferentes etapas del proceso de producción; cada uno de los grupos será el encargado de liderar la implementación de una de las herramientas en la planta de producción.
- III. Redactar el objetivo de cada herramienta de manufactura esbelta en términos de los procesos para la fabricación de colchones, con el fin de que todas las personas los conozcan y los grupos de trabajo tengan un solo objetivo común, expresado explícitamente en un lugar visible de la planta de producción.

8.2.2 Etapas por seguir en la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta.

Partiendo de los fundamentos de las herramientas de la manufactura esbelta expuestos en la sección 8.2.1, en esta subsección se procede a exponer las etapas que constituyen la aplicación de cada herramienta seleccionada. En primera instancia se partirá de la capacitación del personal que se encargará posteriormente de distribuir los conocimientos adquiridos con todo el personal de la planta de producción. Cabe resaltar que las etapas para la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta se representan mediante un ciclo, ya que éstas constituyen un proceso de mejoramiento continuo. Esto indica que cada modelo de aplicación de las herramientas debe transcurrir en un proceso dinámico de permanente actualización y mejora para alcanzar a desarrollar una filosofía de mejora continua que le permita a la empresa eliminar los desperdicios

presentes en su planta de producción, y que esto se vea reflejado en la reducción de los costos operacionales, optimizar sus procesos productivos y, finalmente, aumentar la productividad de la empresa permitiendo así mejorar su margen de utilidad.

Luego de la capacitación del personal prosigue la estandarización de los procesos de producción de la empresa, que es la segunda etapa, en el cual se buscará identificar las posibles oportunidades de mejora para reducir los tiempos de ciclo. En la última etapa se desplegarán las propuestas de mejora con base en las herramientas de la manufactura esbelta. En la figura que se muestra a continuación se exponen las etapas descritas anteriormente.

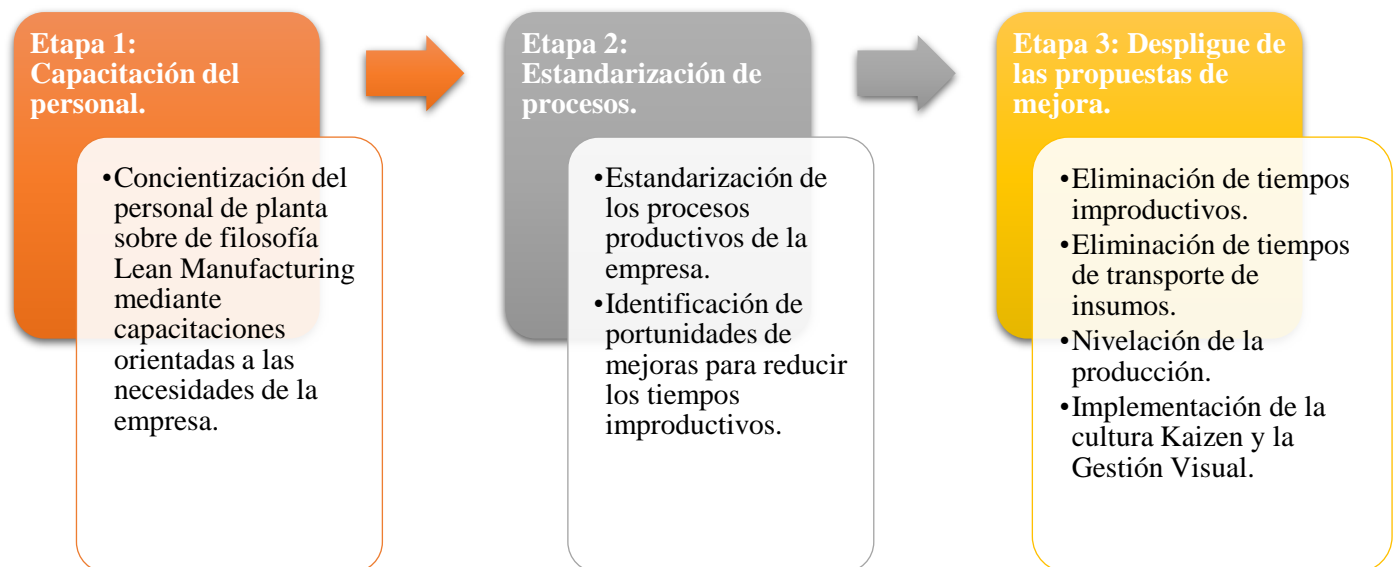


Figura 27. Etapas por seguir en la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta.

Fuente: Elaboración propia.

8.2.2.1 Capacitación del personal.

Es necesario capacitar al personal de la empresa en todo lo relacionado con la filosofía de la manufactura esbelta y sobre todo en las herramientas que se proponen sean implementadas. Para esto, tal como se expuso en la sección 8.2.1, se deberá escoger a un operario de la planta de producción para que se capacite, junto con el jefe de producción de la empresa, en los

fundamentos del lean Manufacturing, haciendo énfasis en las herramientas que serán aplicadas en la planta de producción.

Estas dos personas deberán tomar un curso de Lean Six Sigma Yellow belt, ya que este entrenamiento es esencial en la preparación de las personas que se encargarán de capacitar a los demás operarios de la planta. Se establece que inicialmente se tome este curso, ya que una persona certificada en Yellow Belt es un hábil implementador de herramientas Lean para aumentar la productividad y calidad de los procesos de las empresas, además de que participa como líder de eventos Kaizen cuando es necesario para mejorar procesos específicos, generalmente como parte de un proyecto de implementación de mejora.

Lo anteriormente mencionado es indispensable para la implementación de las propuestas de mejora que serán desarrolladas en los siguientes apartados. El objetivo principal de la capacitación de estas dos personas es que se logren desarrollar agentes de cambio que conozcan y apliquen herramientas de trabajo ágil y herramientas de calidad para la mejora de procesos y crear un ambiente de liderazgo en los negocios enfocados a mejorar la productividad mediante la reducción de desperdicios y variación, logrando excelentes niveles de competitividad y rentabilidad en la empresa.

El curso en Lean Six Sigma Yellow Belt es ofertado por la Universidad del Norte, en la ciudad de Barranquilla, con una intensidad horaria de 40 horas, teniendo como días de clases los sábados de 8 am a 2 pm. Esto quiere decir, que los dos trabajadores deberán capacitarse durante dos meses. Al final de dicho curso, estos estarán aptos para entrenar al personal de la planta en cuanto a las herramientas que se implementarán.

La capacitación de todo el personal de la planta tomará entonces otros dos meses, ya que se buscará que esta no entorpezca los procesos productivos de la empresa. Debido a esto, el entrenamiento tendrá lugar los sábados, con una intensidad horaria de dos horas, y que se impartirá al finalizar la jornada laboral. Así pues, contando el tiempo que tomaría el curso y el tiempo empleado en la capacitación de los demás operarios, se estima que la capacitación del personal de la planta tenga una duración de cuatro meses. En el Anexo J se encuentra expuesto el cronograma de actividades de la capacitación del personal.

8.2.2.2 Estandarización de procesos.

Como primera medida antes de implementar cualquier herramienta de la manufactura esbelta resulta necesario realizar una estandarización de los procesos que tienen lugar las estaciones de trabajo de la empresa. El objetivo de esta implantación es formalizar las prácticas de trabajo para reducir las pérdidas de tiempo y aumentar al máximo la rentabilidad de cada una de las estaciones de trabajo de la empresa. Además, al aplicar esta herramienta no hay que olvidarse de la seguridad del operario, de asegurar una buena calidad del producto y de estandarizar un modo de operar fácil.

Dado que la empresa no cuenta con procesos estandarizados, se llevó a cabo un estudio de métodos y tiempos en todas las estaciones de trabajo de la línea de producción de colchones de referencia caribeño. Sin embargo, en el desarrollo de este trabajo se expondrán la estandarización de los procesos de las estaciones de trabajo seleccionadas para realizar las propuestas de mejora. Durante el desarrollo del estudio de métodos y tiempos en las diferentes estaciones de trabajo se realizaron toma de tiempos de los procesos para obtener los tiempos estándares de las operaciones, y de esta manera realizar los diagramas analíticos de dichos procesos.

Las observaciones de todos los procesos fueron registradas en minutos, por lo que los tiempos que se exponen a continuación están fijados en esa unidad de medida. Adicionalmente, se calculará la cantidad de piezas que pueden ser procesadas por hora en las estaciones de trabajo seleccionadas, puesto que en la planta de producción se procesan otro tipo de productos diferentes al estudiado en este trabajo. Sin embargo, con fines prácticos para medir el impacto que tendrían las propuestas de mejora en la productividad de la empresa, se calculará también la cantidad de piezas que se podrían procesar en una jornada laboral si se dedicasen a producir solamente este tipo de producto.

8.2.2.1.1 Estación de tapas acolchadas.

En la sección 6.5.7 se describieron los procesos productivos que tienen lugar en esta estación de trabajo. Partiendo de allí, se definieron las tareas que se realizan durante el proceso de elaboración de tapas acolchadas segmentándolas en elementos, para posteriormente realizar el muestreo inicial de 25 observaciones el cual se encuentra expuesto en el Anexo K. Los datos obtenidos del muestreo inicial se presentan en la tabla 28. Luego de realizar el muestreo completo en la estación de tapas acolchadas, se procedió entonces a realizar el análisis de los tiempos con el fin de determinar el contenido de trabajo, este análisis se resume en la tabla 29. En el anexo K se encuentra detallada esta información.

Tabla 28.

Datos obtenidos a partir del muestreo inicial en la estación de tapas acolchadas.

Elemento	Descripción del elemento.	Tamaño muestra
1	El operario realiza el montaje del rollo de tela acolchada para cortar y ajusta la maquina al tamaño del corte requerido.	7.5
2	El operario calibra la máquina para las dimensiones de corte	13.9

3	El operario espera a que la maquina realice el corte	15.8
4	Operario para la máquina para sacar tela cortada y ponerla en el lugar designado de almacén.	77.3
5	El operario transporta las tapas cortadas al área de confección	1.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29.

Resumen del análisis de tiempos de la estación de tapas acolchadas.

Elemento	Tiempo total observado	Promedio	Valoración (%)	Frecuencia ocurrencia.	Tiempo básico	Sup. (%)	Tiempo tipo
1	17.77	4.44	100	25	0.18	21	0.22
2	6.355	0.48	100	6	0.08	14	0.09
3	22.68	0.29	100	1	0.29	14	0.33
4	17.165	0.22	100	1	0.22	12	0.25
5	11.84	1.48	95	10	0.14	14	0.16
Tiempo empleado para producir una tapa acolchada.							1.05 min

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se concluye que el tiempo estándar que emplea la elaboración de una tapa acolchada es de 1.03 minutos. Partiendo de allí se procede a calcular la cantidad de tapas acolchadas queden ser procesadas en una hora de trabajo:

$$\text{Piezas producidas por hora} = \frac{60 \text{ min}}{1.05 \frac{\text{minutos}}{\text{tapa}}} = 57.1 \approx 57 \text{ tapas acolchadas.}$$

De tal forma que esta estación de trabajo es capaz de procesar un total de 58 tapas acolchadas en una hora de trabajo. Sin embargo, debido a que para la elaboración de un colchón son requeridas dos tapas acolchadas, esta estación de trabajo es capaz de proveer tapas para 28 colchones por hora.

Al calcular la cantidad de tapas acolchadas de 1.40 metros que pueden ser procesadas en una jornada laboral de lunes a viernes, se tiene que:

$$\text{Tapas producidas al día} = \frac{390 \text{ min}}{1.05 \frac{\text{minutos}}{\text{tapa}}} = 371.4 \approx 371 \text{ tapas acolchadas.}$$

Al dividir este resultado entre el número de tapas que se necesitan para elaborar un colchón, se establece que esta estación de trabajo tiene una capacidad de procesar tapas acolchadas de 1.40 metros para 185 colchones al día.

8.2.2.1.2 Estación de confección.

En la sección 6.5.8 se redactaron los procesos productivos que tienen lugar en la estación de confección. Partiendo de allí se definieron las tareas de las que se encargan los operarios para la elaboración de cajones, dividiendo dichas tareas en elementos para posteriormente realizar el muestreo inicial. Durante el muestreo inicial se realizaron 20 observaciones, las cuales se utilizaron para calcular el tamaño de las muestras. Dicho muestreo se encuentra expuesto en el Anexo L. En la Tabla 30 se describen las tareas separadas por elementos, así como el tamaño de muestra que arrojó el análisis.

Tabla 30.

Datos obtenidos a partir del muestreo inicial en la estación de confección.

Elemento	Descripción del elemento.	Tamaño muestra
1	El busca lote de tapas acolchadas y/o bandas laterales.	5.1
2	El operario coge tapa acolchada, la inspecciona buscando defectos en los cortes y la carga en la máquina de coser. Luego, operario coge lateral de tela acolchada y pega a la tapa con una costura.	14.2

3	El operario cose la tapa acolchada junto al lateral de tela acolchada. Durante el proceso, cose 4 maniguetas al cajón.	15.8
4	El operario se levanta con el cajón, lo dobla por la mitad y lo lleva hacia el lugar designado de cajones terminados. Luego, el operario se devuelve a su puesto de trabajo.	20.2

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que el estudio indica que las muestras tomadas inicialmente son suficientes para establecer unos tiempos confiables, se realizó el análisis para definir el contenido del trabajo de la estación de confección el cual se encuentra en el Anexo L. En la tabla 31 se muestra el resumen de dicho análisis.

Tabla 31.

Resumen del análisis de tiempos de la estación de confección.

Elemento	Tiempo total observado	Promedio	Valoración (%)	Frecuencia ocurrencia.	Tiempo básico	Sup. (%)	Tiempo tipo
1	6.28	1.25	97	5	0.24	14	0.28
2	12.64	0.63	100	1	0.63	14	0.72
3	72.61	3.63	98	1	3.55	14	4.06
4	5.41	0.27	100	1	0.27	14	0.31
Tiempo empleado para producir un cajón.							5.36 min

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera se determinó entonces que el tiempo empleado para la elaboración de un cajón es de 5.36 minutos, teniendo así que el número de cajones que pueden ser producidos en una hora de trabajo es de:

$$\text{Piezas producidas por hora} = \frac{60 \text{ min}}{5.36 \frac{\text{minutos}}{\text{cajón}}} = 11.19 \approx 11 \text{ cajones.}$$

En esta estación de trabajo se pueden procesar 11 cajones por hora. Sin embargo, se cuentan con 3 operarios realizando el proceso de elaboración de cajones, de tal forma que la capacidad de producción de esta estación de trabajo es de 33 cajones por hora. Ahora, al calcular la cantidad de cajones que pueden ser procesados en una jornada laboral se tiene que:

$$\text{Cajones producidos al día} = \frac{390 \text{ min}}{5.36 \frac{\text{minutos}}{\text{cajón}}} = 72.7 \approx 72 \text{ cajones.}$$

De igual forma, se realiza la multiplicación de los cajones que se pueden procesar al día por el número de operarios que se tienen realizando este proceso de tal forma que se pueden producir un total de 216 cajones al día.

8.2.2.1.3 Estación de cerrado.

En la estación de cerrado ocurren dos procesos: el de forrado de láminas y el de cerrado de colchones, tal como se menciona en la sección 6.5.9. Para cada proceso se realizó un estudio con el fin de establecer el tiempo estándar que se tarda cada tarea en ser ejecutada. En primera instancia, en la tabla 32 se muestra la asignación de los elementos que tienen lugar durante el proceso de forrado de láminas, así como el tamaño de muestra arrojado luego de realizar las 22 observaciones iniciales del proceso. En el Anexo M se encuentra el muestreo inicial.

Tabla 32.

Datos obtenidos a partir del muestreo inicial en el proceso de forrado de láminas.

Elemento	Descripción del elemento	Tamaño muestra
1	El operario trae los cajones hasta el sitio de forrado de láminas.	15.17
2	El operario acomoda las láminas a forrar.	15.89
3	El operario realiza el proceso de forrado de la lámina.	18.59

4	El operario trae las tapas acolchadas al sitio de forrado.	10.23
5	El operario transporta el colchón ensamblado hasta su sitio y pone la tapa acolchada encima.	41.65

Fuente: Elaboración propia.

El muestreo inicial indicó que los primeros cuatro elementos eran suficientes para estandarizar dichos procesos. Sin embargo, para el elemento cinco se debían realizar 42 observaciones con el fin de obtener una muestra confiable de los tiempos del proceso. Luego de realizar dichas observaciones, las cuales se encuentran expuestas en el Anexo M, se realizó el análisis para determinar el tiempo estándar que tarda la realización de cada elemento. En la tabla 33 se resume dicho análisis, así como el tiempo que emplea el operario en el proceso de forrado de una lámina de espuma.

Tabla 33.

Resumen del análisis de tiempos del proceso de forrado de láminas.

Elemento	Tiempo total observado	Promedio	Valoración (%)	Frecuencia ocurrencia.	Tiempo básico	Sup. (%)	Tiempo tipo
1	19.65	0.98	95	2	0.47	12	0.52
2	7.46	0.57	100	3	0.19	12	0.21
3	26.86	0.60	100	1	0.60	12	0.67
4	8.49	0.77	98	4	0.19	12	0.21
5	8.87	0.20	100	1	0.20	12	0.22
Tiempo empleado para forrar una lámina							1.83 min

Fuente: Elaboración propia.

Se define así que el tiempo estándar requerido para el proceso de forrado de una lámina de espuma es de 1.83 minutos. Partiendo de allí se procede a calcular la cantidad de láminas que pueden ser forradas en una hora de trabajo:

$$\text{Piezas producidas por hora} = \frac{60 \text{ min}}{1.83 \frac{\text{minutos}}{\text{lámina}}} = 32.7 \approx 32 \text{ láminas forradas.}$$

Actualmente se cuentan con dos operarios realizando el proceso de forrado de láminas, de tal forma que la capacidad de producción de esta estación de trabajo es de 64 láminas por hora de trabajo. Ahora, al realizar el análisis de las láminas de espuma que se pueden forrar en una jornada laboral se tiene que:

$$\text{Láminas procesadas al día} = \frac{390 \text{ min}}{1.84 \frac{\text{minutos}}{\text{lámina}}} = 213.1 \approx 213 \text{ láminas forradas.}$$

Al multiplicar las 213 láminas por el número de operarios que realizan este proceso, se tiene que se pueden forrar un total de 426 láminas en una jornada laboral de 8 horas. En segunda instancia, considerando que ya se ha expuesto el análisis de los tiempos en el proceso de forrado, se procederá entonces a presentar el análisis realizado al proceso de cerrado de colchones. Las tareas que tienen lugar durante este proceso fueron separadas en los elementos que se muestran en la tabla 34. Para este estudio se realizó un muestreo inicial de 10 observaciones las cuales están expuestas en el Anexo N.

Tabla 34.

Datos obtenidos a partir del muestreo inicial en el proceso de cerrado.

Elemento	Descripción del elemento	Tamaño muestra
1	El operario busca el colchón ensamblado y lo transporta hasta su mesa de trabajo	24.7
2	Operario inspecciona la tapa acolchada y luego la acomoda en su sitio para iniciar el proceso de cerrado.	29.2
3	El operario realiza la operación de cierre del colchón.	7.4

4	El operario transporta el colchón terminado a su sitio de almacenamiento.	29.3
---	---	------

Fuente: Elaboración propia.

El muestreo inicial arrojó que el número de observaciones requeridas para contar con unos tiempos confiables es de 30 observaciones, por lo tanto, luego de tomar dichas muestras, se realizó el análisis a los tiempos obtenidos. En el Anexo N se encuentran las muestras finales, así como el análisis realizado a los tiempos. En la Tabla 35 se presenta el resumen de dicho análisis.

Tabla 35.

Resumen del análisis de tiempos del proceso de cerrado de colchones.

Elemento	Tiempo total observado	Promedio	Valoración (%)	Frecuencia ocurrencia.	Tiempo básico	Sup. (%)	Tiempo tipo
1	8.64	0.28	100	1	0.28	15	0.33
2	15.31	0.51	100	1	0.51	13	0.58
3	61.01	2.03	100	1	2.03	15	2.34
4	7.09	0.24	100	1	0.24	15	0.28
Tiempo empleado para cerrar un colchón							3.52 min

Fuente: Elaboración propia.

Se concluye así que el tiempo necesario para cerrar un colchón es de 3.52 minutos, finalizando así el estudio de tiempos de la estación de cerrado. Al realizar el análisis de los colchones que pueden ser procesados en una hora de trabajo se tiene que:

$$\text{Piezas producidas por hora} = \frac{60 \text{ min}}{3.52 \frac{\text{minuto}}{\text{colchón}}} = 17.04 \approx 17 \text{ colchones.}$$

En esta estación de trabajo se cuenta con 2 operarios realizando el proceso de cerrado de colchón, de tal forma que la capacidad de producción es de 34 colchones por hora de trabajo. Al

realizar el análisis de la capacidad de producción de este proceso en una jornada laboral se tiene que:

$$\text{Colchones cerrados al día} = \frac{390 \text{ min}}{3.52 \frac{\text{minutos}}{\text{colchón}}} = 110.7 \approx 110 \text{ colchones.}$$

Al multiplicar los colchones que se pueden procesar en una jornada laboral por el número de operarios se obtiene un total de 220 colchones.

8.2.2.1.4 Estación de empacado.

En la sección 6.5.11 se describieron los procesos que se desarrollan en la estación de empacado. Basándose de dicha descripción, se realizó la división de dichos procesos en tareas, las cuales fueron separadas en elementos posteriormente. En la tabla 36 se exponen los elementos que componen el proceso de empacado de colchones, así como el tamaño de muestra requerido para poder obtener con una muestra confiable luego de realizar las 8 observaciones iniciales. En el Anexo O se encuentra detallado tanto el muestreo inicial realizado en esta estación de trabajo como el muestreo final. Así, se establece que las observaciones requeridas para establecer el tiempo necesario para empacar un colchón son 18 muestras. En la tabla 37 se expone el resumen del análisis de los tiempos en esta estación de trabajo.

Tabla 36.

Datos obtenidos a partir del muestreo inicial en la estación de empacado.

Elemento	Descripción del elemento	Tamaño muestra.
1	Dos operarios buscan los colchones y los traen hasta la mesa de trabajo.	6.1

2	En la mesa de trabajo, un operario pega las etiquetas del colchón mientras el otro operario inspecciona el lote en busca de hilos sueltos. Una vez termina el primer operario termina de pegar las etiquetas, se pone a inspeccionar los colchones con su compañero.	3.2
3	Un operario agarra el plástico, lo mide, y lo corta. Luego, entre los dos operarios forran el colchón, realizan un pliegue y agarran la plancha.	19.6
4	Los dos operarios con la plancha sellan el empaque al colchón.	20.4
5	Un operario coge el colchón ya empacadas, lo lleva hacia su zona de almacén y luego se devuelve	9.35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37.

Resumen del análisis de tiempos del proceso de empaçado.

Elemento	Tiempo total observado	Promedio	Valoración (%)	Frecuencia ocurrencia.	Tiempo básico	Sup. (%)	Tiempo tipo
1	3.99	0.66	100	4	0.16	12	0.19
2	9.75	1.62	100	4	0.40	12	0.46
3	13.68	0.65	100	1	0.65	12	0.73
4	11.05	0.52	100	1	0.52	12	0.59
5	4.53	0.21	100	1	0.21	12	0.24
Tiempo empleado para empaçado un colchón.							2.20 min

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis realizado en la estación de empaçado, se puede concluir que el tiempo empleado para el empaçado de un colchón es de 2.20 minutos. A continuación, se muestra el cálculo de la cantidad de colchones que pueden ser procesados en esta estación de trabajo:

$$\text{Colchones empaçados por hora} = \frac{60 \text{ min}}{2.20 \frac{\text{minuto}}{\text{colchón}}} = 27.2 \approx 27 \text{ colchones.}$$

De esta forma, se define que en esta estación de trabajo se pueden empacar 28 colchones por hora. En cuanto a la capacidad de procesamiento de piezas al día se tiene que:

$$\text{Colchones empacados al día} = \frac{390 \text{ min}}{2.20 \frac{\text{minutos}}{\text{colchón}}} = 177.2 \approx 177 \text{ colchones .}$$

Así, la capacidad de procesamiento de esta estación de trabajo es de 177 colchones empacados al día. Ya habiendo expuesto los procesos estandarizados en las estaciones de trabajo estudiadas, se da pie entonces para el desarrollo de las propuestas de mejora, las cuales serán abordadas en las siguientes subsecciones.

8.2.3 Propuesta 1. Eliminación de tiempos de espera por parte de la máquina durante el proceso de corte de tapas acolchadas.

En la estandarización del proceso de la estación de tapas acolchadas expuesto en la sección 8.2.2.1.1, se establecieron los elementos que conforman el proceso de corte de tapas acolchadas, así como el tiempo que se emplea para la realización de cada uno de ellos. Durante la realización del muestreo se observó que el método utilizado no era el más eficiente, ya que el operario encargado del proceso detiene la máquina cortadora mientras realiza la acomodación de las tapas acolchadas en su sitio. El tiempo que emplea la máquina para el proceso de corte es de 0.33 minutos, mientras que el tiempo que emplea el operario acomodando las tapas es de 0.25 minutos. Al analizar la diferencia entre ambos tiempos, se evidencia que este último es mucho menor que el primero. Con base en esto se propone un trabajo en paralelo, en el cual el operario realice la acomodación de la tapa acolchada en su sitio al mismo tiempo que la máquina corta la siguiente tapa acolchada, para que de esta forma se reduzca el tiempo que se requiere para la elaboración de tapas acolchadas al eliminar el elemento 4 tal como lo muestra la tabla 38.

De esta forma, la cantidad de tapas acolchadas que pueden ser procesadas en una hora de trabajo sería de 75, es decir, se producirían tapas acolchadas para 37 colchones. Al llevar este cálculo a la capacidad de producción diaria se obtendría que:

$$\text{Tapas producidas al día} = \frac{390 \text{ min}}{0.8 \frac{\text{minutos}}{\text{Tapa}}} = 487.5 \approx 487 \text{ tapas acolchadas.}$$

La cantidad de tapas acolchadas que se producirían al día tras la implementación de esta propuesta sería de 487 tapas acolchadas. Al dividir esta cantidad entre el número de tapas que se requieren para la realización de un colchón, se obtendría que se pueden procesar tapas acolchadas para 243 colchones al día. Es decir, 58 colchones más al día que con el proceso actual.

Tabla 38.

Tiempo requerido para elaborar una tapa acolchada con la propuesta 1.

Elemento	Descripción del elemento	Tiempo actual	Tiempo propuesto
1	El operario realiza el montaje del rollo de tela acolchada para cortar y ajusta la maquina al tamaño del corte requerido.	0.22	0.22
2	El operario calibra la máquina para las dimensiones de corte.	0.09	0.09
3	El operario espera a que la maquina realice el corte	0.33	0.33
4	El operario para la máquina para sacar tela cortada y ponerla en el lugar designado de almacén.	0.25	-
5	El operario transporta las tapas cortadas al área de confección.	0.16	0.15
Tiempo requerido para la elaboración de una tapa acolchada.		1.05 min	0.8 min
Tapas acolchadas que pueden ser producidas por hora.		57	75

Fuente: Elaboración propia.

8.2.4 Propuesta 2. Eliminación de los tiempos de transporte de materiales entre las estaciones de tapas acolchadas, confección, cerrado y empaçado.

Con el fin de eliminar los tiempos que se emplean transportando materiales en proceso entre las estaciones de trabajo seleccionadas, se propone la implementación de dos patinadores que se encarguen de realizar dicha labor. De esta forma, se reduciría el tiempo que se requiere para el procesamiento de los materiales en las estaciones de trabajo. El primer patinador se encargaría del proceso de transporte de las tapas acolchadas hasta la estación de confección y cerrado, con el fin de que se elimine este elemento de la operación. De igual forma, se encargaría del abastecimiento de las bandas laterales en la estación de confección y del transporte de los cajones de la estación de confección al área de cerrado. El segundo patinador se encargaría de realizar los procesos de transporte de colchones cerrados a la mesa de trabajo de la estación de empaçado, así como de transportar los colchones terminados al área de almacenamiento de estos a medida que van siendo empaçados. A continuación, se muestran las tablas con el tiempo requerido para la realización de las operaciones en las estaciones de tapas acolchadas, confección y cerrado tras la implementación de esta propuesta de mejora. En la propuesta 1 se sugirió el trabajo en paralelo en la estación de tapas acolchadas con el fin de eliminar el elemento 4 de la operación. Con la implementación de la propuesta 2 se busca eliminar el elemento 5 del proceso tal como se expone en la tabla 39.

Tabla 39.

Tiempo requerido para elaborar una tapa acolchada con propuesta 2.

Elemento	Descripción del elemento	Tiempo actual	Tiempo propuesto
-----------------	---------------------------------	----------------------	-------------------------

1	El operario realiza el montaje del rollo de tela acolchada para cortar y ajusta la maquina al tamaño del corte requerido.	0.22	0.22
2	El operario calibra la máquina para las dimensiones de corte.	0.09	0.09
3	El operario espera a que la maquina realice el corte	0.33	0.33
4	El operario para la máquina para sacar tela cortada y ponerla en el lugar designado de almacén.	0.25	-
5	El operario transporta las tapas cortadas al área de confección.	0.16	-
Tiempo requerido para la elaboración de una tapa acolchada.		1.05 min	0.64 min
Tapas acolchadas que pueden ser producidas por hora.		57	93

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el análisis de los tiempos que se emplearían para el proceso de elaboración de tapa acolchada, se obtendría una reducción de 0.41 minutos, lo que significaría que la cantidad total de tapas acolchadas que pueden ser procesadas en una hora de trabajo sería de 93. Al realizar la división de las tapas acolchadas que son requeridas para la elaboración de un colchón, se obtendría que tiene una capacidad de proveer tapas para 46 colchones por hora, es decir 18 colchones más por hora que con el proceso actual. Ahora, al calcular la cantidad de tapas que pueden ser procesadas en una jornada laboral se tiene que:

$$\text{Tapas producidas al día} = \frac{390 \text{ min}}{0.64 \frac{\text{minutos}}{\text{Tapa}}} = 609.3 \approx 609 \text{ tapas acolchadas.}$$

Se procesarían 609 tapas acolchadas en una jornada laboral, de tal forma que se podría suministrar tapas para la realización de 304 colchones al día, es decir 114 colchones más en comparación con la capacidad actual. En la tabla 40 se muestra la comparación entre el tiempo actual y el tiempo propuesto que se emplearía para la elaboración de un cajón.

Tabla 40.

Tiempo requerido para elaborar un cajón con la propuesta 2.

Elemento	Descripción del elemento.	Tiempo actual	Tiempo propuesto
1	El busca lote de tapas acolchadas y/o bandas laterales.	0.28	-
2	El operario coge tapa acolchada, la inspecciona buscando defectos en los cortes y la carga en la máquina de coser. Luego, operario coge lateral de tela acolchada y pega a la tapa con una costura.	0.72	0.72
3	El operario cose la tapa acolchada junto al lateral de tela acolchada. Durante el proceso, cose 4 maniguetas al cajón.	4.06	4.06
4	El operario se levanta con el cajón, lo dobla por la mitad y lo lleva hacia el lugar designado de cajones terminados. Luego, el operario se devuelve a su puesto de trabajo.	0.31	-
	Tiempo requerido para la elaboración de un cajón.	5.36 min	4.78 min
	Cajones que pueden ser producidos por hora.	11.1	12.5

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el análisis de los tiempos que se emplearían para el proceso de elaboración de un cajón con la implementación de la propuesta, se obtendría una reducción de 0.58 minutos. Estos 12.5 cajones multiplicados por los tres operarios con los que cuenta la estación de confección darían como resultado un total de 37 cajones por hora, esto significaría un aumento de 4 cajones por hora. Al calcular la cantidad de cajones que pueden ser procesados en una jornada laboral se tiene que:

$$\text{Cajones producidos al día} = \frac{390 \text{ min}}{4.78 \frac{\text{minutos}}{\text{cajón}}} = 81.59 \approx 81 \text{ cajones.}$$

Como esta estación de trabajo cuenta con 3 operarios realizando cajones, se multiplica esta cantidad de cajones por el número de operarios de tal forma que se podrían procesar 243 cajones al día. Esto significa un total de 27 cajones al día más que con el proceso actual.

Ahora, se procede a realizar el análisis de esta propuesta en la estación de cerrado. Esta mejora aplicaría para el proceso de forrado de láminas de espuma. Tras la eliminación del tiempo empleado para el transporte de cajones y de tapas acolchadas durante el proceso de forrado de láminas, se obtendría una reducción de 0.73 minutos.

Lo anteriormente descrito se vería reflejado en el procesamiento de 22 láminas de espuma más por hora en comparación con el proceso actual, es decir, se podrían forrar 54 láminas por hora. Además, como esta estación de trabajo cuenta con dos operarios, su capacidad sería de 108 láminas de espuma por hora. En la tabla 41 se expone la comparación entre el tiempo actual y el tiempo con la implementación del patinador.

Tabla 41.

Tiempo requerido para el proceso de forrado con la propuesta 2.

Elemento	Descripción del elemento.	Tiempo actual	Tiempo propuesto
1	El operario trae los cajones hasta el sitio de forrado de láminas.	0.52	-
2	El operario acomoda las láminas a forrar.	0.21	0.21
3	El operario realiza el proceso de forrado de la lámina	0.67	0.67
4	El operario trae las tapas acolchadas al sitio de forrado.	0.21	-
5	El operario transporta el colchón ensamblado hasta su sitio y pone la tapa acolchada encima.	0.22	0.22

Tiempo requerido para el proceso de forrado.	1.83 min	1.1 min
Láminas que pueden ser procesadas por hora.	32	54

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el cálculo de la capacidad de procesamiento de láminas de espuma en una jornada laboral se tiene que:

$$\text{Láminas procesadas al día} = \frac{390 \text{ min}}{1.1 \frac{\text{minutos}}{\text{lámina}}} = 354.5 \approx 354 \text{ láminas forradas.}$$

Al multiplicar la cantidad de láminas que se pueden forrar en una jornada laboral por el número de operarios que se encargan de este proceso se obtendría entonces la capacidad de procesamiento sería de 708 láminas forradas al día. Obteniendo de esta manera un aumento de 282 láminas en comparación con el proceso como funciona actualmente. En la Tabla 42 se establece el número de colchones que pueden ser cerrados por hora con la propuesta expuesta.

Tabla 42.

Tiempo requerido para el proceso de cerrado con la propuesta 2.

Elemento	Descripción del elemento.	Tiempo actual	Tiempo propuesto
1	El operario busca el colchón ensamblado y lo transporta hasta su mesa de trabajo	0.33	-
2	Operario inspecciona la tapa acolchada y luego la acomoda en su sitio para iniciar el proceso de cerrado.	0.58	0.58
3	El operario realiza la operación de cierre del colchón.	2.34	2.34
4	El operario transporta el colchón terminado a su sitio de almacenamiento.	0.28	-
	Tiempo requerido para el proceso de cerrado.	3.52 min	2.92 min
	Colchones que pueden ser procesados por hora.	17	20

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar la eliminación de los tiempos de transporte en el proceso de cerrado de colchones, se ve reflejado un aumento de 3 colchones por hora, es decir, 20 colchones, lo que al multiplicarlo por el número de operarios que se tiene en este proceso da un total de 40 colchones cerrados por hora. Si se analiza la cantidad de colchones que se podrían procesar al día en esta estación de trabajo se tiene que:

$$\text{Colchones cerrados al día} = \frac{390 \text{ min}}{2.92 \frac{\text{minutos}}{\text{colchón}}} = 133.56 \approx 133 \text{ colchones.}$$

Cuando se multiplica esta nueva capacidad de producción por el número de operarios con lo que cuenta esta estación, se obtendría que se podrían procesar 266 colchones al día, teniendo así un aumento del 20% de la capacidad de producción.

Por último, se analizará la propuesta de implementación de un patinador para la estación de empacado. Este operario se encargaría de realizar las labores de los elementos 1 y 5 del proceso de empacado. Como esta estación de trabajo cuenta con dos mesas en las cuales se puede realizar el proceso de empacado, lo que se buscaría con esta propuesta sería la utilización de ambas mesas de trabajo. De esta manera, mientras que los operarios encargados de la operación de empacado realizan este proceso, el patinador puede ir acomodando el siguiente lote de colchones a empacar en la mesa de trabajo que se encuentra vacía. En la tabla 43 se presenta la comparación entre el tiempo actual del proceso y el tiempo que implicaría empacar un colchón tras la implementación de la propuesta.

Tabla 43.

Tiempo requerido para el proceso de empacado con la propuesta 2.

Elemento	Descripción del elemento.	Tiempo actual	Tiempo propuesto
----------	---------------------------	---------------	------------------

1	Dos operarios buscan los colchones y los traen hasta la mesa de trabajo.	0.19	-
2	En la mesa de trabajo, un operario pega las etiquetas del colchón mientras el otro operario inspecciona el lote en busca de hilos sueltos. Una vez el primer operario termina de pegar las etiquetas, inspecciona los colchones con su compañero.	0.46	0.46
3	Un operario agarra el plástico, lo mide, y lo corta. Luego, entre los dos operarios forran el colchón, realizan un pliegue y agarran la plancha.	0.73	0.73
4	Los dos operarios con la plancha sellan el empaque al colchón.	0.59	0.59
5	Un operario coge el colchón ya empacadas, lo lleva hacia su zona de almacén y luego se devuelve	0.24	-
	Tiempo requerido para el proceso de empackado.	2.20 min	1.78 min
	Colchones que pueden ser procesados por hora.	27	33

Fuente: Elaboración propia.

Al eliminar los tiempos que se emplean en esta estación de trabajo en el transporte tanto de materiales a procesar como de materiales procesados, se obtiene una reducción de 0.42 min. Esta reducción del tiempo de procesamiento se vería reflejada en un aumento de capacidad de 6 colchones por hora, es decir, se podrían procesar 33 colchones por hora. Si se analiza la capacidad de procesamiento de la estación de trabajo en una jornada laboral, se obtendría que:

$$\text{Colchones empacados al día} = \frac{390 \text{ min}}{1.78 \frac{\text{minutos}}{\text{colchón}}} = 219.1 \approx 219 \text{ colchones .}$$

De esta manera, se corrobora que los colchones que podrían ser procesados en esta estación de trabajo al día sería de 219. Es decir, 42 colchones más que con el proceso actual.

Para concluir esta sección, en la tabla 44 se resume la capacidad de producción actual por hora vs la capacidad de producción con la implementación de las propuestas en las estaciones de trabajo

seleccionadas. Es preciso realizar la aclaración que para la estación de tapas acolchadas se muestra la capacidad de tapas que se producen por hora partiendo del hecho de que se necesitan dos tapas acolchadas para la realización de un colchón.

Tabla 44.

Resumen de la capacidad de procesamiento actual VS propuesta.

Estación de trabajo.	Piezas producidas por hora.	
	Actual.	Propuesto.
Tapas acolchadas.	28	46
Confección.	33	37
Cerrado (Proceso de forrado de láminas)	64	108
Cerrado (Proceso de cerrado)	34	40
Empacado.	27	33

Fuente: Elaboración propia.

8.2.2.4 Cálculo de operarios necesarios en las estaciones de trabajo seleccionadas.

Con el fin establecer si es necesaria la contratación de los dos operarios que realicen la labor de patinador en las estaciones de trabajo estudiadas, se calculará la cantidad de operarios que se requieren para la realización de los procesos productivos en estas estaciones de trabajo. De esta forma, se partirá de la cantidad de piezas por hora que se deberán producir con base en la cantidad de colchones que pueden ser empacados en la estación de empacado, ya que esta es la estación con la tasa de producción más baja por hora.

En la tabla 45 se expone el cálculo en cada estación de trabajo. Tal como se puede observar, en la estación de cerrado, en el proceso de forrado de láminas, se tienen dos operarios realizando esta labor. Sin embargo, la capacidad de este proceso sobrepasa en gran medida la capacidad de la estación de empacado, por cual, se considera que hay un operario que se puede utilizar para desarrollar otras actividades. Aunque se cuente con un solo operario realizado el proceso de

forrado de láminas, la capacidad del proceso está muy por encima de la estación que define el ritmo de las actividades. De este modo, el número de operarios que se requieren en cada estación queda establecido, de tal forma que los procesos de dichas estaciones trabajen en pro de mantener a los operarios de empaqueo con suficiente material para que este proceso trabaje ininterrumpidamente.

Tabla 45.

Operarios necesarios en las estaciones de trabajo estudiadas.

Estación de trabajo.	Tiempo estándar/pieza (min).	Operarios actuales.	Operarios necesarios.	Piezas por hora (propuesto).
Tapas acolchadas.	1.28	1	1	46
Confección.	4.78	3	3	37
Forrado de láminas.	1.1	2	1	54
Cerrado colchones.	2.92	2	2	40
Empaqueo.	1.78	2	2	33

Fuente: Elaboración propia.

Así pues, se establece uno de los dos operarios que se requieren para la realización de las actividades de patinador en las estaciones de trabajo. En cuanto al segundo operario, resulta necesaria la contratación de un nuevo trabajador en la empresa. En la sección del análisis financiero se establecerá la inversión por parte de Espumas Santafé de Bogotá en dicha contratación y el tiempo en el cual se verán los frutos del proyecto. De este modo se da cabida a un aumento de la producción de la empresa, ya que su capacidad de producción aumentaría en al menos un 20% con la implementación de las propuestas 1 y 2.

8.2.5 Propuesta 3. Nivelación de la producción (Heijunka) e implementación de Kanban para controlar el flujo de materiales.

Tal como se expuso en la sección de identificación de los desperdicios que se presentan en la empresa, los altos niveles de inventario y la sobreproducción tienen lugar en todas las estaciones

de trabajo. Sin duda alguna estos desperdicios son de los principales causantes de los altos costos de producción en cualquier compañía. Con la estandarización de los procesos, se tiene conocimiento de la capacidad de producción y de los tiempos de respuesta al cliente. De este modo, se puede hacer una mejor planificación de la producción para mantener una producción nivelada y disminuir los altos niveles de stock. Adicionalmente, mediante las propuestas 1 y 2 se establecen las bases para que la empresa pueda aumentar la producción en al menos un 20%.

Partiendo de esto, y con base en los principios de la Manufactura Esbelta, se sugiere adoptar un sistema de producción “*pull*” o “*jalar*”, con el fin de limitar la producción a la necesidad del consumidor y no a pronósticos. En la empresa Espumas Santafé de Bogotá se sugiere, en primera instancia, implementar un Kanban a nivel general, es decir, un sistema de tarjetas que controlen los niveles de producción en todas las estaciones de trabajo, llevando así un control de cada uno de los procesos y el nivel de piezas producidos en cada hora de trabajo en cada estación. Con la implementación de Kanban, se nivela la producción, lo que va de la mano con la herramienta Heijunka. Debido a esto, a continuación, se exponen las etapas que se deben seguir para la implementación de un sistema Kanban y Heijunka en Espumas Santafé de Bogotá:

Etapas 1: Capacitación.

La capacitación es indispensable, ya que todo nuevo proceso debe iniciar con la preparación del personal para su buen funcionamiento. Es por ello por lo que se debe capacitar a todas las personas involucradas para la implementación tanto de Kanban como de Heijunka. Inicialmente se debe crear un equipo conformado por jefes de producción y operarios, este será el primero en conocer los principios y beneficios de las herramientas, para luego capacitar al resto de personal. Es indispensable concientizar a todos los trabajadores sobre la importancia de producir en

pequeños lotes, de tal forma que se consiga un flujo de producción constante, un tiempo menor de respuesta y una mayor flexibilidad para atender la demanda cambiante.

La capacitación debe cumplir con el objetivo de facilitar la identificación y comprensión de los conceptos básicos de la herramienta Kanban, proporcionando la transferencia de estos conocimientos al puesto de trabajo.

Etapa 2: Establecer el alcance de las herramientas.

Es preciso reconocer las estaciones de trabajo que serán acotadas por las herramientas. En este caso, se sugiere la implementación de la herramienta en todas las estaciones de trabajo. Partiendo de allí, se establece que el objetivo de Kanban es el de controlar la producción mediante la integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema *Just in Time*, en el cual los materiales llegarán en la cantidad requerida y en el tiempo establecido a cada estación de trabajo.

En este orden de ideas, el objetivo de la implementación de las herramientas Kanban y Heijunka en Espumas Santafé de Bogotá S.A es la integración de los procesos de las estaciones de trabajo de tal forma que los materiales lleguen en la cantidad requerida y en el tiempo estipulado en cada etapa del proceso de producción de colchones.

Etapa 3: Actividades a realizar para la correcta implementación de Kaban y Heijunka.

La implementación de un sistema Kanban, el cual va ligado a la nivelación de la producción, debe cumplir con ciertas reglas con el fin de que se pueda garantizar su correcto funcionamiento. Para ello, es necesario que en la empresa se desarrollen las siguientes actividades:

Tarea 1: No se debe enviar producto defectuoso a los procesos subsecuentes.

- El proceso que ha producido un producto defectuoso, debe descubrirlo inmediatamente.

- Si se encuentra un defecto, se deben tomar medidas para prevenir que este vuelva a ocurrir.
- El defecto descubierto debe ser divulgado al personal implicado y no se debe permitir la recurrencia de dicho defecto.

Tarea 2: los procesos subsecuentes requerirán solo lo necesario.

- No se debe requerir material sin la utilización de una tarjeta Kanban.
- El número de artículos que sean requeridos no deben exceder el número Kanban admitidos.
- Una etiqueta Kanban debe acompañar cada artículo.
- Ya no se surtirán a los procesos subsecuentes, en cambio los procesos subsecuentes pedirán a los procesos anteriores la cantidad necesaria, en el momento adecuado, esto con el fin de mantener un flujo ininterrumpido de materiales.
- Enviar única y exactamente la cantidad solicitada en la tarjeta Kanban.

Tarea 3: Producir solamente la cantidad exacta que fue requerida por el proceso subsecuente.

- No producir más que el número de Kanbans.
- Producir en la secuencia en la que los Kanban son recibidos.

Tarea 4: Balancear la producción.

- Mantener al equipo y a los trabajadores de tal manera que puedan producir materiales en la cantidad necesaria, en el momento necesario.

- El proceso subsecuente debe solicitar los materiales de manera continua respecto al tiempo y la cantidad en la que pueden ser procesados.

Tarea 5: Kanban es un medio para evitar especulaciones.

- Kanban es la fuente de información para la producción, así se evita procesar más material del necesario evitando las ordenes erróneas entre estaciones de trabajo.
- No se permite especular sobre las necesidades de material de los procesos subsecuentes.
- Los procesos sólo pueden enviar la información contenida en las tarjetas Kanban.

Tarea 6: Estabilizar y racionalizar el proceso.

- Cumplir siempre con las 5 tareas anteriores.

Etapa 4: Establecer el tipo de Kanban a utilizar en las diferentes estaciones de trabajo.

El tipo de Kanban se elige de acuerdo con el tipo de instrucción que el proceso subsecuente envíe el proceso anterior. Si el proceso subsecuente lo que debe hacer es enviar una señal para obtener material, entonces lo que se debe enviar es una tarjeta Kanban de material; si, por el contrario, el proceso subsecuente lo que desea es enviar una señal para iniciar la producción, se emplea un Kanban de producción.

Debido a que la implementación del sistema Kanban se realizará a nivel global, en la empresa se va a utilizar un Kanban de producción para cada estación de trabajo al iniciar la jornada laboral. De esta forma, se busca que cada todas las estaciones de trabajo tengan pleno conocimiento de la cantidad de material que debe producir cada estación de trabajo para evitar así el procesamiento de materiales que no son requeridos para la producción del día. Posteriormente, a medida que transcurra la jornada laboral, se utilizarán Kanban de material para decirle al proceso anterior el

tipo de material que se va a procesar en la siguiente hora de trabajo. En la Figura 28 se muestra cómo sería el flujo de la información entre estaciones de trabajo con las tarjetas Kanban.

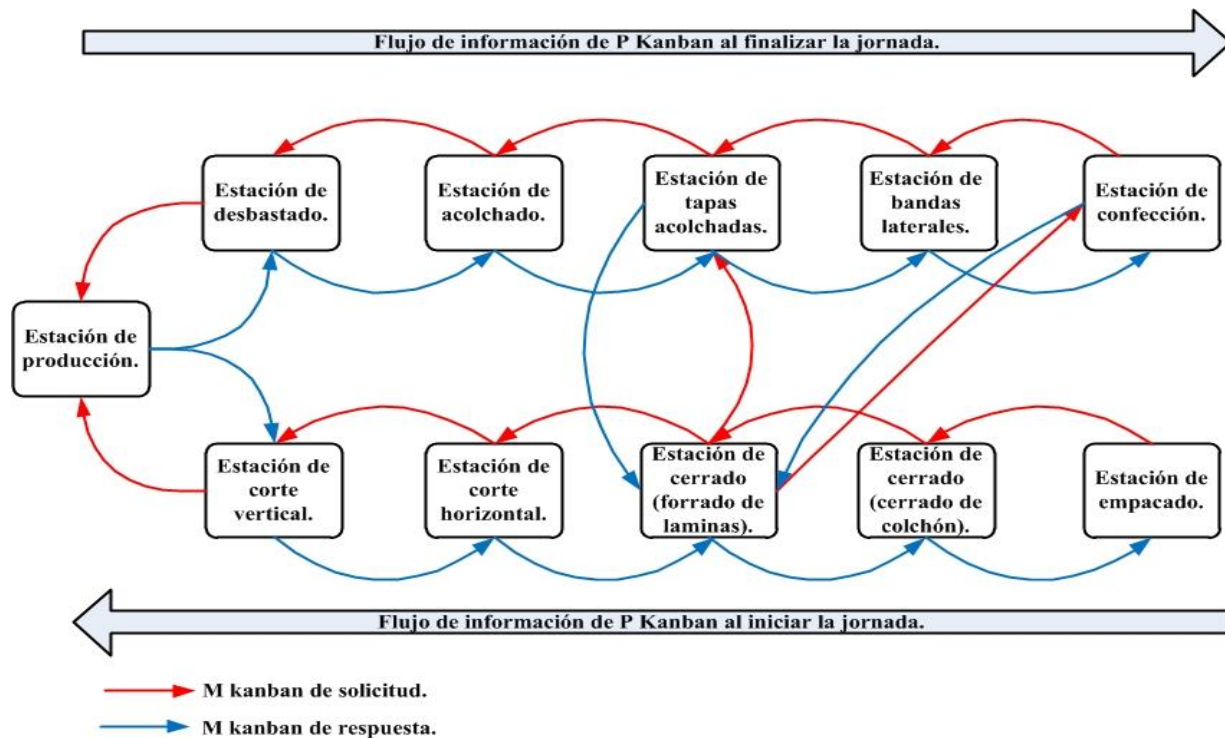


Figura 28. Flujo de información de las tarjetas Kanban.

Fuente: Elaboración propia.

Para efectos prácticos de la presentación de las etiquetas Kanban, se define que el Kanban de producción se identificará como P Kanban, mientras que el Kanban de materiales se identificará como M Kanban. Así pues, queda establecido la manera en la que se emplearán las tarjetas Kanban. A continuación, se procederá a diseñar las etiquetas. Para ello, se identificó la siguiente información como necesaria:

- Nombre/Código del producto: Referencia del colchón a producir.
- Cantidad requerida: Número de colchones a producir de dicha referencia.
- Unidad de medida: referencia de las dimensiones del colchón, es decir, 1 metro, Calibre 25; 1.2 metros, Calibre 20; 1.4 metros, Calibre 17; etc.

- Medida estándar o especial: Si el colchón a producir es de las medidas estándares o con tamaño diferente.
- Lugar de almacenamiento del producto una vez es terminado.
- Secuencia de producción/ensamblaje del producto.

En las figuras 29 y 30 se muestra el prototipo de las tarjetas Kanban. En la tarjeta P Kanban se define un inventario final del día. El objetivo de esto es que se mantenga un nivel de stock que garantice que, en la siguiente jornada laboral, todas las estaciones de trabajo cuenten con material suficiente para procesar al iniciar la jornada de trabajo. El nivel de stock será establecido con base en la capacidad de procesamiento que tenga la siguiente estación de trabajo en un lapso de una hora.

Descripción del producto.								Proceso actual.	
Tipo de colchón.				Cantidad de Piezas					
Estándar		Especial		Largo	Ancho	Solicitadas	Producidas		
Dimensiones:									
Descripción del material.								Proceso anterior.	
Lugar de almacenamiento				Hora solicitud					
Tarjeta Número:				Hora respuesta					
Operario encargado:								Fecha:	

Figura 29. Modelo tarjeta Kanban de material o “M Kanban”.

Fuente: Elaboración propia.

Descripción del producto.								Tarjeta Número:	
Tipo de colchón.									
Estándar		Especial		Dimensiones.		Cantidad de Piezas			
Estación de trabajo				Largo	Ancho	En almacén	A producir		
1. Producción.								Proceso:	

1. Corte vertical.					
2. Corte horizontal.					
3. Desbastado.					Proceso siguiente:
4. Acolchado.					
5. Tapas acolchadas.					
6. Bandas laterales.					Inventario final día
7. Confección.					
8. Forrado de láminas.					
9. Cerrado.					Fecha:
10. Empacado.					

Figura 30. Modelo tarjeta Kanban de producción o “P Kanban”.

Fuente: Elaboración propia.

Ya elaborados los prototipos de las tarjetas Kanban, se debe reunir a los operarios de cada estación de trabajo y verificar paso a paso, en cada operación del proceso de producción, si la información que contienen las tarjetas, el operario encargado de cada estación podría dar trámite al proceso de manera usual, sin llegar a confundirse. En el caso de encontrar algún tipo de información omitida, se debe incluir y posteriormente volver a verificar hasta que la tarjeta contenga toda la información necesaria.

Etapas 5: Entrenamiento del personal en cuanto a su rol en el funcionamiento de Kanban y realización de pruebas piloto.

Debido a que el personal ya cuenta con conocimientos acerca de la herramienta debido a que esa es la primera etapa de su implementación, solo resulta necesario puntualizar funciones de acuerdo con los puestos de trabajo en el sistema de producción. De este modo, cada operario debe ser responsable de cumplir las pautas establecidas en cuanto al funcionamiento de Kanban tales como el cumplimiento de las tareas preestablecidas, el envío de información y material de acuerdo con las tarjetas.

Posteriormente se deben realizar pruebas para corroborar que el funcionamiento de la herramienta es adecuado para iniciar, debido a que a medida que se va implementando, van surgiendo mejoras. Se estipula que por lo menos durante una semana se desarrollen las actividades con este sistema con el fin de recopilar la siguiente información:

- Resultados obtenidos en la estación de trabajo (propia).
- Inconvenientes presentados en su área de trabajo y los observados en las demás áreas.
- Propuestas de solución a los inconvenientes o propuestas de mejora (en caso de que las haya).

Posterior a esto, consolidar la información proporcionada por los operarios, generar las conclusiones obtenidas a partir de esta y finalmente divulgar dichas conclusiones con los operarios. Este proceso se debe repetir las veces necesarias hasta que se obtengan resultados satisfactorios para que de esta forma se dé puesta en marcha con la implementación total de la herramienta.

Etapa 6: Revisión y monitoreo de los logros alcanzados.

El seguimiento que se debe realizar al funcionamiento de la herramienta Kanban tiene el objetivo de determinar si esta está disminuyendo o eliminando los desperdicios que se presentan en la empresa. Para ello, resulta necesario la construcción de al menos dos indicadores que le permitan a la empresa controlar el grado de avance de la herramienta. Pueden ser indicadores referentes a los niveles de inventario entre estaciones de trabajo, defectos en los productos, tiempos de espera entre cada proceso, cumplimiento de las tareas establecidas, efectividad del entrenamiento en la herramienta y cualquier otro indicador que los operarios y el jefe de producción consideren pertinentes.

Finalmente, se debe divulgar entre todos los involucrados los logros que se han alcanzado e ir estableciendo la viabilidad de las propuestas de mejora que surgirán a partir de la revisión constante del funcionamiento de la herramienta y de la cultura de la mejora continua.

8.2.6 Propuesta 4. Implementación de la cultura Kaizen.

Con el fin de mantener las primeras dos propuestas y de complementar la implementación de Kanban, la cultura Kaizen resulta ser clave ya que permite que la empresa se encuentre en constante evaluación de sus procesos, permitiendo así identificar en qué aspectos se presentan inconvenientes para que de esta forma se inicien planes de mejoramiento para corregir dichos inconvenientes. Así pues, tratándose el Kaizen de una herramienta que orienta a la mejora continua en determinados procesos en donde se desee aplicar, se ha convertido en una de las técnicas que permite un “feedback” respecto a los resultados de mejora que han sido implementados en el proyecto piloto.

La estructuración de la propuesta de mejoramiento basada en la herramienta Kaizen se va a diseñar con base en el paso a paso para lograr que su implementación sea efectiva. A continuación, se presenta las dos propuestas de mejoramiento que se basan en la herramienta Kaizen.

8.2.2.4.1 Equipos de mejora Kaizen.

En la sección de diagnóstico de los desperdicios que se presentan en la empresa, se identificaron mudas debido a reprocesos, los cuales tienen lugar debido a que los materiales no cumplen con los estándares de calidad o porque se procesa más material del necesario para la producción del

día. Esto sucede debido a que no existe una metodología y controles estándares que reduzcan el riesgo operativo y que genere reprocesos durante el ciclo de trabajo.

Para la estructuración de esta propuesta de mejora, la cual se divide en tres etapas, se partió de la información expuesta por Rodriguez, (2011) en su tesis *“Propuesta de mejoramiento para el proceso de clasificación de una plataforma cross-docking mediante el uso de herramientas lean Manufacturing”*. Las etapas son las siguientes:

Etapa 1: Capacitación.

Al igual que se estableció durante la propuesta de la herramienta Kanban, resulta importante partir de un entrenamiento de los operarios de la planta de producción porque permite tener éxito en cualquier implementación de herramientas ya que se logra que las personas se apropien de los conceptos, metodología y realicen esfuerzos por alcanzar los objetivos propuestos con el cambio.

La capacitación será dada por el jefe de producción el cual se especializará en las herramientas del Lean Manufacturing, tal como lo hará con las capacitaciones de la herramienta Kanban, también se enfocará la herramienta Kaizen, en sus beneficios y forma de implementación.

Partiendo de estos conceptos se logrará vincular a los trabajadores a un compromiso hacia el mejoramiento continuo al sentirse parte del cambio que se quiere realizar.

Etapa 2: Formación de equipos de trabajo.

El objetivo es armar equipos de trabajo con el fin de identificar las problemáticas que se están presentando actualmente cada estación de trabajo y de este modo poder generar alternativas de mejora. Los equipos de trabajo serán organizados por un número de 8 personas. En la tabla 46 se definen los roles de cada una de las personas que intervienen en los equipos de trabajo. De este

modo, queda establecida las labores de cada uno de los miembros del equipo de mejoramiento Kaizen, dando paso a la siguiente etapa.

Tabla 46.

Roles del equipo de mejoramiento Kaizen.

Rol.	Funciones.
Coordinador.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar las decisiones. 2. Apoyar los esfuerzos realizados por el equipo de trabajo. 3. Enfocarse en el contenido y establecer la mejor alternativa.
Facilitador.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se enfoca principalmente en los procesos. 2. Ayuda al coordinador a obtener los recursos necesarios para hacer más en menos tiempo. 3. Promover el trabajo en equipo, la confianza para trabajar y siempre busca dar un enfoque positivo de ganar/ganar. 4. Entender los procesos, las necesidades y las oportunidades de mejora. 5. Dirigir, direccionar y presionar al equipo de trabajo en pro de los objetivos.
Miembros	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contribuir con ideas debido a su experiencia en las actividades que desarrollan diariamente. 2. Cumplir con las tareas establecidas para mejorar los procesos.

Fuente: Elaboración propia.

Etapas 3: Pasos para un evento Kaizen.

El siguiente paso consiste en planear las fases en las cuales se desarrolla un evento Kaizen, por lo cual dentro de la estructuración de esta alternativa se definen en cada uno de los pasos cual es la acción para seguir.

- Identificar desperdicio: El primer paso a realizar es detectar las mudas que se están generando actualmente en los procesos en la empresa. El equipo de trabajo deberá establecer qué otras oportunidades de mejora se pueden encontrar.

- Evaluar las ideas de mejora: Partiendo de la información que se obtiene sobre las oportunidades de mejora en la planta de producción, el grupo de trabajo tiene que generar una lluvia de ideas donde se planteen alternativas que mejoren la situación actual en la que se está desarrollando la operación.
- Revisión realista: Con base en las alternativas generadas por las personas que desarrollan las operaciones y que diariamente están en contacto con las actividades, se deben escoger las que ideas que cumplan y satisfagan las necesidades actuales del proceso. Por esta razón hay que definir criterios de evaluación de las alternativas generadas con el fin de escoger el mejor acorde a la situación actual de la compañía en cuanto a costos y prioridades.
- Realizar los cambios: Una vez se ha seleccionado la(s) mejor(es) alternativa(s) para implementar, es necesario realizar los cambios que se consideren necesarios para la aplicación de las mejoras. Posteriormente resulta necesaria la verificación del funcionamiento de esta(s) alternativa(s) mediante el seguimiento del comportamiento de estas. Se debe corroborar se estén realizando de acuerdo con lo establecido y que estén cumpliendo el objetivo con el cual se hicieron.
- Medir resultados y realizar un estándar: Luego que se ha realizado un seguimiento periódico a los cambios generados, hay que realizar una segunda medición, la cual va a permitir contrastar la situación actual con la situación inicial respecto a los cambios que se generaron, si se logró alcanzar el objetivo deseado, es decir, que las mudas del proceso se eliminaron o redujeron, generando una mayor efectividad al proceso. Cuando se cumplan las condiciones establecidas, se debe documentar el proceso con los nuevos cambios para lograr que sea un documento estándar para toda la organización, con el

objetivo que sea una información de conocimiento para todas las personas que directa o indirectamente participan en el proceso.

Etapa 4: Ciclo PHVA aplicado a las mejoras planteadas por el grupo Kaizen.

Para un buen funcionamiento de la herramienta Kaizen, es necesario basarse en el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar). Debido a esto, resulta importante que cada uno de los trabajadores reporten los problemas, mudas y oportunidades de mejora que se identifiquen en cada estación de trabajo. Para ello se diseña un formato en el cual una vez identificada la situación se diligencia la información correspondiente y se entrega al equipo de trabajo Kaizen para que sea estudiada y analizada, con el fin de encontrar soluciones a los problemas presentados en el desarrollo de las operaciones.

A partir de la información reportada de las oportunidades de mejora, se debe analizar la forma en la que se solucionará dicha problemática. La herramienta Kaizen busca utilizar el ciclo PHVA donde:

- Planificar: Una vez identificada la oportunidad de mejora, se realiza un análisis de las alternativas a implementar y se debe escoger la que más se adapte a las necesidades de la empresa. Seguido a este paso se diseña la forma en que se debe implementar para que sea eficiente, los recursos a utilizar y el tiempo que se espera alcanzar los objetivos propuestos.
- Hacer: Una vez organizada la metodología a seguir el siguiente paso es realizar la implementación de la alternativa escogida. Se asignan los recursos y se generan los cambios planeados. Se debe realizar una capacitación para que todas las personas involucradas tengan conocimiento de los cambios realizados.

- Verificar: Para asegurar que el cambio implementado fue efectivo, hay que realizar una segunda medición y verificar que tan eficiente han sido los cambios realizados en el proceso, como resultado de este control se obtiene acciones de mejora y objetivos cumplidos.
- Actuar: Con base en los resultados obtenidos de los controles aplicados para verificar la efectividad de los cambios se detectan actividades que necesitan ser mejoradas, para las cuales se diseñan planes de acción que ayuden a mitigar los errores que se siguen presentando en el proceso.

En la Figura 31 se expone el formato que utilizarán los operarios para reportar las oportunidades de mejora. De este modo, se han establecido ya las propuestas de mejora para los procesos productivos de la empresa Espumas Santafé de Bogotá zona Caribe. Por lo tanto, en el siguiente capítulo se procede a realizar la validación de dichas propuestas.

FORMATO DE REPORTE DE OPORTUNIDAD DE MEJORA. ESPUMAS SANTAFÉ DE BOGOTÁ S.A.			
Nombre del empleado			
Cargo		Área de trabajo	
Fecha de reporte		Fecha descubrimiento	
Operación donde se detectó.			
Descripción del evento:			
Ideas para mejorar el evento:			
Firma del trabajador.			
Firma de quien recibe.			

Figura 31. Formato de reporte de oportunidad de mejora.

Fuente: Elaboración propia.

Para resumir lo expuesto en esta sección, inicialmente se analizaron las herramientas Lean para determinar cuáles podrían ser utilizadas para las oportunidades de mejora identificadas. Luego de esto se definió la cultura organizacional que se requiere para una buena implementación de la filosofía Lean y seguidamente se priorizaron los problemas que se atacarían con las herramientas seleccionadas. Posteriormente se establecieron los fundamentos de las herramientas Lean y subsecuentemente se definieron las etapas por seguir en la aplicación de las herramientas. Finalmente se desplegaron las propuestas de mejora partiendo de la estandarización de procesos, abordando la nivelación de la producción y terminando en la implementación de la cultura Kaizen. De este modo se da pie a la siguiente sección, en la cual se evaluarán las propuestas realizadas mediante la simulación de los posibles escenarios que se pueden presentar mediante la herramienta Arena.

9 Evaluación de las propuestas mediante simulación.

Con el fin de evaluar las propuestas presentadas en el apartado anterior, se utilizará un análisis de escenarios empleando la herramienta Arena®. De las propuestas sugeridas en el capítulo anterior surgen tres escenarios que serán evaluados uno a uno para evaluar su posibilidad. El primer escenario analiza la viabilidad de estandarizar los procesos con un solo operario realizando el proceso de forrado de láminas y otro realizando la labor de patinador. El segundo escenario se centra en estudiar la factibilidad de la implementación de los dos operarios realizando el proceso de patinaje basados en las propuestas 1 y 2. En el tercer escenario se evalúa si es concebible el aumento de la producción en la planta en un 20%. A continuación, se expondrá cada escenario:

Escenario 1: Viabilidad de un operario realizando el proceso de forrado de láminas.

En este escenario se abarcarán la primera propuesta: “Eliminación de tiempos de espera por parte de la máquina cortadora durante el proceso de corte de tapas acolchadas” en conjunto con la segunda propuesta “Eliminación de los tiempos de transporte entre las estaciones de tapas acolchadas, confección, cerrado y empaçado”.

Para analizar este escenario se realizarán los cambios necesarios en el modelo de simulación expuesto en la sección 6.6. Inicialmente, se estandarizarán los procesos en la forma en la que se expusieron en las propuestas y adicionalmente se evaluará un escenario en el cual se asigna un solo operario para realizar el proceso de forrado de láminas, con el fin de establecer si es viable la utilización del otro operario para realizar la labor de patinador tal como se presentó en las propuestas 1 y 2.

Con el fin de determinar lo dicho anteriormente, se analizará en primera instancia el porcentaje de utilización de los operarios con el proceso como funciona actualmente. Posteriormente se

comparará con el funcionamiento del proceso cuando la labor de forrado de láminas se realice con un solo operario.

Es necesario recalcar que se tendrá en cuenta el tiempo promedio que tarda una orden en el sistema con el fin de verificar si se retrasan, o no, los pedidos con los cambios realizados. Para esto se deja en claro que una orden actualmente tarda en sistema un promedio de 32.09 horas (tiempo expuesto en la sección 6.6). Como se puede observar en la figura 32, donde se muestra el porcentaje de utilización de los dos operarios con el proceso actual, hay recursos que se encuentran por encima del 100% de su capacidad diaria (como es el caso del operario de corte de tapas, el cual tiene un porcentaje de utilización de 170% ya que en esta estación de trabajo el operario debe esperar hasta que se encuentren rollos de espuma disponibles y debe esperar por ellos). Esto se debe a que no completan la programación del día dentro de las 8 horas de la jornada laboral y deben quedarse horas extras para cumplir con la programación.

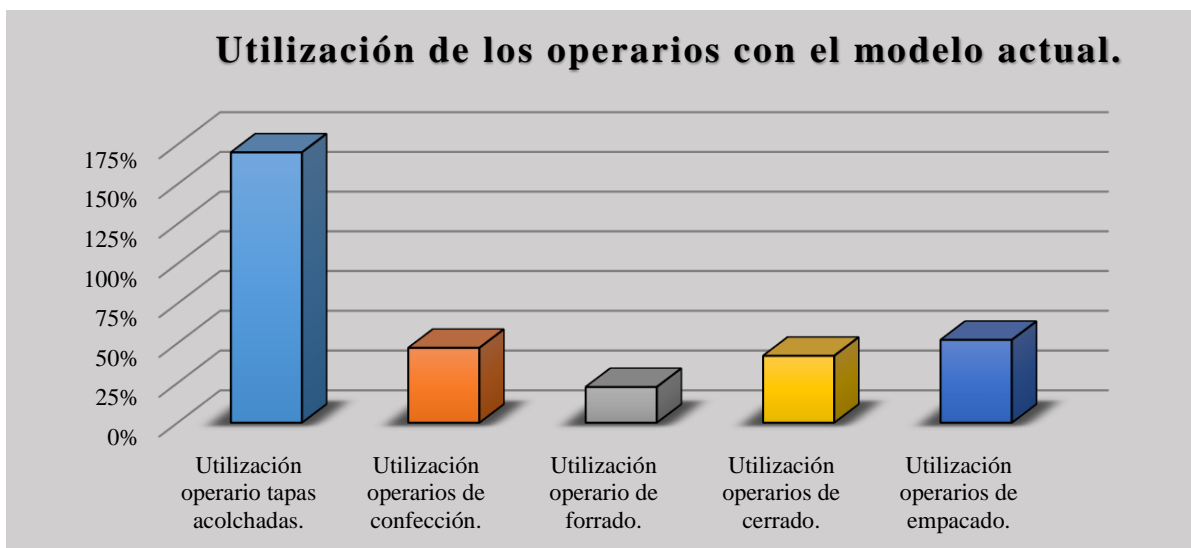


Figura 32. Gráfica de utilización de los recursos con el modelo actual.

Fuente: Elaboración propia.

Como en este escenario se evalúa el comportamiento de los operarios de forrado (Operario de forrado 1 y operario de forrado 2), se puede evidencia en la figura 31 que ambos operarios

manejan un nivel de utilización del 22.4%. Esto quiere decir que la capacidad de los operarios no está siendo utilizada en su totalidad. Esto puede deberse a motivos tales como la falta de insumos para procesar, o a que se cuentan con más operarios de los necesarios para realizar esta labor.

Ahora se analizará el porcentaje de utilización si se cuenta con un solo operario realizando el proceso de forrado de láminas. Para ello se muestra el porcentaje de utilización de los recursos de esta forma en la figura 33. Al examinar la utilización de los recursos se puede ver que el comportamiento de los demás operarios se asemeja al comportamiento con los dos operarios de forrado, y la utilización del operario del proceso de forrado fue del 37.1%. Esto quiere decir que su nivel de utilización aumentó en un 14.7%.

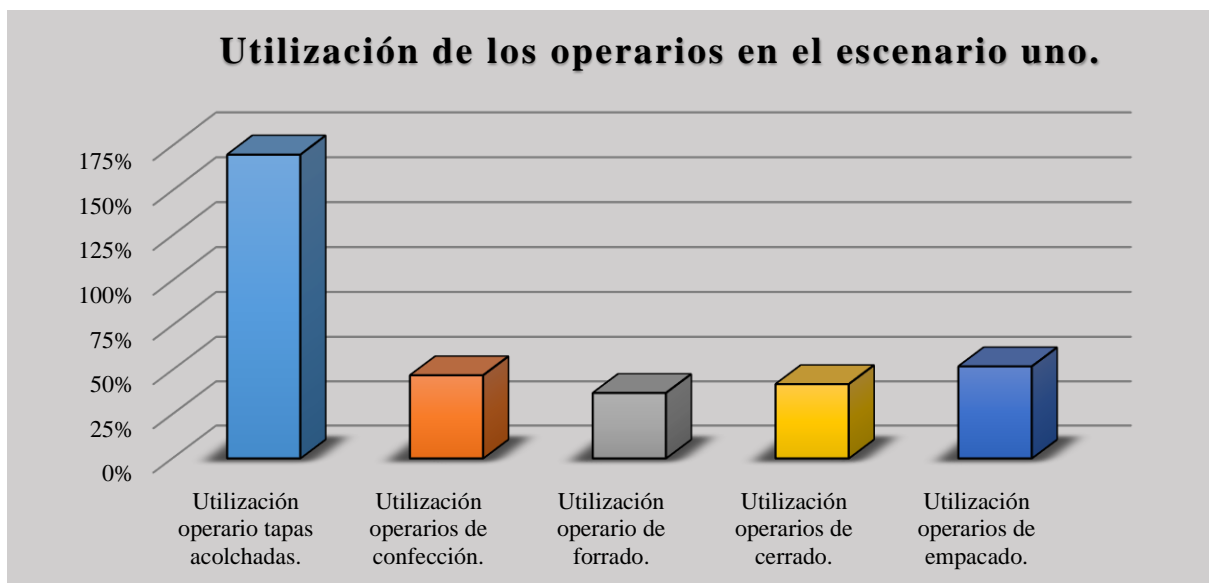


Figura 33. Gráfica de utilización de los recursos en el escenario 1.

Nota: Fuente: Arena®

Al evaluar el tiempo promedio que tarda una orden en sistema, con el proceso realizado por un solo operario, se pudo observar que este se mantiene estable. Es decir, que, con este cambio, el tiempo promedio fue de 32.2 horas. La diferencia es de 0.11 horas. El modelo se comporta de manera semejante al proceso actual. Con base en lo descrito anteriormente se puede corroborar

que el operario de forrado 2 es prescindible, y por lo tanto se puede utilizar para realizar la labor de patinador.

Escenario 2: Viabilidad de dos operarios realizando la labor de patinador con la demanda actual.

En el escenario anterior se estableció que el proceso de forrado de láminas de espuma puede ser desarrollado por un solo operario, por lo que se puede emplear el operario sobrante para que realice la labor de patinador. En este apartado se terminará de evaluar la viabilidad de las propuestas 1 y 2 al asignarle a dos patinadores (el trabajador prescindible del proceso de forrado y un operario adicional que se contratará para esta labor) la tarea de transportar los insumos entre las estaciones de trabajo estudiadas, se disminuye el nivel de utilización de los recursos de dichas estaciones. Para esto también se tendrá en cuenta el tiempo promedio que tarda una orden en sistema, ya que, al agilizar los procesos, este debería ser menor.

Al igual que en el capítulo 6.6, resulta necesaria establecer un número de réplicas determinadas con el fin de obtener unos resultados confiables. Se utilizará la misma fórmula para calcular el número de réplicas con base en el ancho medio de los datos a analizar. Inicialmente se realizaron 30 réplicas con el fin de obtener un valor del ancho medio confiable. A partir de las réplicas iniciales se elaboró la tabla 47, en la cual se presenta el número de réplicas necesarias para obtener datos confiables de cada recurso y se estableció que el ancho medio deseado es de 1 hora. Con base en la tabla 47 se determinó que el número de réplicas necesarias es de 43.

Tabla 47.

Cálculo del número de réplicas del modelo de simulación mejorado.

Recurso.	Ancho medio inicial.	Tamaño N
Operario de pesaje	0.10	1
Operario de preparación 1.	0.10	1
Operario de preparación 2.	0.10	1
Operario de preparación 3.	0.10	1
Operario de corte vertical.	0.52	8
Operario de corte horizontal.	0.79	19
Operario de acolchado 1.	0.75	17
Operario de acolchado 2.	0.2	1
Operario de corte de tapas.	1.16	41
Operario bandas laterales.	0.11	1
Operario de confección 1.	0.3	3
Operario de confección 2.	0.3	3
Operario de confección 3.	0.3	3
Operario de forrado.	0.98	29
Operario de cerrado 1.	1.2	43
Operario de cerrado 2.	0.86	23
Operario de empacado 1.	0.2	1.2
Operario de empacado 2.	0.2	1.2
Patinador 1.	1.02	31
Patinador 2.	0.6	11

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el experimento con el número de réplicas necesarias para obtener una muestra confiable, se pudieron obtener los datos del nivel de utilización de los operarios. Estos son presentados en la figura 34, en donde se evidencia la reducción de la utilización de los recursos.

En el proceso de corte de tapas acolchadas se puede ver que la utilización del operario se redujo en un 79% al tener un operario que se encargue del proceso de transporte de las tapas acolchadas hasta la estación de confección. Con el fin de demostrar el porcentaje de reducción de la utilización de los operarios se presenta la tabla 48, Utilización de operarios actual VS escenario

2.

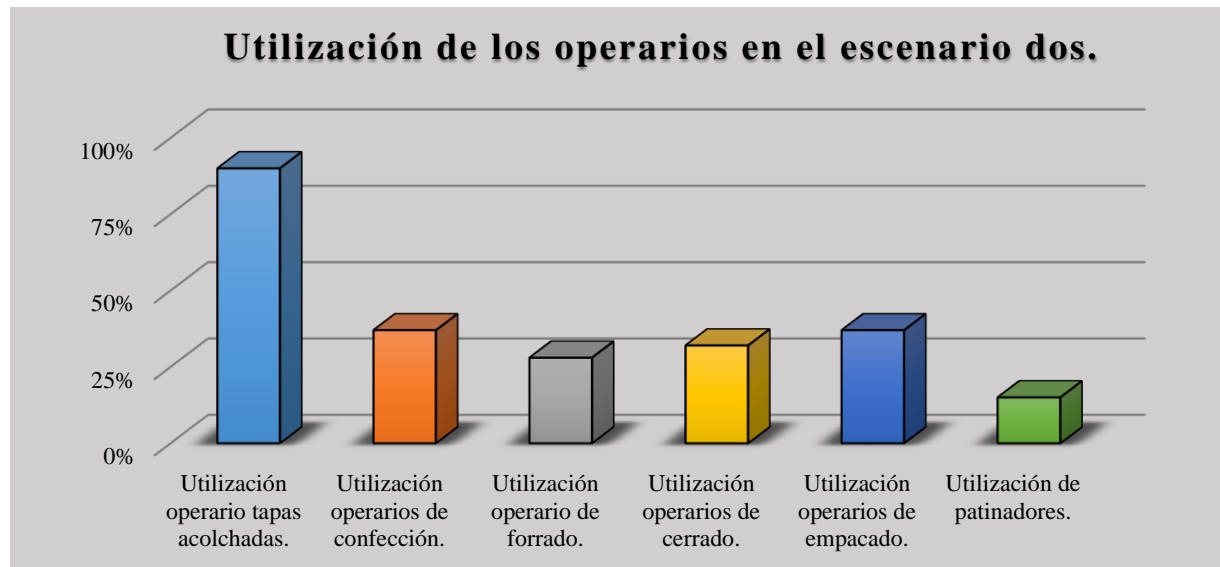


Figura 34. Gráfica de utilización de los recursos en el escenario 2.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48.

Utilización de operarios actual VS escenario 2.

Recurso.	Utilización actual	Utilización escenario 2.	Reducción.
Operario de corte de tapas.	173%	90%	83%
Operario de confección 1.	47%	37%	10%
Operario de confección 2.	47%	37%	10%
Operario de confección 3.	47%	37%	10%
Operario de forrado.	37%	28%	9%
Operario de cerrado 1.	42%	32%	10%
Operario de cerrado 2.	42%	32%	10%
Operario de empacado 1.	52%	37%	15%
Operario de empacado 2.	52%	37%	15%
Patinadores 1 y 2.	-	15%	-

Fuente: Elaboración propia.

De este modo, se evidencia la reducción de la utilización de los recursos fue de al menos un 10%, exceptuando el caso del operario de forrado, cuya utilización se redujo en un 9%. Por otro lado, al analizar el tiempo promedio que tarda una orden en el sistema con el escenario 2, se obtuvo que este es de 28.8 horas, esto quiere decir una diferencia de 3.29 horas. Esto se debe a la reducción del tiempo empleado para la realización de los procesos en las estaciones estudiadas al tener los dos patinadores que se encarguen de entregarle el material sin necesidad de moverse de

su lugar de trabajo. Finalmente se concluye que este tiempo de diferencia en el cumplimiento de las ordenes da lugar a la evaluación de la viabilidad de un aumento de la producción del 20%.

Escenario 3: Viabilidad del aumento de la producción en un 20%.

Como ya se ha establecido que resulta factible el colocar dos operarios a realizar la labor de patinadores, en este escenario se evaluará si la empresa pudiese seguir cumpliendo con el tiempo en el cual cumplen con las ordenes de producción si la demanda de esta se aumenta en un 20%. Esto quiere decir que la demanda que se empleará para este escenario seguirá una distribución Uniforme con un mínimo de 105 colchones y máximo 260.

Para corroborar este escenario se realizará una prueba de hipótesis en la cual se evaluará si el comportamiento del modelo sigue cumpliendo con el tiempo promedio de entrega de una orden del sistema actual (en el capítulo 6.6 se estableció que este es de 33 horas). De esta forma se tiene que:

μ_3 : *Tiempo promedio que tarda una orden en sistema.*

$$H_b: \mu_3 = 33 \text{ horas.}$$

$$H_3: \mu_3 > 33 \text{ horas}$$

Inicialmente se corrió el modelo con los cambios realizados con un número de 10 réplicas.

Luego de observar los resultados obtenidos en cada réplica se obtuvieron los datos presentados en la tabla 49. Partiendo de estos datos y utilizando la fórmula de la prueba de hipótesis utilizada en el capítulo 6.6 se tiene que:

$$\bar{X} = 33.19 \quad \sigma = 2.14 \quad n = 10 \quad \alpha = 0.05$$

De esta forma, se realiza el cálculo de Z de tal forma que:

$$Z = \frac{33.19 - 33}{\frac{2.14}{3.16}} = 0.28$$

Tabla 49.

Tiempo promedio de una orden en sistema con el escenario 3.

Réplica.	Tiempo promedio de una orden en sistema.
1.	35.2
2.	31.8
3.	31.3
4.	33.2
5.	36.5
6.	35.4
7.	34.3
8.	29.6
9.	31.9
10.	32.7
Promedio	33.19
Desviación	$\sigma = 2.14$

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de hipótesis establece que el valor de Z tipificado se encuentra dentro del intervalo de confianza. Esto quiere decir que no se rechaza la hipótesis, de tal forma que el tiempo promedio que tarda una orden en el modelo con las mejoras propuestas se sigue comportando de manera semejante al sistema real. En la figura 35 se muestra el comportamiento de la utilización de los recursos con la implementación del escenario 3.

De esta manera, se da por terminado el capítulo de validación de las propuestas, teniendo como conclusión que las mejoras que se sugieren a la empresa resultan ser viables luego de ser corroboradas mediante la simulación en el software Arena®. A manera de resumen se presenta la Tabla 50, en la cual se comparan la situación actual de la empresa con cada uno de los escenarios.

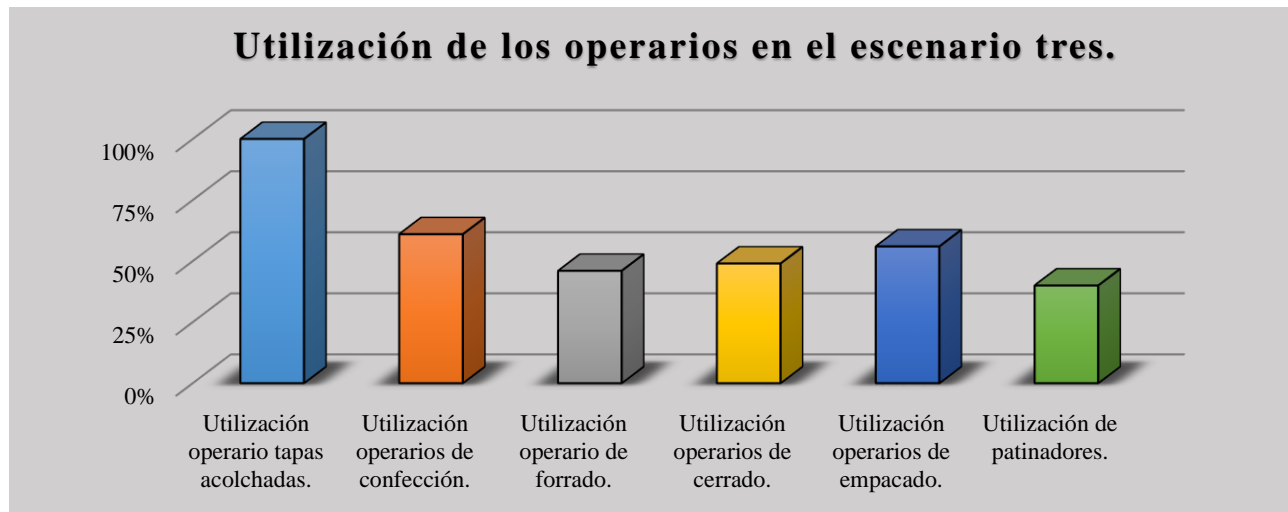


Figura 35. Gráfica de utilización de los recursos en el escenario 3.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50.

Resumen de los escenarios evaluados.

Medida de desempeño.	Escenario.			
	Actual.	Uno.	Dos	Tres.
Tiempo promedio de una orden en sistema.	33 horas.	33 horas	28.8 horas	33.19 horas.
Utilización operario tapas acolchadas.	170%	170%	90%	100%
Utilización operarios de confección.	47%	47%	37%	61%
Utilización operario de forrado.	22.4%	37%	28%	46%
Utilización operarios de cerrado.	42%	42%	32%	49%
Utilización operarios de empacado.	52%	52%	37%	56%
Utilización de patinadores.	-	-	15%	40%

Fuente: Elaboración propia.

De este modo termina esta sección, en la cual se estudiaron los posibles escenarios que pueden surgir a partir de las propuestas de mejora expuestas en la sección 8, concluyendo que estas resultan ser viables ya que se disminuyen los tiempos empleados para el cumplimiento de las

ordenes de trabajo al reducir el tiempo de ciclo de los procesos en las estaciones de trabajo estudiadas. En la siguiente sección se presenta la evaluación financiera de las mejoras propuestas.

10 Evaluación financiera.

El objetivo de esta sección es evaluar el impacto de las mejoras en la productividad de la empresa económicamente hablando, ya que en el apartado anterior se verificó su viabilidad mediante la simulación de diferentes escenarios. Para evaluar financieramente las mejoras propuestas, se deben estudiar las inversiones iniciales que debe hacer la empresa.

En este orden de ideas, se partirá de la evaluación financiera de la empresa en la manera en la que funciona actualmente para después analizar cada escenario y al final se decidirá cuál es el mejor financieramente con base en los resultados obtenidos. Es preciso recalcar que el análisis financiero acota un año de funcionamiento de la herramienta incluyendo los meses necesarios para la capacitación del personal.

10.1 Evaluación del escenario actual1.

Para poder realizar la evaluación de financiera de la forma en la que funciona la empresa actualmente se debe tener en cuenta el precio de venta y de los costos relacionados con la fabricación del producto. En este orden ideas, el precio unitario de venta actual de un colchón es de \$260.128 y el costo que tiene producir un colchón de esta referencia es del 41% del valor del producto. Este costo de fabricación incluye la mano de obra, el trabajo en proceso, los gastos administrativos, la adquisición de materiales, gastos de servicios, costos de funcionamiento, etc. Así pues, se plasma que el porcentaje de ganancia por la venta de cada producto es del 59% del valor del precio de venta.

Partiendo de aquí, se establecerá la capacidad de producción mensual de la empresa en término de unidades producidas al mes. Actualmente la empresa tiene la capacidad de producir 1.363 colchones semanales, lo que se traduce en 5.454 colchones mensuales. Esta cantidad producida le permite a la empresa tener un rubro de \$837.055.486.08 al mes. Con base en esta información se realizará el flujo de fondos que tiene la empresa durante un año, teniendo en cuenta la tasa de inflación del año 2020, que, según Banco de la República, (2019), será del 3.8%. Para el ejercicio se tomó el precio del colchón para el año en curso y se aumentó la inflación pronosticada para el año 2020, por lo tanto, el precio de un colchón sería de \$270.012. Sobre este valor se calcula entonces el margen de utilidad sacando los gastos operacionales y no operacionales en los que se incurre al momento de producir un colchón, de tal forma que dicha utilidad sería de \$159.307. De este modo, la tabla 51 exhibe el comportamiento del flujo de fondos que se tendría durante el año del proyecto con la situación actual de la empresa.

Tabla 51.

Flujo de fondos actual de la empresa.

MES	FLUJO DE FONDOS.
1. Octubre 2019	\$837.055.486.08
2. Noviembre 2019	\$837.055.486.08
3. Diciembre 2019	\$837.055.486.08
4. Enero 2020	\$868.863.594.55
5. Febrero 2020	\$868.863.594.55
6. Marzo 2020	\$868.863.594.55
7. Abril 2020	\$868.863.594.55
8. Mayo 2020	\$868.863.594.55
9. Junio 2020	\$868.863.594.55
10. Julio 2020	\$868.863.594.55
11. Agosto 2020	\$868.863.594.55
12. Septiembre 2020	\$868.863.594.55
Total.	\$10.330.938.809.20

Fuente: Elaboración propia.

De este modo, el rubro que obtendría la empresa al finalizar el año que acota este proyecto sería de \$10.330.938.809.20. Utilizando la fórmula del valor presente neto para establecer cuánto le representaría a la empresa este dinero actualmente, se obtuvo que sería un total de \$9.030.738.299.58. Habiendo establecido esto, se da paso para la evaluación del primer escenario exhibido en el apartado anterior.

10.2 Evaluación del escenario 1.

En primera instancia se debe evaluar el costo de la inversión en la capacitación inicial del personal de la empresa. Tal como se explicó en la sección 8.2.2.1, inicialmente se tendría que invertir en la certificación de los dos trabajadores en Lean Six Sigma Yellow Belt. Este curso tiene un valor de \$2'688.000, por lo cual la inversión sería \$5'376.000. Además del valor de la matrícula del curso, se debe incluir el número de horas que deben invertir los trabajadores en la asistencia a las clases. Estos dos meses de capacitación equivalen a 40 horas de trabajo.

Posteriormente es requerida la capacitación de todo el personal de planta, que actualmente cuenta con 22 operarios, sin embargo, en este escenario se encuentran laborando 21 trabajadores. La capacitación de todo el personal de planta requiere de 16 horas, las cuales serán distribuidas a lo largo de dos meses debido a que las capacitaciones se llevarán a cabo los días sábado de cada semana. Teniendo en cuenta los días que no laboran en la empresa se estableció que se cuentan con 24 días productivos al mes, lo que se traduce en 202 horas de trabajo mensual. Esta información está contenida en la tabla 52.

Tabla 52.

Datos necesarios para calcular la inversión en capacitación

Datos.	
Días de trabajo al mes.	24

Horas productivas al mes.	202
Horas requeridas para capacitación trabajadores iniciales.	40
Horas requeridas para capacitación de todo el personal de planta.	16
Salario operario de planta.	\$1.395.982
Salario jefe de planta.	\$2.432.265
Salario gerente.	\$4.864.530
Número de operarios a capacitar.	21
Número de jefes de planta a capacitar.	1
Número de gerentes a capacitar.	1

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos anteriores se calculan entonces la inversión total de la empresa tal como se muestra en la Tabla 53. Para ello se tuvo en cuenta el número de horas invertidas en la capacitación del personal, el costo de hora hombre y el número de operarios que se capacitarán. De igual forma se incluye el valor del curso Lean Six Sigma y el valor de las tarjetas Kanban y la gestión visual que se implementará para el seguimiento de la herramienta Heijunka. El capital necesario será de \$70.000 pesos al mes, ya que de aquí se desprende toda la inversión en papelería y adecuación de la planta de producción para el correcto funcionamiento de las herramientas.

Tabla 53.

Inversión requerida en el primer escenario.

Costo	Fórmula	Total.
Tiempo operarios.	Número de horas invertidas la capacitación * costo hora hombre * número de operarios.	\$2.187.038
Tiempo jefe de planta.	Número de horas invertidas en la capacitación * costo hora hombre.	\$567.528
Tiempo gerente.	Número de horas invertidas en la capacitación * costo hora hombre.	\$324.302
Curso Lean Six Sigma	Valor del curso * número de trabajadores a capacitar.	\$5.376.000
Gestión visual y Tarjetas Kanban.	Valor papelería mensual * número de meses de duración del proyecto.	\$840.000
Costo total.		\$9.294.868

Fuente: Elaboración propia.

De este modo, se establece que la inversión total de la empresa sería de \$9.294.868. Para realizar el flujo de fondos de este escenario se debe tener en cuenta la reducción de costos que se obtendría al contar con un operario menos en planta. En este orden de ideas, al cabo de un año la empresa disminuiría sus costos operacionales en \$16.751.784. En la tabla 54 se muestra el flujo de fondos de la empresa con base en lo descrito anteriormente, teniendo en cuenta que el primer mes se descuenta la inversión inicial y posteriormente a cada mes se le agrega el ahorro que le representa a la empresa el operario que se consideró prescindible.

Tabla 54.

Flujo de fondos de la empresa con el escenario 1.

MES	FLUJO DE FONDOS.
1. Octubre 2019	\$829.156.600.08
2. Noviembre 2019	\$838.451.468.08
3. Diciembre 2019	\$838.451.468.08
4. Enero 2020	\$870.259.576.55
5. Febrero 2020	\$870.259.576.55
6. Marzo 2020	\$870.259.576.55
7. Abril 2020	\$870.259.576.55
8. Mayo 2020	\$870.259.576.55
9. Junio 2020	\$870.259.576.55
10. Julio 2020	\$870.259.576.55
11. Agosto 2020	\$870.259.576.55
12. Septiembre 2020	\$870.259.576.55
Total.	\$10.338.395.725.20

Fuente: Elaboración propia.

Al traer al valor presente neto las utilidades totales que tendría la empresa con el escenario 1 expuestas en la tabla anterior se obtuvo que sería de \$9.036.106.215.05. Al comparar este valor con el escenario actual se tendría una diferencia de \$5.367.915.47. Una vez establecida la utilidad adicional que tendría la empresa con esta propuesta, se da paso a la evaluación financiera de los escenarios 2 y 3.

10.3 Evaluación de los escenarios 2 y 3.

En este apartado se evaluará el comportamiento financiero de la empresa si se implementan las mejoras propuestas en el segundo y tercer escenario expuestos en el apartado anterior. Esto es debido a que dichos escenarios están entrelazados de tal forma que para que el tercer escenario (aumento de la producción de la empresa en un 20%) pueda ser factible, es necesaria la implementación de los dos trabajadores que realicen la labor de patinadores de la forma en la que se planteó en el segundo escenario. Esto quiere decir que el escenario dos permite el desarrollo del tercer escenario, por lo que no se pueden evaluar dichos escenarios de manera individual.

En este orden de ideas, como primera medida para la estandarización de los procesos en la planta de producción de la forma en la que fueron propuestos en este trabajo, es necesaria la contratación de un operario que cumpla la labor de patinador. El costo de contratación de un operario en el presente año de acuerdo con el Ministerio del Trabajo, (2019), en el Decreto 2360 de 2019 y para el año 2020, se estableció un aumento de 6 % en el salario mínimo, ascendiendo a \$877.803. Por otro lado, el Ministerio del Trabajo, (2019b) a través del Decreto 2452 de 2018 fijó un aumento para el auxilio de transporte, con lo cual se consolida un monto de \$102.854. Adicionalmente, incluyendo los pagos de salud, pensión, ARL, primas, cesantías y demás, el pago total por parte de la empresa sería de \$1'479.684.

Ahora, al calcular la inversión de la empresa en la capacitación de operarios en el primer escenario se tuvo en cuenta los 21 trabajadores que se instruirían tal como se exhibió en la tabla 53. Para el que se puedan implementar las mejoras expuestas en los escenarios 1 y 2, el número de empleados a capacitar es de 23, ya que además de los 22 operarios que se tienen actualmente, también se cuenta con el operario adicional que se contratará para estandarizar los

procesos en la forma planteada en este proyecto. De este modo, la inversión total de la empresa incluyendo la capacitación del personal y los otros costos sería de \$9.503.157.

Adicionalmente, para poder desarrollar este análisis se debe tener en cuenta el aumento de la capacidad productiva de la empresa (la cual es de un 20%). De este modo, con las mejoras propuestas, la cantidad de colchones que pueden ser producidos semanalmente ascendería a 1.636, lo que significa 6.544 colchones al mes. Resulta necesario recalcar que se espera que el incremento de la capacidad de la planta en la forma propuesta no se va a ver reflejada en un 100% al pasar los seis primeros meses. Teniendo en cuenta los factores de resistencia al cambio, se asume que en el séptimo mes (abril), la capacidad esperada se encuentre en funcionando en por lo menos un 70%, y que aumente un 10% en los próximos meses hasta alcanzar el 100% de la capacidad propuesta.

Con esta información se procederá a realizar el flujo de fondos de este escenario tal como se muestra en la tabla 55, incluyendo el costo mensual que le generaría a la empresa el operario adicional durante el tiempo que demore el proyecto y el aumento de la producción que tendría esta misma. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, en el primer mes la inversión total sería de \$10.982.841.33, lo cual se le restará a la utilidad de dicho mes.

Tabla 55.
Flujo de fondos de la empresa con los escenarios 2 y 3.

MES	FLUJO DE FONDOS.
1. Octubre 2019	\$824.760.364.75
2. Noviembre 2019	\$835.659.504.08
3. Diciembre 2019	\$835.659.504.08
4. Enero 2020	\$867.383.910.55
5. Febrero 2020	\$867.383.910.55
6. Marzo 2020	\$867.383.910.55
7. Abril 2020	\$910.827.090.28
8. Mayo 2020	\$954.270.270.01
9. Junio 2020	\$997.713.449.73

10. Julio 2020	\$1.041.156.629.46
11. Agosto 2020	\$1.041.156.629.46
12. Septiembre 2020	\$1.041.156.629.46
Total.	\$11.084.511.802.96

Fuente: Elaboración propia.

Al traer al valor presente neto las utilidades totales que tendría la empresa con el escenario 1 expuestas en la tabla anterior se obtuvo que sería de \$9.605.286.346.84. Habiéndose establecido las utilidades que tendría la empresa al finalizar el año que acota el proyecto en los diferentes escenarios evaluados en esta sección, se procede entonces a establecer las conclusiones a las que se llegaron con base en esto. Para ello se presenta la figura 36, en la que se exponen las utilidades totales que tendría la empresa en cada escenario evaluado.

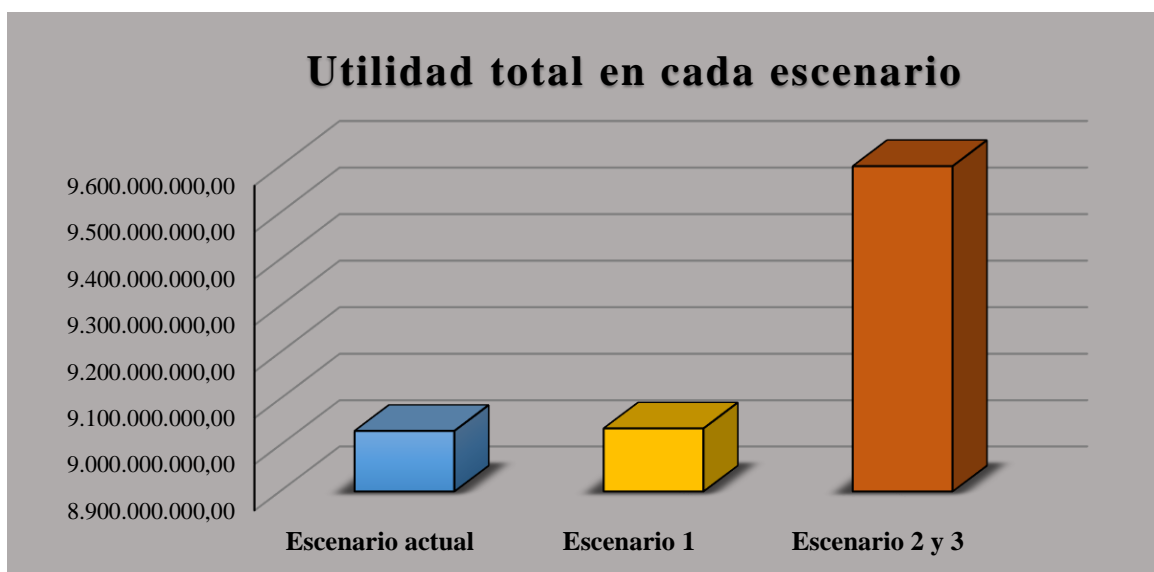


Figura 36. Comparación de las utilidades en cada escenario.

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar los diferentes escenarios se puede inferir que la evaluación que combina el escenario 2 y 3 resulta muy lucrativo para la empresa debido a que esta propuesta significaría una utilidad extra de \$574.548.047.26 al finalizar el año que abarca esta propuesta, es decir, un aumento de alrededor de 6.5% de la utilidad. Teniendo esto en cuenta, se puede concluir que la propuesta de mejora en la cual se estandarizan los procesos productivos de la empresa con un

operario adicional da cabida para el aumento de las ordenes de trabajo en un 20%, lo que se traduce en un aumento de las utilidades de la empresa. De esta manera se finaliza esta sección y se da pie para el desarrollo de las conclusiones a las que se llegaron tras el desarrollo de este proyecto.

11 Conclusiones

- Para desarrollar el estudio realizado en la empresa Espumas Santafé de Bogotá se escogió la línea de colchones de referencia caribeño ya que esta es la referencia que más unidades vende mensualmente, adicionalmente se tuvo en cuenta que dicha referencia de colchones es la que mayor margen de utilidad le deja a la empresa. Por último, se tuvo presente la cantidad de estaciones de trabajo por las que pasa el producto antes de ser terminado.
- A partir del análisis realizado al VSM, y considerando lo observado durante las visitas a la empresa, se determinaron los desperdicios significativos que tienen lugar en la planta de producción. Desperdicios tales como exceso de inventarios, sobreproducción, reprocesos, movimientos innecesarios, tiempos de espera y exceso de transportes. Se estableció que las estaciones sobre las que se desarrollarían las propuestas serían: tapas acolchadas, confección, cerrado y empaçado, con base en la cantidad de desperdicios en los que incurre cada estación.
- Mediante el método de los 5 POR QUÉS se desarrolló el análisis de causalidad para determinar el motivo por el cual se presentan estos desperdicios en las estaciones de trabajo seleccionadas. Así pues, se determinó que esto se debe a la falta de estandarización de los procesos, a una mala planificación de la producción, a la falta de materiales para procesar y porque los operarios muchas veces no cuentan con información acertada sobre la programación del día.
- Analizando las principales problemáticas de la empresa y los beneficios aportados por cada una de las herramientas Lean, se pudo establecer las herramientas que generarán un mayor impacto positivo a la compañía son: Estandarización de procesos, Kanban, Heijunka y

Kaizen, ya que contribuyen directamente a reducir tiempos consumidos innecesariamente y a mantener un nivel de inventario adecuado.

- A través del estudio de métodos y tiempos realizado en la fábrica, se determinó el tiempo de ciclo, la capacidad instalada y los cuellos de botella que tienen lugar en la planta. Este estudio, dio lugar a la estandarización de los procesos, de tal manera que se pudieron optimizar mediante las oportunidades de mejora consideradas como adecuadas.
- La estandarización de los procesos permitió calcular el número de operarios necesarios para cada parte del proceso, a partir de lo cual se evidenció que se tenía un operario innecesario en el proceso de forrado de láminas en la estación de cerrado. Dicho operario se encargará de la labor de patinador junto a otro operario que se debe contratar.
- Con el uso de las tarjetas Kanban y la herramienta Heijunka, se busca fabricar diariamente solo la cantidad de productos demandada, lo que conlleva a disminuir la sobreproducción y los niveles de inventario, incrementar la disponibilidad de maquinaria, equipos y mano de obra al no consumir tiempo en producciones cuya demanda no es inmediata, reduciendo así el tiempo de respuesta.
- Mediante la implementación de Kaizen se busca mantener el funcionamiento de las mejoras propuestas mediante la retroalimentación por parte de los operarios sobre las posibles mejoras que se puedan adaptar al proceso.
- Las mejoras propuestas permiten el aumento de la capacidad de la planta de producción en un 20%, al disminuir los tiempos empleados para desarrollar los procesos en las estaciones estudiadas.
- Mediante un modelo de simulación se evaluaron diferentes escenarios. En el primero de ellos se midió el nivel de utilización de los operarios de forrado para comprobar que la viabilidad

de trabajar con un solo operario realizando esta labor. Allí se evidenció que esta propuesta es funcional, ya que un solo operario es suficiente para cumplir por las actividades de forrado de láminas sin retrasar los procesos de las estaciones que dependen de él.

- Al analizar el comportamiento del sistema con la implementación de dos operarios realizando la labor de patinador en el segundo escenario, se pudo corroborar que el sistema se comporta de la manera esperado, demostrando la factibilidad de esta propuesta.
- Al evaluar el funcionamiento de los procesos con la implementación de las mejoras propuestas mediante el modelo de simulación, se evidenció una disminución del tiempo promedio que tarda una orden en sistema en un 10%. Al incrementar la demanda en un 20%, se corroboró que la empresa sería capaz de satisfacer el aumento de la demanda sin retrasar los tiempos de entrega.
- El análisis de las propuestas a nivel financiero, teniendo en cuenta el cronograma de actividades y las respuestas esperadas durante el año de prueba proyectado, se evidenció que con la estandarización de los procesos tal como se presentó en el primer escenario se obtendría una reducción de los costos para la empresa de \$5.367.915.47.
- Al analizar financieramente el segundo y tercer escenario expuesto en la sección 9, se obtuvo que la empresa aumentaría sus utilidades en al menos un 6.5%, lo que se traduciría en un ingreso extra de \$574.548.047.26 al compararlo con el proceso actual de la empresa. Esto evidencia la factibilidad de las mejoras y permite determinar que las mismas resultan atractivas para Espumas Santafé de Bogotá.
- Cada una de las herramientas de Lean Manufacturing pretende resolver diferentes problemas que se pueden encontrar en una empresa, ya sea de producción o de servicios, pero ninguna

de las herramientas por si sola puede dar soluciones sostenibles, la integración de todas las herramientas es esencial para tener una empresa sostenible.

Recomendaciones

- Cuando la empresa decida iniciar el proceso de implementación de las mejoras propuestas, es necesario que todas las personas que hacen parte de Espumas Santafé de Bogotá tengan plena consciencia de que este es un proceso de mejoramiento continuo, el cual requiere de atención constante. Debido a esto, se requiere la designación de responsabilidades específicas para el desarrollo de cada etapa del modelo de aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta.
- Lean Manufacturing es una metodología que se enfoca en el mejoramiento de la productividad atacando varios frentes como: organización, calidad, movimientos, transportes, mantenimiento, control de fallos, etc. En este orden de ideas, se recomienda el estudio de los desperdicios en las estaciones de trabajo que no se tuvieron en cuenta para este trabajo, ya que esto le permitirá a la empresa disminuir considerablemente sus tiempos de ciclo y la cantidad de desperdicios que se presentan.
- Para la ejecución de la etapa de capacitación de todo el personal de la planta, es fundamental que los operarios que se capacitarán en Lean Six Sigma Yellow Belt conozcan las etapas planteadas en este trabajo, y que sigan los lineamientos documentados aquí con el fin de obtener los resultados propuestos.
- Al terminar las capacitaciones iniciales, debe propiciarse la creación de una cultura orientada al autoestudio por parte de los grupos de trabajo, para que de esta forma se mantenga la mejora continua como parte fundamental.
- Se recomienda capacitar a los trabajadores en todo tipo de tareas dentro del proceso de producción, debido a que esto ayuda a la flexibilidad de los procesos. Esto con el fin de

que en los días en los que la demanda no sea tan alta, los operarios sean capaces de apoyar los procesos que los necesiten una vez hayan completado sus labores.

- Todas las valoraciones y cálculos realizados a lo largo de este trabajo deben ser revisados periódicamente y ajustarse de acuerdo con los cambios y modificaciones que se presenten, de tal forma que el modelo de implementación pueda ser desarrollado en otras estaciones de trabajo.
- Como complemento de las herramientas Lean propuestas, se recomienda la aplicación de herramientas de control visual y 5 S como medio para generar mejoras en la disposición de materiales en proceso y terminado. Del mismo modo, estas herramientas permiten la reducción de movimientos innecesarios.
- Para incrementar el impacto de los resultados que se pueden obtener con Lean Manufacturing, es importante aplicarlos con planes de mejora continua, manejo de registros de producción y productos, indicadores de producción y el control constante de su comportamiento, de tal manera que este sea un aporte fundamental para la toma de decisiones.

Referencias

- Acevedo Jimenez, J., & Carrillo Aceros, L. (2016). *ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CALZADO FUEGO*. Universidad Industrial de Santander.
- Anmajle. (2018). *Los beneficios del trabajo estandarizado*.
<https://leanmii.blogs.upv.es/2018/04/13/los-beneficios-del-trabajo-estandarizado/>
- Aparicio, K., & Tapias, M. (2017). *Simulación de Proceso Productivo de una Planta Procesadora de Jamón Curado en el Municipio de Sincelejo - Sucre Mediante el Uso del Software Flexsim*.
<https://repositorio.cecar.edu.co/jspui/bitstream/123456789/86/1/SIMULACIÓNDEPROCESO.pdf>
- Aristizábal, T. (2015). *ANÁLISIS DEL SECTOR COLCHONERO EN LATINOAMÉRICA*. UNIVERSIDAD EAFIT.
- Arrieta, J. G., Muñoz Domínguez, J., Salcedo Echeverri, A., & Sossa Gutiérrez, S. (2011). *APLICACIÓN LEAN MANUFACTURING EN LA INDUSTRIA COLOMBIANA. REVISIÓN DE LITERATURA EN TESIS Y PROYECTOS DE GRADO*.
http://www.laccei.org/LACCEI2011-Medellin/RefereedPapers/PE298_Arrieta.pdf
- Benlloch Cabañero, A. (2016). *Proyecto de estandarización y mejora del proceso de producción de componentes intermedios en una fábrica de colchones*.
<https://riunet.upv.es:443/handle/10251/69540>
- Bhasin, S., & Burcher, P. (2006). Lean viewed as a philosophy. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(1), 56–72. <https://doi.org/10.1108/17410380610639506>
- Cabascango, L. A. (2011). *Optimización de la fertilización agrícola mediante simulación de procesos*. 1–4. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/568/5/CAPITULO V.pdf>
- Cabrera, A. G. (2010). Simulación de procesos constructivos. *Revista Ingeniería de Construcción*, 25(1), 121–141. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732010000100006>
- Carrillo Osorio, M. (2018). *Antecedentes Históricos de la Administración y la Teoría Administrativa*.
<https://www.gestiopolis.com/antecedentes-historicos-de-la-administracion-y-la-teoria-administrativa/>

- Córdova, F. (2012). *MEJORAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE SPOOLS EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA USANDO LA MANUFACTURA ESBELTA* [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ]. [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4712/CORDOVA FRANK FABRICACION SPOOLS EMPRESA METALMECANICA MANUFACTURA ESBELTA.pdf?sequence=3](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4712/CORDOVA_FRANK_FABRICACION_SPOOLS_EMPRESA_METALMECANICA_MANUFACTURA_ESBELTA.pdf?sequence=3)
- Del Trabajo, M. (2019a). *Decreto 2360 de 2019*.
- Del Trabajo, M. (2019b). *Decreto 2361 de 2019*.
- Díaz, D. (2014). *Gestión de la Calidad (I): Método Kaizen: Educación, Tecnología, Cursos, Docencia,...* <https://www.educadictos.com/gestion-de-la-calidad-i-metodo-kaizen/>
- El tiempo. (2018). *Colchones, una industria que no se duerme en los laureles*. <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/industria-de-colchones-en-colombia-2018-276232>
- Espumas Santafé de Bogotá S.A.S. (2018). *Espumas Santafé de Bogotá*. <http://espumassantafe.com/quienes-somos/>
- García, E., García, H., & Cárdenas, L. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*. (Segunda Ed). PEARSON.
- García, R. (2005). *ESTUDIO DEL TRABAJO. Ingeniería de métodos y medición del trabajo* (Segunda ed). Mc Graw Hill.
- Garre, P., Nikhil Bharadwaj, V. V. S., Shiva Shashank, P., Harish, M., & Sai Dheeraj, M. (2017). Applying lean in aerospace manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 4(8), 8439–8446. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.07.189>
- Gonzáles, R., & Jimeno, J. (2012a). *Los 5 Porqués: Cinco preguntas para buscar las causas de los problemas*. <https://www.pdcahome.com/los-5-porques-2/>
- Gonzáles, R., & Jimeno, J. (2012b). *POKA YOKE - Diseño a prueba de errores*. <https://www.pdcahome.com/poka-yoke/>
- Hasibul, I. M., Gustav, B., & Malin, T. (2018). Adoption of lean philosophy in car dismantling

companies in Sweden-a case study. *Procedia Manufacturing*, 25, 620–627.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.06.093>

Hernández, J., & Vizán, A. (2013). Lean Manufacturing. In *Lean Manufacturing*.
<https://doi.org/doi:10.1201/9781420025538.pt1>

Hernandez Sampieri, R. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (6°). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.

Kelton, D., Sadowski, R., & Sturrock, D. (2007). *Simulación con Software Arena* (Cuarta edi). McGraw Hill.

LaNota.com. (2018). *Ranking 2017 sector colchones y espumas de Colombia*.
<https://lanota.com/index.php/CONFIDENCIAS/ranking-2017-sector-colchones-y-espumas-de-colombia.html>

Law, A. M. (2015). Simulation Modeling and Analysis. In *Simulation Modeling and Analysis* (Quinta Edi). McGraw-Hill Education.

Mileman, M., Sibongile, S., Mutio, J., Marek, H., & Divecha, M. (2016). El Recurso Humano y la Productividad. In *Oficina Internacional del Trabajo*. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(97\)10057-2](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(97)10057-2)

Neves, P., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., Gouveia, A., & Pimentel, C. (2018). Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products. *Procedia Manufacturing*, 17, 696–704. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.119>

Nievel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. (Duodécima).

Niño Navarrete, Á., & Olave Triana, C. (2004). *MODELO DE APLICACION DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA DESDE EL DESARROLLO Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD EN EL SSTEMA DE PRODUCCION DE AMERICANA DE COLCHONES* [Pontificia Universidad Javeriana].
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7141/tesis66.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- OIT (oficina internacional del Trabajo). (1996). *Introducción al Estudio del Trabajo*. (Cuarta edición).
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082–1089. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Orellana Huerat, A. F. (2010). *Herramientas de Lean Manufacturing*. Monografias.com. <https://www.monografias.com/trabajos82/herramientas-lean-manufacturing/herramientas-lean-manufacturing2.shtml#tpmtotalpa>
- Pérez Rave, J., La Rotta, D., Sánchez, K., Madera, Y., Restrepo, G., Rodríguez, M., Vanegas, J., & Parra, C. (2011). Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 19(3), 396–408. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052011000300009>
- Quintana, P. (2010). Propuestas para la implementación de un sistema de producción, basados en técnicas de Lean Manufacturing, que contribuya al control del inventario en proceso, para la sección de confección de colchones en una empresa productora de espuma [PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA]. In *Pontificia Universidad Javeriana*. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7356/tesis392.pdf>
- Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*.
- Ramirez Pacheco, Y., & Tesen Martinez, M. (2015). *INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE COLCHONES, MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING, EN LA EMPRESA DINOR E.I.R.L. CHEPÉN – 2015*. ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.
- Reséndiz Olguín, E. (2009). *LEAN MANUFACTURING COMO UN SISTEMA DE TRABAJO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA: UN ESTUDIO DE CASO [UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO]*. http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2829/resendiz_olguin.pdf?sequence=1

- Reyes Aguilar, P. (2002). Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. ", *Revista Contaduría y Administración.*, 205, 20. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39520506>
- Rodriguez, S. (2011). PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA EL PROCESO DE CLASIFICACIÓN DE UNA PLATAFORMA CROSS DOCKING MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING [PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA]. In *PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA* (Issue 1). <https://doi.org/10.1287/orsc.7.2.136>
- Roriz, C., Nunes, E., & Sousa, S. (2017). Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1069–1076. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.218>
- Rossetti, M. (2016). Simulation modeling and Arena. In *The British Journal of Psychiatry* (Segunda Ed, Vol. 112, Issue 483). <https://doi.org/10.1192/bjp.112.483.211-a>
- Ruiz Cobos, J. (2016). *Implementación de la Metodología Lean Manufacturing a una Cadena de Producción Agroalimentaria* [Universidad de Sevilla]. http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70759/fichero/TFM_Javier_Ruiz_Cobos.pdf
- Salazar, B. (n.d.). *Heijunka: Nivelación de la producción*. Retrieved January 16, 2019, from <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/heijunka-nivelacion-de-la-produccion/>
- Salazar López, B. (2016a). *Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)*. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>
- Salazar López, B. (2016b). *Poka-yoke: A prueba de errores*. *Ingenieriaindustrialonline.Com*. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/poka-yoke-a-prueba-de-errores/>
- Santos Villalobos, P. (2015). *PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICA DE COLCHONES DINOR E.I.R.L.* [UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE

MOGROVEJO].

http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/usat/494/1/TL_Santos_Villalobos_Pedro.pdf

Vázquez, G. (2017). *Aplicación de la metodología Lean Manufacturing “5S” en una empresa de reparación de motores eléctricos para la mejora del trabajo*. [Universidad de Sevilla].
http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/30300/fichero/Proyecto+FC+Raúl_Vázquez_Garrido+IOI.pdf

Villanueva Chang, J. A. (2015). *La importancia del análisis de origen o causa – raíz (Primera Parte)*. <https://www.auditool.org/blog/fraude/67-blog-libre/3564-la-importancia-del-analisis-de-origen-o-causa-raiz-primera-parte>

Villaseñor contreras, A., & Galindo Cota, E. (2009). *Manual de lean manufacturing*.

Wong, P. (2009). *PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE ADMISIÓN EN UNA EMPRESA PRIVADA QUE BRINDA SERVICIOS DE SALUD AMBULATORIOS*. [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ].
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/319/WONG_PAMELA_PROPUUESTA_DE_MEJORA_DEL_PROCESO_DE_ADMISIÓN_EN_UNA_EMPRESA_PRIVADA_QUE_BRINDA_SERVICIOS_DE_SALUD_AMBULATORIOS.pdf?sequence=](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/319/WONG_PAMELA_PROPUUESTA_DE_MEJORA_DEL_PROCESO_DE_ADMISIÓN_EN_UNA_EMPRESA_PRIVADA_QUE_BRINDA_SERVICIOS_DE_SALUD_AMBULATORIOS.pdf?sequence=1)

1

Glosario.

- **AMEF:** Análisis de Modo y Efecto de Fallas: Es una herramienta que permite identificar fallas en productos y procesos evaluando sus efectos, causas y elementos de detección para evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.
- **Banda lateral:** es el borde exterior del colchón, acolchado y con costuras que forman figuras.
- **Cajón de colchón:** Es el forro del colchón el cual es elaborado en la estación de confección.
- **Cilindros de espuma:** Presentación en forma cilíndrica de la espuma que se obtiene del proceso de espumado.
- **Desbastado:** Proceso de quitar las asperezas o partes más bastas de un material destinado a ser labrado.
- **Desperdicio:** Todo aquello que no agrega Valor al producto entregado y para lo cual el cliente no está dispuesto a pagar, significando así meramente una pérdida para la empresa.
- **Flujo continuo:** Equilibrio del sistema de proceso de fabricación de un producto, enfocado en utilizar siempre los recursos mínimos para obtener los resultados de producción deseados. Resumido en la frase “mover uno, hacer uno”.
- **Heinjunka:** Es un sistema de control que sirve para nivelar la producción al ritmo de la demanda del cliente final, variando la carga de trabajo de los procesos de manufactura.
- **Just In Time:** Filosofía caracterizada por orientación a los procesos Pull, enfocado en la producción con base en la demanda del cliente (jalar) en lugar de las proyecciones de









demanda que rijan el ritmo de producción de la empresa (empujar). Engloba gran cantidad de herramientas de Lean Manufacturing.

- **Kaizen:** Es una palabra japonesa que significa "mejora". Un evento kaizen es una cadena de acciones realizadas por equipos de trabajo cuyo objetivo es mejorar los resultados de los procesos existentes.
- **Kanban:** Es un sistema de información visual que indica cuando iniciar operación o reponer material que tiene un tablero de información, listas de verificación, marcas en piso, etc.
- **Láminas de espuma:** Es el producto que se obtiene del proceso de corte vertical al cortar las puntas de espuma. Estas pueden ser de perfil 17, 20 y 25.
- **Mapa del Valor:** Es una representación gráfica de elementos de producción e información que permite conocer y documentar el estado actual y futuro de un proceso, es la base para el análisis del valor que se aporta al producto o servicio y es la fuente del conocimiento de las restricciones reales de una empresa, ya que permite visualizar en donde se encuentra el valor y en donde el desperdicio.
- **Poliol:** Es un tipo de alcohol que constituye una de las materias primas principales para la fabricación de poliuretano.
- **Puntas de espuma:** Es el producto resultante del corte de las torres de espuma en la estación de corte vertical. Las medidas pueden ser de 1 metro, 1.2 metros y 1.4 metros.
- **Rollo de espuma continua:** Es el producto elaborado a partir del proceso de desbastado de los cilindros de espuma. Se dice le llama espuma continúa debido a que se desbastada todo el cilindro sin ser cortado.

- **Stock:** Consiste en las materias primas, piezas compradas, productos en proceso (WIP) y productos terminados que aún no han sido vendidos.
- **Takt Time:** Coeficiente entre el tiempo disponible y el número de unidades a producir en ese tiempo. Indica cuánto se tendrá que tardar producir una pieza para poder cumplir con el requerimiento (seg/pieza).
- **Tapa acolchada:** es la superficie acolchada superior e inferior del colchón con la que va a tener contacto el usuario, suave con tela fina y costuras con figura. Se pueden producir en medidas de 1 metro, 1.2 metros y 1.4 metros.
- **Tela acolchada:** unión de tela, guata, algodón y tela, donde las costuras llevan una figura determinada. La tela acolchada se convierte en las tapas y bandas de los colchones.
- **Torres de espuma:** Presentación en forma rectangular de la espuma que se obtiene del proceso de espumado, se pueden producir en tamaño de 4.2 metros y 5 metros.
- **Trabajo Estándar:** El trabajo estándar es realizar observaciones a cada tipo de operación y determinar el tiempo y los recursos que requiere para realizarla.

Anexos.

Anexo A. Cursograma para la elaboración de un colchón.

Actividad:			Método.				Actual	Propuesta
Proceso de elaboración de colchones caribeño de referencia 1.4 m x 17			Operación 				34	
			Transporte 				22	
			Inspección 				4	
			Almacenamiento 				14	
Método:	Actual		Distancia (m)				165.7	
Lugar: Espumas Santafé de Bogotá zona Caribe			Tiempo (hora-hombre)				29.2275	
Realizado por: Hernán Guzman			Símbolo					
Descripción	Distancia	Tiempo (min)					Observaciones	
1. Estación de producción - Proceso de producción de cilindros y torres de espuma.								
Almacenamiento de químicos						1	El proceso inicia con los químicos almacenados	
Proceso de pesaje de químicos - alistamiento del área de producción		120	1				El proceso de pesaje de químicos ocurre en paralelo con el alistamiento del área y tardan el mismo tiempo	
Proceso de preparación del molde cilíndrico		2.69	1				Se alista el molde sobre el cual se vaciará la mezcla	
Transporte de químicos pesados para cilindros de espuma	10.5	8.57		1			Los químicos pesados para el cilindro de espuma son llevados al área de producción de espuma y son vaciados en la máquina mezcladora	
Proceso de mezclado de químicos y vaciado en el molde cilíndrico		0.54	1				Se mezclan los químicos y se vacían en el molde	
Reacción de la mezcla.		2.29	1				Se deja reaccionar a la mezcla en el molde cilíndrico	
Retiro del cilindro de espuma del molde		1.48	1				Luego de haber reaccionado la mezcla, se retira el cilindro de espuma del molde.	
Transporte del cilindro de espuma	10	1.58		1			El cilindro de espuma es transportado hasta el área de secado	
Proceso de secado de cilindros de espuma		1440	1				El cilindro de espuma es dejado 24 horas hasta que seca.	
Almacenamiento de cilindros de espuma						1	El cilindro de espuma es almacenado hasta que sea requerido	
Proceso de preparación del molde de 4.2 metros		4.09	1				Una vez se deja el cilindro de espuma secando, inicia la producción de la torre de espuma de 4.2 metros	
Transporte de químicos pesados para torres de espuma de 4.2 metros	10.5	11.77		1			Los químicos pesados para la torre de espuma de 4.2 metros son llevados al área de producción de espuma y son vaciados en la máquina mezcladora	

Proceso de mezclado de químicos y vaciado en el molde de 4.2m.		0.51	1				Los químicos mezclados son vaciados en el molde de 4.2 metros.
Reacción de la mezcla.		2.33	1				La mezcla vaciada en el molde de 4.2 metros se deja reaccionar
Retiro de la torre de espuma del molde		1.85	1				La torre de espuma es retirada del molde de 4.2 metros
Transporte de la torre de espuma	13	1.84		1			La torre de espuma de 4.2 metros es transportada hasta el área de secado
Proceso de secado de torre de espuma de 4.2 metros		1440	1				La torre de espuma se deja secar durante 24 horas
Almacenamiento de torre de espuma de 4.2 metros						1	Cuando la torre de espuma ha secado, es almacenada hasta que es requerida
2. Estación de corte vertical - Proceso de corte de puntas de espuma							
Proceso de transporte de torre de espuma de 4.2 metros	12.3	1.79		1			La torre de espuma es transportada desde el sitio de almacenamiento hasta el área de corte vertical
Acomodar la torre de espuma sobre la mesa de corte		1.61	1				La torre de espuma es acomodada sobre la mesa de corte vertical
Corte de torre de espuma		2.6	1				La torre de espuma es cortada en 3 puntas de espuma de 1.4 metros
Perfilado de las puntas de espuma de 1.4 metros		2.18	1				Se perfila la punta de espuma de 1.4 metros
Transporte de puntas de espuma hasta el almacén.	1.2	0.46		1			Se transporta la punta de 1.4 metros hasta el sitio de almacenamiento
Almacenamiento de puntas de espuma						1	Las puntas de espuma son almacenadas hasta que sean requeridas
3. Estación de corte horizontal - Proceso de corte de láminas de espuma							
Transporte del lote de puntas de espuma de 1.4 hasta la máquina cortadora horizontal	5	2.8		1			Un lote de 4 puntas de espuma es transportado hasta la máquina de corte horizontal y se acomodan sobre esta.
Proceso de corte horizontal		5.1	1				Las puntas de espuma son cortadas horizontalmente para producir láminas de espuma de 1.4 metros x 17
Retiro de retal		1.5	1				El retal generado durante el proceso de corte es retirado y acomodado a un lado
Transporte de láminas de espuma hasta almacén	12	2.8		1			El lote de láminas de espuma de 1.4m x 17 es transportado hasta el sitio de almacenamiento
Almacenamiento de láminas de espuma						1	Las láminas de espuma son almacenadas hasta que sean requeridas
4. Estación de desbastado - Proceso de elaboración de rollos de espuma continua							
Almacenamiento de cilindros de espuma						1	
Transporte del cilindro de espuma hasta la estación de desbastado	7.6	1.8		1			El cilindro de espuma es transportado desde su sitio de almacenamiento hasta la máquina desbastadora

Acomodación del cilindro de espuma		5.1	1				El cilindro es acomodado en la máquina desbastadora
Proceso de pre-desbastado.		3.2	1				La capa superior del cilindro de espuma es desbastada para retirar imperfecciones
Proceso de desbastado		4.5	1				El cilindro de espuma es desbastado hasta obtener un rollo de 60 metros de espuma continua
Transporte del rollo de espuma continua hasta almacen	3.7	2.2		1			El rollo de espuma continua es transportado hasta su sitio de almacenamiento
Almacenamiento de rollos de espuma continua						1	El rollo de espuma continua es almacenado hasta que sea requerido
5. Estación de acolchado - Proceso de producción de tela acolchada							
Transporte de rollo de espuma continua hasta la estación de acolchado	9.9	4		1			El rollo de espuma continua es transportado hasta la máquina acolchadora en donde es acomodado
Ensamblaje de rollo de espuma continua con la tela		2.4	1				La espuma continua es ensamblada en la máquina acolchadora junto con la tela
Revisión y cambio de hilos		0.99			1		Se inspeccionan los hilos de la máquina acolchadora para saber si están enhebrados, en caso de no ser así, se enhebran.
Proceso de acolchado		73.2	1				Proceso de elaboración de rollos de tela acolchada.
Desmante de rollo de tela acolchada.		4.87	1				El rollo de tela acolchada es desacoplado de la máquina acolchadora.
Almacenamiento de tela acolchada						1	El rollo de tela acolchada es almacenado
6. Estación de tapas acolchadas - Proceso de corte de tapas acolchadas.							
Montaje de rollo de tela acolchada en la máquina cortadora.		5.38	1				El rollo de tela acolchada es cargado en la máquina cortadora.
Calibración de la máquina cortadora.		0.56	1				Se ajustan las cuchillas de la máquina de acuerdo con las dimensiones del corte.
Proceso de corte de tapas		0.33	1				Las tapas acolchadas son elaboradas.
Acomodación de la tapa acolchada		0.25	1				La tapa acolchada es acomodada a un costado.
Transporte de tapas acolchadas.	10	1.61		1			Un lote de tapas acolchadas es transportado hasta la estación de confección.
Almacenamiento de tapas acolchadas						1	Las tapas acolchadas son almacenadas en el área de confección hasta que sean requeridas
7. Estación de bandas laterales - Proceso de corte de bandas laterales.							
Transporte de rollo de espuma continua hasta la estación de corte de bandas laterales	4.2	2.85		1			El rollo de tela acolchada es transportado hasta el burro en el cual es montado

Tendido de la tela acolchada		2.3	1				La tela acolchada es tendida sobre la mesa de corte
Medición del lateral a cortar		0.29	1				La tela acolchada es medida de acuerdo con las dimensiones del lateral a cortar.
Proceso de corte de banda lateral		0.3	1				La banda lateral es cortada y se acomoda a un lado de la mesa de corte
Almacenamiento de la banda lateral						1	La banda lateral es almacenada hasta que sea requerida
8. Estación de confección - Proceso de elaboración de cajones.							
Transporte de lote de tapas acolchadas y/o bandas laterales	6	1.39		1			Un lote de tapas acolchadas y/o bandas laterales son transportados hasta las máquinas de confección
Inspección de la tapa acolchada		0.72			1		La tapa acolchada es inspeccionada en busca de defectos, luego es acoplada con la banda lateral
Proceso de confección		4.06	1				El cajón es confeccionado
Transporte del cajón.	3	0.31		1			El cajón es transportado hasta la zona WIP.
Almacenamiento de cajones						1	El cajón es almacenado hasta que sea requerido
9. Estación de cerrado - Proceso de forrado de láminas y cerrado de colchones							
Transporte de cajones a la estación de cerrado	13.2	0.52		1			Un lote de cajones es transportado hasta la zona de cerrado para realizar el proceso de cerrado
Acomodación de las láminas de espuma		0.21	1				La lámina de espuma es acomodada para realizar el proceso de cerrado
Forrado de la lámina		0.67	1				La lámina de espuma es forrada con el cajón
Transporte de tapa acolchada para proceso de forrado	5	0.21		1			La tapa acolchada es transportada desde la estación de corte de tapas hasta la estación de cerrado
Transporte de la lámina forrada hasta almacén	3.7	0.22		1			La lámina de espuma es transportada hasta sitio de almacenamiento
Almacenamiento de láminas forradas						1	La lámina forrada es acomodada en un sitio de almacenamiento hasta que sea requerida
Transporte de lámina forrada hasta la mesa de cerrado	5	0.33		1			La lámina forrada es llevada a la mesa de cerrado y se acomoda sobre la misma
Inspección del cajón y tapa acolchada		0.58			1		El cajón y la tapa acolchada son inspeccionados en busca de defectos.
Cerrado del colchón		2.34	1				La lámina forrada es cerrada para convertirse en un colchón.
Transporte del colchón cerrado	6.4	0.28		1			El colchón cerrado es transportado hasta su sitio de almacenamiento
Almacenamiento de colchón cerrado						1	El colchón cerrado es almacenado hasta que sea requerido
10. Estación de empacado - Proceso de empacado de colchones							

Transporte del lote de colchones cerrados	8	0.88		1			Un lote de 4 colchones cerrados es transportado hasta la mesa de empacado
Inspección y pegado de etiquetas		2.64			1		El lote de colchones es inspeccionado y posteriormente se le pegan las etiquetas.
Medición de la cantidad de plástico a cortar		0.86	1				El plástico por utilizar es cortado de acuerdo con las dimensiones del colchón.
Sellado del colchón		0.67	1				El plástico es sellado con una máquina y se produce un colchón empacado
Transporte del colchón empacado	5.5	0.25		1			El colchón empacado es transportado hasta el sitio de almacenamiento final
Almacenamiento de productos terminados						1	El colchón terminado es almacenado
Total	165.7	1753.7	34	22	4	14	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo B. Descripción de las entidades que entran y salen en cada estación de trabajo.

Estación de trabajo.	Entidades que entran.	Entidades que salen.
Producción de espuma.	Ordenes de producción, las cuales le dicen al sistema la cantidad de material a producir.	Cilindros de espuma y torres de espuma de 5 metros y de 4.2 metros.
Corte vertical.	Ordenes de producción y torres de espuma de 5 metros y de 4.2 metros.	Puntas de espuma de 1 metro, 1.2 metros y 1.4 metros.
Corte horizontal.	Ordenes de producción y puntas de espuma de 1 metro, 1.2 metros y 1.4 metros.	Láminas de espuma de 1 metro, de 1.2 metros y de 1.4 metros.
Desbastado.	Ordenes de producción y cilindros de espuma.	Rollos de espuma continua de 60 metros.
Acolchado.	Ordenes de producción y rollos de espuma continua de 60 metros.	Rollos de tela acolchada de 60 metros.
Tapas acolchadas.	Ordenes de producción y rollos de tela acolchada de 60 metros.	Tapas acolchadas de 1 metro, 1.2 metros y de 1.4 metros.
Bandas laterales.	Ordenes de producción y rollos de tela acolchada de 60 metros.	Bandas laterales de 1 metro, 1.2 metros y de 1.4 metros.
Confección.	Ordenes de producción; tapas acolchadas de 1 metro, 1.2 metros, y de 1.4 metros; bandas laterales de 1 metro, 1.2 metros y de 1.4 metros.	Cajones de 1 metro, de 1.2 metros y de 1.4 metros.
Cerrado: proceso de forrado de láminas.	Ordenes de producción; láminas de espuma de 1 metro, 1.2 metros y 1.4 metros; tapas acolchadas de 1 metro, 1.2 metros, de 1.4 metros; y cajones de 1 metro, de 1.2 metros y de 1.4 metros.	Del proceso de forrado salen conjunto de lámina forrada de 1 metro, 1.2 metros y 1.4 metros.
Cerrado: proceso de cerrado.	Ordenes de producción, conjuntos de láminas forradas de 1 metro, 1.2 metros y de 1.4 metros.	Colchones cerrados de 1 metro, de 1.2 metros y de 1.4 metros.
Empacado.	Ordenes de producción, colchones cerrados de 1 metro, de 1.2 metros y de 1.4 metros.	Colchones terminados de 1 metro, 1.2 metros y de 1.4 metros.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo C. Descripción de las distribuciones de los procesos en cada estación de trabajo.

Estación de trabajo.	Actividad.	Tipo de distribución (minutos)
Producción de espuma.	1. Pesaje de químicos.	Constante (120)
	2. Preparación del área.	Constante (120)
	3. Transporte y vaciado de químicos para cilindros en máquina mezcladora.	Unif (6.92, 7.59)
	4. Transporte y vaciado de químicos de torres en máquina mezcladora.	Tria (9.35, 10.3, 10.7)
	5. Preparación del molde cilíndrico.	Tria (2.07,2.44,2.6)
	6. Preparación del molde de torres.	3.21 + Weib (0.396, 1.82)
	7. Mezclar químicos y vaciar en molde cilíndrico.	Tria (0.39,0.48,0.57)
	8. Mezclar químicos y vaciar en molde 4.2m.	0.38 + Logn(0.0734, 0.0523)
	9. Mezclar químicos y vaciar en molde 5m.	Tria (0.41, 0.494, 0.53)
	10. Reacción de la mezcla (cilindros de espuma)	Tria (1.85, 2.03, 2.2)
	11. Reacción de la mezcla (torres de espuma)	1.96 + Logn(0.12, 0.14)
	12. Retiro del cilindro del molde.	Unif(1.2,1.35)
	13. Retiro de la torre del molde.	1.48 + Logn(0.159, 0.122)
	14. Transporte cilindro de espuma al almacén.	1.24 + Logn(0.145, 0.111)
	15. Transporte torre de espuma 5m al almacén.	Tria (1.43, 1.64, 1.84)
	16. Transporte torre de espuma 4.2m al almacén.	Unif(1.45,1.64)
	17. Secado de torres y cilindros de espuma.	Delay (1440)
Corte vertical.	1. Buscar torre de espuma 5m en almacén.	Unif(1.14,1.34)
	2. Buscar torre de espuma 4.2m en almacén.	Tria (1.17,1.35,1.52)
	3. Acomodar torre de espuma 5m en mesón.	Unif(1.08,1.27)
	4. Acomodar torre de espuma 4.2m en mesón.	Norm(1.21,0.0738)
	5. Cortar torre 5m para puntas de 1m.	Unif(2.77,3.5)
	6. Cortar torre 5m para puntas de 1.2m.	Unif(2.56,3)
	7. Cortar torre 4.2m para puntas de 1.4m.	1.76 + Logn(0.176, 0.125)
	8. Perfilar punta de espuma de 1m.	Tria (1.9, 2.11, 2.2)
	9. Perfilar punta de espuma de 1.2m.	0.89 + Weib (0.254, 2.13)
	10. Perfilar punta de espuma de 1.4m.	Norm (1.66,0.0716)
	11. Transporte de punta de 1m al almacén.	Tria (0.16,0.258,0.31)
	12. Transporte de punta de 1.2m al almacén.	Tria (0.22,0.32,0.36)
	13. Transporte de punta de 1.4m al almacén.	Unif (0.3,0.42)
Corte horizontal.	1. Cargar 1 punta en máquina de corte.	Tria (0.41,0.485,0.56)
	2. Cargar 2 puntas en máquina de corte.	Tria (0.82,0.97,1.12)
	3. Cargar 3 puntas en máquina de corte.	Tria (1.24, 1.46, 1.68)
	4. Cargar 4 puntas en máquina de corte.	Tria (1.55, 1.65, 1.74)
	5. Cargar 5 puntas en máquina de corte.	Tria (1.65, 1.95, 2.24)
	6. Cargar 6 puntas en máquina de corte.	Tria (2.48, 2.92, 3.36)
	7. Cargar 7 puntas en máquina de corte.	3.39 + Logn(0.215, 0.192)
	8. Corte horizontal 1 lámina.	Norm(0.512, 0.0322)
	9. Corte horizontal 2 láminas.	Tria(0.81,0.992,1.07)

	10. Corte horizontal 3 láminas.	Norm(1.45, 0.0711)
	11. Corte horizontal 4 láminas.	1.73 + Logn(0.2, 0.145)
	12. Corte horizontal 5 láminas.	2.24 + Logn(0.218, 0.157)
	13. Corte horizontal 6 láminas.	Tria(2.62, 2.93, 3.3)
	14. Corte horizontal 7 láminas.	Unif(3.47, 3.74)
	15. Corte horizontal 14 láminas.	Tria(4, 4.42, 5)
	16. Corte horizontal 18 láminas.	Tria(5.12, 5.82, 6)
	17. Corte horizontal 21 láminas.	Tria(5.12, 5.82, 6)
	18. Corte horizontal 24 láminas.	Norm(6.54, 0.47)
	19. Corte horizontal 28 láminas	Norm(6.6, 0.51)
	20. Corte horizontal 35 láminas	Tria(6.11, 7.61, 8.26)
	21. Corte horizontal 42 láminas	7.02 + Logn(0.473, 0.486)
	22. Corte horizontal 49 láminas.	Tria(7.27, 7.89, 8.16)
	23. Retirar retal de 1 punta.	0.21 + Erla(0.011, 3)
	24. Retirar retal de 2 puntas.	Norm(0.491, 0.0315)
	25. Retirar retal de 3 puntas.	0.63 + Erla(0.0329, 3)
	26. Retirar retal de 4 puntas.	0.85 + Weib(0.137, 1.95)
	27. Retirar retal de 5 puntas.	1.06 + Weib(0.174, 2)
	28. Retirar retal de 6 puntas.	1.27 + Weib(0.211, 2.03)
	29. Retirar retal de 7 puntas.	Norm(1.71, 0.122)
	30. Transportar lote producido por 1 punta.	Norm(0.485, 0.0303)
	31. Transportar lote producido por 2 puntas.	Norm(0.969, 0.0605)
	32. Transportar lote producido por 3 puntas.	Norm(1.45, 0.0908)
	33. Transportar lote producido por 4 puntas.	Norm(1.94, 0.121)
	34. Transportar lote producido por 5 puntas.	Norm(2.42, 0.151)
	35. Transportar lote producido por 6 puntas.	Norm(2.91, 0.182)
	36. Transportar lote producido por 7 puntas.	Tria(3.87, 4.78, 5)
Desbastado.	1. Buscar cilindro de espuma en almacén.	1.29 + LOGN(0.26, 0.183)
	2. Cargar cilindro en máquina desbastadora.	Norm(3.79, 0.195)
	3. Pre-desbastado.	Tria(2.42, 2.91, 3.08)
	4. Desbastado.	Tria(3.42, 4.04, 4.38)
	5. Transportar rollo de espuma a almacén.	Tria(1.28, 1.64, 1.82)
Acolchado.	1. Buscar rollo de espuma continua en almacén.	Unif(2.84, 3.17)
	2. Buscar y ensamblar tela.	1.75 + Expo(0.0925)
	3. Acolchado.	62.5+4.98 *Beta(0.936, 0.87)
	4. Desmontar rollo de tela acolchada.	3.38+0.59*Beta(0.519, 0.66)
Tapas acolchadas.	1. Cargar rollo de tela en máquina cortadora.	3.88 + Logn(0.392, 0.341)
	2. Calibrar máquina para tapas acolchadas.	Norm(0.505, 0.134)
	3. Cortar tapa acolchada de 1m.	Norm(0.241, 0.042)
	4. Cortar tapa acolchada de 1.2m.	0.22+Gamm(0.00804, 6.39)
	5. Cortar tapa acolchada de 1.4m.	0.22 + 0.15 * Beta(2.87, 3.21)
	6. Acomodar tapa cortada de 1m.	0.1 + Logn(0.0604, 0.0372)
	7. Acomodar tapa cortada de 1.2m.	0.63 + Erla(0.0329, 3)
	8. Acomodar tapa cortada de 1.4m.	0.1 + 0.31 * Beta(2.25, 3.55)
	9. Transportar lote de tapas de 1m a confección.	Tria(0.21, 1.07, 1.2)
	10. Transportar lote de tapas de 1.2m a confección.	Tria(0.001, 2.05, 2.37)

	11. Transportar lote de tapas de 1.4m a confección.	Tria(1.13, 1.69, 2.25)
	1. Buscar rollo tela acolchada y acomodar en burro.	Norm(2.51, 0.137)
	2. Tender tela sobre mesa para bandas de 1m.	Unif(1.96, 2.15)
	3. Tender tela sobre mesa para bandas de 1.2m	1.96 + logn(0.11, 0.114)
Bandas	4. Tender tela sobre mesa para bandas de 1.4m	1.8 + erla(0.08, 2)
	5. Medir bandas laterales a cortar de 1m.	0.2 + weib(0.076, 2.33)
laterales.	6. Medir bandas laterales a cortar de 1.2m.	Tria(0.22, 0.259, 0.35)
	7. Medir bandas laterales a cortar de 1.4m.	Tria(0.24, 0.315, 0.39)
	8. Cortar y acomodar bandas laterales de 1m.	Tria(0.23, 0.263, 0.34)
	9. Cortar y acomodar bandas laterales de 1.2m	0.22 + weib(0.0575, 2.68)
	10. Cortar y acomodar bandas laterales de 1.4m.	0.21 + erla(0.0152, 7)
	1. Buscar insumos para cajón de 1m.	Unif(1.09, 1.34)
	2. Buscar insumos para cajón de 1.2m.	Unif(1, 1.19)
	3. Buscar insumos para cajón de 1.4m.	Tria(1.03, 1.18, 1.24)
	4. Alistar insumos para cajón de 1m.	Tria(0.5, 0.587, 0.81)
	5. Alistar insumos para cajón de 1.2m.	0.53+0.19*Beta(1.24, 0.966)
Confección.	6. Alistar insumos para cajón de 1.4m.	0.59 + 0.29 * Beta(1.08, 1.57)
	7. Confeccionar cajones de 1m.	3 + Logn(0.658, 0.42)
	8. Confeccionar cajones de 1.2m.	2.58+0.61*Beta(0.987, 1.03)
	9. Confeccionar cajones de 1.4m.	3.86+1.47*Beta(0.859, 0.98)
	10. Transportar cajón de 1m a zona WIP.	0.22 + Logn(0.051, 0.0351)
	11. Transportar cajón de 1.2m a zona WIP.	0.2 + 0.2 * Beta(1.81, 2.41)
	12. Transportar cajón de 1.4m a zona WIP.	Tria(0.22, 0.23, 0.32)
	1. Buscar lote de cajones en zona WIP.	Norm(1.02, 0.195)
Cerrado:	2. Acomodar láminas a forrar.	0.14 + Erla(0.132, 3)
proceso de	3. Buscar lote de tapas acolchadas.	Tria(0.38, 0.784, 1.15)
forrado de	4. Forrar láminas de espuma.	Tria(0.46, 0.551, 0.78)
láminas.	5. Transportar lámina forrada al almacén.	0.1 + 0.2 * Beta(3.08, 2.46)
	1. Buscar lámina forrada de 1m.	Tria(0.18,0.222,0.32)
	2. Buscar lámina forrada de 1.2m.	0.19+ Logn(0.0698, 0.0443)
	3. Buscar lámina forrada de 1.4m.	0.19 + Gamm(0.0271, 3.8)
	4. Acomodar e inspeccionar lámina forrada 1m.	Tria(0.32,0.512,0.68)
Cerrado:	5. Acomodar e inspeccionar lámina forrada 1.2m.	Tria(0.5,0.648,0.69)
proceso de	6. Acomodar e inspeccionar lámina forrada 1.4m.	Tria(0.31,0.583,0.7)
cerrado.	7. Cerrar colchón de 1m.	Norm(1.74,0.145)
	8. Cerrar colchón de 1.2m.	Norm(1.75,0.129)
	9. Cerrar colchón de 1.4m.	1.69 + Weib(0.393, 2.32)
	10. Transportar colchón de 1m a almacén.	0.21 + Weib(0.0637, 2.28)
	11. Transportar colchón de 1.2m a almacén.	0.22 + Expo(0.03)
	12. Transportar colchón de 1.4m a almacén.	Norm(0.233,0.0492)
	1. Buscar lote de colchones a empacar.	0.6+0.13 * Beta(0.549, 0.529)
	2. Inspeccionar lote de colchones y pegar etiquetas.	1.41+0.27*Beta(0.616, 0.44)
Empacado.	3. Plastificar colchón. (unitariamente)	0.34 + Logn(0.243, 0.129)
	4. Sellar colchón.	0.41 + Logn(0.123, 0.0815)
	5. Transportar colchón empacado a almacén final.	Tria(0.17, 0.218, 0.26)

Fuente: Elaboración propia.

Anexo D. Descripción de los principales atributos utilizados en el modelo de simulación.

Estación de trabajo.	Atributo.	Descripción.
Producción de espuma.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prioridad producción espuma. 2. Cantidad cilindros a producir. 3. Cantidad de torres a producir. 	<p>Asigna las prioridades de trabajo pendiente. El proceso que tenga la prioridad más alta será el primero en realizarse.</p> <p>Se utilizan para definir la cantidad de torres y cilindros de espuma a producir.</p>
Corte vertical.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prioridad corte vertical 2. Cantidad de puntas producir. 3. Tipo de punta de espuma. 	<p>Define el tipo de punta que se debe producir primero.</p> <p>Establece la cantidad de puntas de 1m, 1.2m y 1.4m a producir.</p>
Corte horizontal.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prioridad corte de láminas. 2. Cantidad láminas a producir. 3. Cantidad de punta a cortar. 4. Cantidad de puntas a cargar. 	<p>Define el tipo de punta que se produjo.</p> <p>Establece las láminas que deben ser cortadas con mayor antelación.</p> <p>Define la cantidad de láminas de 1m, 1.2m y 1.4m se deben producir.</p> <p>Establece qué cantidad se le debe restar al alto de la(s) punta(s) que está(n) siendo cortada(s).</p>
Desbastado.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prioridad proceso de desbastado. 2. Número de rollos de espuma continua a producir. 	<p>Define el número de puntas que van a ser cortadas.</p> <p>Prioriza las ordenes de rollos de espuma atrasados sobre los más recientes.</p> <p>Define la cantidad de rollos que deben ser producidos en la jornada laboral.</p>
Acolchado.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metros de tela acolchada a producir. 2. Metros de tela acolchada producidos. 3. Metros de tela acolchada. 	<p>Se utiliza para definir la cantidad de rollos de espuma que se deben procesar.</p> <p>Se utiliza para restar los metros que ya se han acolchado de los que trae la orden de producción</p> <p>Establece la cantidad de metros de tela acolchada que tiene un rollo procesado.</p>
Tapas acolchadas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prioridad tapas acolchadas. 2. Cantidad de tapas acolchadas a producir. 	<p>Se utiliza para definir el tipo de tapa acolchada que deben ser procesadas de primeras.</p> <p>Define la cantidad de tapas acolchadas de 1 metro, 1.2 metros y de 1.4 metros que se necesitan para la programación del día.</p>

	3. Cantidad que se va a cortar.	Define la cantidad de tela acolchada que se debe cortar de la tela tendida dependiendo del tipo de tapa acolchada.
Bandas laterales.	1. Prioridad bandas laterales.	Define cuál tipo de banda lateral debe ser procesado de primero.
	2. Cantidad de bandas laterales a producir.	Establece la cantidad de bandas laterales de 1m, 1.2m y 1.4m que se deben producir.
	3. Cantidad de laterales a cortar.	Establece la cantidad de laterales que se van a cortar de la tela que se ha tendido.
Confección.	1. Prioridad confección.	Establece el tipo de cajón que debe ser procesado con antelación.
Forrado de láminas.	1. Prioridad proceso de forrado.	Establece qué tipo de láminas deben ser forradas primero.
Cerrado de colchón.	1. Prioridad proceso de cerrado.	Define el tipo de colchón que debe ser cerrado con mayor prioridad.
Empacado.	1. Prioridad proceso de empacado.	Establece el tipo de colchón que debe ser empacado con mayor prioridad.
	2. Cantidad de colchones a empacar.	Define el número de colchones a empacar en cada lote.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo E. Descripción de las variables de control utilizadas en el modelo de simulación.

Estación de trabajo.	Variable.	Descripción.
Corte horizontal.	1. Cantidad de punta a cortar.	Define la cantidad de punta de espuma que se va a cortar de acuerdo con la cantidad de láminas que se procesarán.
Desbastado.	1. Número de rollos de espuma continua a producir.	Establece la cantidad de rollos de espuma continua que se producirán en la jornada laboral y no permite el procesamiento de otra orden hasta que la orden actual sea completada.
Acolchado.	1. Numero de rollos de tela acolchada a producir.	Establece la cantidad de rollos de tela acolchada que se producirán en la jornada laboral y no permite el procesamiento de otra orden hasta que la orden actual sea completada.
Tapas acolchadas.	1. Metros de tela acolchada cargados en la máquina.	Define los metros de tela acolchada cargados en la máquina cortadora y le resta el largo cortado dependiendo de la tapa acolchada producida.
	2. Lotes de tapas acolchadas acomodados.	Se encarga de decirle al sistema si el lote de tapas producido tiene como destino la estación de confección o la estación de cerrado.
Bandas laterales.	1. Metros de tela acolchada cargados en burro.	Define los metros de tela acolchada cargados en el burro y le resta los metros tendidos en la mesa de corte.
	2. Laterales que se pueden cortar.	Establece la cantidad de laterales que pueden ser cortados dependiendo de la cantidad de tela acolchada tendida en la mesa de corte. Cada vez que se realiza el corte de una banda lateral, dicha cantidad se le resta a la cantidad de laterales que se pueden cortar.
Empacado.	11. Cantidad colchones a empacar.	Determina el número de colchones que conformarán el lote que será empacado.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo F. Cuestionario para la identificación de la(s) causa(s) de los despilfarros en la estación de tapas acolchadas.

EXCESO DE ALMACENAMIENTO.

1. ¿Por qué se presenta un almacenamiento excesivo de tapas acolchadas?

Esta situación se presenta debido a se cortan tapas de más.

2. ¿Por qué se cortan tapas acolchadas de más?

Se cortan por dos razones. La primera es para mantener un stock de seguridad en caso de que se presenten retrasos en la tela acolchada. La segunda razón es debido a que durante el procesamiento de los rollos de tela acolchada se producen tapas impares, y puesto que para la producción de un colchón se necesita un número par, quedan en stock la que no se utilizan hasta que surge un pedido de la misma referencia de las tapas almacenadas.

Dado a que la primera razón expuesta por el operario está fundamentada en mantener un stock de seguridad para que las otras estaciones no se queden sin materiales para trabajar, se buscará conocer los motivos por los cuales se producen tapas acolchadas impares.

3. ¿Por qué se producen tapas acolchadas impares?

Generalmente se producen tapas acolchadas impares dado a que el jefe de producción le solicita al operario que procese todo el rollo de tela acolchada. Como consecuencia de esto, la cantidad de metros que tiene el rollo de tela acolchada no es suficiente para producir un número par de tapas acolchadas.

4. ¿Por qué le jefe de producción le solicita al operario procesar todo el rollo de tela acolchada?

Porque es preferible que se produzcan tapas acolchadas de más a que toque desmontar el excedente de tela acolchada que no se procesó y almacenarlo.

5. ¿Por qué es preferible que se produzcan tapas acolchadas de más que almacenar la tela acolchada que no es necesaria procesar para satisfacer la producción del día?

Porque el procesamiento de ese rollo de tela tomaría muy poco tiempo, mientras que el tiempo de alistamiento de la máquina para procesarlo tardaría casi lo mismo que un rollo de tela acolchada nuevo y se desperdiciaría mucho tiempo en este proceso.

SOBREPRODUCCIÓN.

1. ¿Por qué se producen más tapas acolchadas de las que requiere la programación del día?

La respuesta a esta pregunta fue obtenida durante el desarrollo del cuestionario para investigar las causas del despilfarro por exceso de almacenamiento. Debido a esto, se concluye entonces que el operario de la estación de tapas acolchadas corta tapas de más como consecuencia de una orden directa de procesar todo el rollo de tela acolchada, dicha orden proviene del jefe de producción de la empresa Espumas Santafé de Bogotá zona Caribe.

TIEMPOS DE ESPERA.

Al realizar la sistematización de los problemas evidenciados en esta estación, se hallaron dos situaciones en las cuales se incurre en despilfarros por tiempos de espera. A continuación, se analizará cada una de las situaciones.

A. Tiempos de espera durante el proceso de corte.

1. ¿Por qué la máquina cortadora debe esperar a que el operario acomode la tapa acolchada que acaba de ser procesada?

Porque la máquina cortadora tiene un sensor que le indica cuándo debe detenerse automáticamente antes del siguiente corte a realizar. Sin embargo, este sensor dejó de funcionar, y el operario debe detener la máquina manualmente entre cada corte.

2. ¿Por qué dejó de funcionar el sensor de la máquina cortadora?

Debido a fallas en el fluido eléctrico, el sensor dejó de funcionar. Eso ocurrió hace aproximadamente 5 meses.

3. ¿Por qué no se ha reparado el sensor de la máquina cortadora?

Porque los repuestos para esa máquina se solicitan en Bogotá, y para conseguir el repuesto se tardan demasiado.

4. ¿Por qué se tardan demasiado en conseguir el repuesto del sensor de la máquina cortadora?

Debido a la antigüedad de la máquina, toca mandar a realizar el repuesto ya que no se consigue hecho.

B. Tiempos de espera por fallas en la máquina cortadora.**1. ¿Por qué la máquina cortadora se ve detenida frecuentemente?**

Porque la máquina presenta fallas mecánicas frecuentemente.

2. ¿Por qué la máquina cortadora presenta fallas mecánicas frecuentemente?

Porque la máquina tiene piezas internas que están descalibradas, por lo que presenta fallas al realizar el proceso de corte.

3. ¿Por qué la máquina tiene piezas descalibradas?

Porque la máquina está constantemente en uso y como consecuencia se va desajustando. Sin mencionar que la máquina ya contaba con tiempo de uso en la sede principal de la empresa ubicada en Bogotá de donde fue traída.

4. ¿Por qué no se le hace un mantenimiento total a la máquina cortadora para realizarle los ajustes que necesita para su correcto funcionamiento?

Porque para realizarle el mantenimiento total a la máquina cortadora se requiere de mucho tiempo. Y la empresa no puede detener el proceso de corte de tapas porque de allí parte la producción de cajones para la elaboración de colchones.

EXCESO DE TRANSPORTES.**1. ¿Por qué el operario de cambia sitio las tapas acolchadas ya cortadas?**

Porque no puede dejarlas en el sitio donde las acomoda apenas son cortadas.

2. ¿Por qué no puede dejarlas en el sitio donde las acomoda apenas son cortadas?

Porque debe acomodarlas en otro sitio para clasificarlas de acuerdo con la referencia.

3. ¿Por qué debe clasificarlas de acuerdo con la referencia?

Porque la empresa produce 3 tamaños diferentes de tapas acolchadas: 1 metro, 1.20 metros y 1.40 metros, además del color de la tela acolchada. El operario las acomoda de acuerdo con esto.

4. ¿Por qué el operario no clasifica las tapas acolchadas en el mismo sitio en cual las acomoda al momento de cortarlas?

Porque, aunque haga esto, debe moverlas a otro sitio.

5. ¿Por qué debe moverlas las tapas acolchadas si ya se encuentran clasificadas por tamaño?

Porque debe ponerlas en un lugar más adecuado para que las recojan los operarios de las estaciones de cierre y confección.

MOVIMIENTOS INNECESARIOS.

1. ¿Por qué el operario se dirige con frecuencia a otras estaciones de trabajo durante la jornada laboral?

Porque al terminar un lote de tapas acolchadas, debe consultar cuál es la referencia del siguiente lote a procesar.

2. ¿Por qué el operario debe dirigirse a otras estaciones a consultar la referencia del siguiente lote de tapas a procesar?

Porque en ocasiones debe ponerse de acuerdo con el operario de la estación de corte horizontal sobre la próxima referencia a producir.

3. ¿Por qué el operario de tapas acolchadas debe ponerse de acuerdo con el operario de la estación de corte horizontal sobre la próxima referencia de colchón a producir?

Porque el operario de tapas acolchadas debe saber las referencias de las láminas que está procesando la estación de corte horizontal para en base a eso producir tapas acolchadas de la misma referencia.

4. ¿Por qué el operario debe saber la referencia de las láminas de espuma que se están procesando para producir tapas acolchadas en base a eso?

Porque muchas veces no tiene conocimiento de la programación de la producción del día.

5. ¿Por qué no tiene conocimiento de la programación de la producción del día?

Porque el que se encarga de comunicarles a otras estaciones de trabajo sobre la programación de la producción es el operario de la estación de corte horizontal.

6. ¿Por qué el operario de la estación de corte horizontal es el que les comunica a los operarios sobre la programación de la producción?

Porque el jefe de producción nada más le entrega una copia de la programación de la producción a él y a los operarios de la estación de reprocesado, entonces el operario de corte horizontal se encarga de desglosar la cantidad que debe producir cada estación de trabajo e ir indicándoles lo que deben hacer.

REPROCESOS.

1. ¿Por qué se presentan reprocesos de tapas acolchadas?

Porque se producen tapas acolchadas que no cumplen con los estándares de calidad. Además de que hay tapas acolchadas que luego de ser cortadas no se encuentran y que entonces deben ser producidas de nuevo.

Debido a que de esta respuesta se desglosan dos motivos diferentes, se profundizará en ambos, partiendo desde el primer motivo expuesto por el operario.

2. ¿Por qué se producen tapas acolchadas que no cumplen con los estándares de calidad?

Porque hay veces que la tela acolchada trae partes sin costuras, y no se dan cuenta sino hasta que el colchón ya va a ser cerrado. Entonces toca volver a cortar tapas acolchadas de esa misma referencia.

3. ¿Por qué el operario no nota cuando una tapa acolchada se produce defectuosa?

Porque el proceso de corte es muy rápido y no le da tiempo fijarse una por una cuál tapa tienen defectos y cuál no.

4. ¿Por qué no realiza la inspección luego de haber terminado el lote a producir?

Porque a veces tiene más tapas acolchadas que procesar y debe ponerse a producirlas de inmediato.

Como ya se ha encontrado el motivo por el cual el operario debe reprocesar tapas acolchadas por defectos de calidad, se buscará entonces encontrar la causa por la que no se encuentran las tapas acolchadas que ya han sido cortadas.

5. ¿Por qué hay tapas acolchadas que ya han sido procesadas pero que luego no se encuentran?

Porque las tapas acolchadas son trasladadas a la estación de cerrado, pero estas ocasionalmente quedan atrapadas entre otras láminas de espuma sin procesar.

6. ¿Por qué hay tapas acolchadas que ocasionalmente quedan atrapadas entre láminas de espuma sin procesar?

Porque las tapas acolchadas se acomodan allí durante el proceso de forrado, y ocasionalmente al operario encargado de este proceso se le olvida el sitio donde las dejó y le acomoda otras láminas encima, por lo que muchas veces no son encontradas y deben volver a procesarse.

7. ¿Por qué el operario encargado del proceso de forrado no se fija del lugar donde acomoda el lote de tapa acolchadas que transporta a la estación de cerrado?

Debido al desorden que se tiene en dicha estación y a la falta de un lugar específico para realizar el proceso de forrado de láminas de espuma.

Anexo G. Cuestionario para la identificación de la(s) causa(s) de los despilfarros en la estación de confección.

EXCESO DE ALMACENAMIENTO.

1. ¿Por qué quedan cajones almacenados si estos debieran ser producidos de acuerdo a la programación del día?

Porque hay ocasiones se realizan cambios en la programación y entonces los cajones que ya fueron producidos quedan almacenados hasta que se emita un pedido con las características de estos.

2. ¿Por qué se cambia la programación de un momento a otro?

Esta situación se presenta debido a que no se ve viable que el tipo de producto en el que se están trabajando se terminado a tiempo para ser despachado en el próximo camión a salir de la empresa y entonces prefieren fabricar otro que si pueda terminarse.

3. ¿Por qué no consideran viable que dicho producto se termine a tiempo?

Esto se debe a dos razones que no son codependientes. La primera de ellas es debido a que la máquina acolchadora presente fallas y por ello no se logre producir la tela acolchada para terminar de producir la cantidad restante de colchones para cumplir la programación inicial (la cual se presenta con más frecuencia); la segunda razón es debido a que las láminas de espuma de poliuretano que se produjeron no cumplen con los estándares de calidad.

Como la primera razón expuesta por el jefe de producción ya fue analizada en el anexo F, se analizará entonces en la segunda razón.

4. ¿Por qué se produce láminas de espuma de poliuretano que no cumple los estándares de calidad?

Porque se producen fallas al momento de realizar la preparación de los bloques y cilindros de espuma.

5. ¿Por qué se producen fallas al realizar la elaboración de bloques de espuma de poliuretano?

Esto se puede deber a que se rieguen un par de gramos de los químicos durante el proceso de vaciado de estos en la máquina mezcladora o porque queden químicos en el recipiente donde son transportados. En cualquiera de las dos situaciones, se corre el riesgo de que los bloques y cilindros que se produzcan no cumplan con los estándares de calidad.

SOBREPRODUCCIÓN.

1. ¿Por qué se produce un mayor número de cajones de colchón del que se requiere para la programación diaria?

Esto se debe a dos razones. La primera de ellas es que se cortan tapas acolchadas y bandas laterales de más y entonces toca confeccionarlas para que no queden ahí sin procesar. La segunda razón es para tener cajones de reserva.

Como se desprenden dos razones por las cuales se producen más cajones de colchón de los requeridos para la programación diaria, se profundizará en cada una de ellas. A continuación, se expone el cuestionario para identificar por qué se cortan más tapas acolchadas y bandas laterales de las que son necesarias para la programación del día.

2. ¿Por qué se producen más bandas laterales de las requeridas para la programación diaria?

Porque el operario encargado del corte de tapas acolchadas corta de más, y entonces toca realizar el corte de las bandas para procesar esas tapas que se cortan de más.

3. ¿Por qué el operario de corte de tapas acolchadas corta más tapas de las requeridas para la programación del día?

Porque a veces se confunde respecto a la cantidad de tapas que debe cortar ya que no tiene una idea clara sobre la cantidad de colchones a producir. Por ende, le toca estar yendo a otras estaciones de trabajo a preguntar sobre la programación del día para saber la cantidad de tapas que debe cortar.

Como el motivo por el cual se producen tapas acolchadas de más se debe a que el operario muchas veces no tiene clara cuál es la cantidad de colchones a producir al día, se abordará entonces las causas por las cuales los operarios de la estación de confección deben producir cajones de colchón para tenerlos de reserva.

4. ¿Por qué se producen cajones de colchones para tenerlos de reserva?

Porque en ocasiones se encuentran cajones ya elaborados defectuosos, entonces toca tener otros de respaldo para no tener que empezar el proceso de producción de cajones de nuevo.

5. ¿Por qué se encuentran cajones ya elaborados defectuosos?

Generalmente esta situación se presenta en la estación de empaque, ya que queman los colchones al momento de realizar el proceso de plastificado.

6. ¿Por qué se queman los colchones durante el proceso de plastificado?

Por descuido de los operarios, ya que no se dan cuenta cuando el plástico que recubre la resistencia de la máquina selladora se desgasta. Esto ocasiona que se transfiera demasiado calor, el cual traspasa el plástico con el que se empaqueta el cajón y entonces quema el colchón.

TIEMPOS DE ESPERA.

Durante la sistematización de los despilfarros en la estación de confección surgieron dos preguntas para que conciernen a diferentes causas por las cuales se incurren en despilfarros por tiempos de espera. A continuación, se expondrá el cuestionario para cada una de las preguntas sistematizadas.

A. Tiempos de espera por falta de insumos.

1. ¿Por qué se presentan ocasiones en las que la maquinaria se encuentra parada?

Porque no cuentan con los insumos para seguir con las operaciones rutinarias, y entonces toca esperar a que sean producidos en las otras estaciones.

2. ¿Por qué los operarios deben esperar a que las otras estaciones produzcan los insumos que necesitan para continuar con sus operaciones?

Generalmente esto se debe a que no se tienen rollos de tela acolchada para procesar.

3. ¿Por qué se quedan sin rollos de tela acolchada para procesar?

Porque se consumen los rollos de tela acolchada que se tienen en stock y la máquina acolchadora presenta fallas constantemente, motivo por el cual se retrasa la producción.

B. Tiempos de espera por fallas en las máquinas.**1. ¿Por qué se detienen las máquinas durante el proceso de producción de cajones?**

Porque las máquinas presentan fallas mecánicas.

2. ¿Por qué presentan fallas mecánicas las máquinas?

Por falta de mantenimiento.

3. ¿Por qué no se les hace mantenimiento a las máquinas?

Porque no se tiene una programación para realizarle mantenimiento a las máquinas.

4. ¿Por qué no se programa el mantenimiento a las máquinas de confección?

Porque es muy difícil debido a que las máquinas están constantemente siendo utilizadas. Es preciso recalcar que a las máquinas se les realiza mantenimiento, pero correctivo.

5. ¿Por qué no se les realiza mantenimiento preventivo?

Porque no hay manera de que las máquinas detengan sus labores para realizarles mantenimiento, ya que de realizarse esto, la producción del día se vería severamente afectada.

EXCESO DE TRANSPORTES.**1. ¿Por qué los operarios no acomodan la totalidad de los lotes de tapas acolchadas y bandas laterales en su sitio de trabajo?**

Porque ocupan mucho espacio y, además, no siempre se confecciona todo el lote enseguida.

2. ¿Por qué no se confecciona todo el lote de tapas acolchadas y bandas laterales enseguida?

Porque se confeccionan la cantidad de cajas de acuerdo con los colchones que están más próximos a ser despachados.

- 3. ¿Por qué se transportan una cantidad de tapas acolchadas y bandas laterales si no se van a procesar en el momento?**

Para tenerlas almacenadas en un área cercana para cuando necesiten ser procesadas.

- 4. ¿Por se cortan una cantidad de tapas acolchadas y bandas laterales superior a las necesarias en el momento sino van a ser procesados de inmediato?**

Porque se cortan todos los insumos de una misma referencia de inmediato para tenerlos almacenados y no tener que cortarlos al momento en que son requeridos.

MOVIMIENTOS INNECESARIOS.

En la sistematización de los despilfarros en los que incurre la estación de confección, se desglosan dos preguntas para hallar los motivos por los cuales los operarios incurren en movimientos innecesarios. A continuación, se expondrá el cuestionario para cada una de las preguntas sistematizadas.

A. Movimientos innecesarios para la búsqueda de insumos.

- 1. ¿Por qué los operarios deben levantarse de su puesto de trabajo para buscar los insumos necesarios para la realización de sus tareas?**

Porque no hay una persona asignada para que les entregue los insumos a medida que se van acabando.

- 2. ¿Por qué no se tiene una persona asignada para que lleve los insumos necesarios para la realización de sus tareas a su sitio de trabajo?**

Porque no se cuenta con suficiente personal en la planta como para derogarle esa tarea a un operario en específico.

- 3. ¿Por qué considera que no tiene suficiente personal en la planta?**

Porque todos los empleados siempre están ocupados haciendo algo, y se necesitaría la contratación de otro operario específicamente para que cumpla la labor de patinador.

B. Movimientos innecesarios para la búsqueda de insumos.**1. ¿por qué los operarios deben consultar varias veces al día la programación de la producción con el jefe de planta o en otra estación de trabajo?**

Porque no se les entrega la programación de la producción a la estación directamente, sino que la entregan en otras estaciones y por ello los operarios no tienen claro lo que se va a producir durante la jornada laboral.

2. ¿Por qué no se les entrega la programación de la producción directamente a la estación de confección?

Porque la programación se les entrega a las estaciones que se consideran principales, y de allí ellos reparten la información a las otras estaciones.

3. ¿Por qué se consideran estaciones principales a unas cuantas estaciones de trabajo y no a todas las estaciones de trabajo?

Porque los operarios de las estaciones que se consideran principales son los encargados de desglosar los requerimientos de la producción del día de cada estación.

4. ¿Por qué el desglose de la producción por cada estación de trabajo no lo realiza el jefe de producción?

Porque tiene otras obligaciones, y resulta más sencillo derogarle la labor a los operarios de las estaciones consideradas como principales.

Anexo H. Cuestionario para la identificación de la(s) causa(s) de los despilfarros en la estación de cerrado.

EXCESO DE ALMACENAMIENTO.

- 1. ¿Por qué se almacenan láminas de espuma forradas, si estas debiesen procesarse de acuerdo con la programación diaria?**

Porque con frecuencia se tienen productos terminados en stock, entonces se hace un descuento entre los productos que se tienen listos y los que faltan y algunas de las láminas que ya han sido forradas no se terminan de procesar.

- 2. ¿Por qué no se hace el descuento entre los productos que ya se tienen terminados y los que toca procesar antes de iniciar la producción?**

Porque el encargado de realizar ese chequeo es el jefe de producción. Para cuando se le avisa al operario de la cantidad de productos terminados que se tienen en stock, este ya ha forrado las láminas de espuma y estas se encuentran a la espera de ser cerradas.

- 3. ¿Por qué el jefe de producción le avisa tarde al operario de los productos terminados que se tienen en stock?**

Porque el jefe de producción con frecuencia realiza el chequeo de los productos terminados cuando ya va avanzada la jornada laboral, y por estar pendiente a otras obligaciones, se le olvida comunicarles a los operarios sobre los productos que se tienen en stock.

- 4. ¿Por qué el jefe de producción no realiza el chequeo de los productos que se tienen en stock al iniciar la jornada laboral?**

Porque tiene otras obligaciones pendientes, y alrededor de las 10am es que se desocupa y puede realizar el chequeo.

SOBREPRODUCCIÓN.

1. ¿Por qué se forran láminas de espuma que no son necesarias para cumplir con la programación del día?

Porque las estaciones de confección y de corte vertical producen materiales de más, y entonces toca procesarlos para que no queden allí a la deriva.

2. ¿Por qué los operarios de las estaciones de confección y de corte vertical producen más materiales de los requeridos para cumplir con la programación diaria?

Muchas veces esos materiales se procesan porque en un principio son requeridos para cumplir con la producción del día, pero por cambios que se realizan en la programación a lo largo de la jornada laboral, esos materiales ya no son necesarios.

3. ¿Por qué se realizan esos cambios en la programación?

Esto puede suceder por tres motivos. El primero de ellos es que se presenten retrasos en la producción de tela acolchada y entonces toque cambiar la programación para realizar los productos que se puedan terminar a tiempo para ser despachados. El segundo motivo es que la espuma de poliuretano producida no cumpla con los estándares de calidad y por ende no pueda terminar de procesarse un lote de productos. El tercer motivo es porque se cuenten con productos terminados en stock, lo que significaría que algunos de los productos que se encuentran en procesos no se terminen de procesar hasta que surja un nuevo pedido.

Los motivos expuestos por parte del jefe de producción por los cuales se cambia la programación ya han sido abarcados a lo largo de los cuestionarios realizados en los Anexos anteriores.

TIEMPOS DE ESPERA.

Durante la sistematización de los despilfarros en los que incurre la estación de cerrado, se encontraron dos problemáticas por las cuales se presentan tiempos de espera. A continuación, se expondrán los cuestionarios para identificar la causa de cada problemática.

A. Tiempos de espera por falta de cajones.**1. ¿Por qué se presentan tiempos de espera durante el proceso de forrado de las láminas de espuma?**

Porque el operario se queda sin cajones para seguir con el proceso de forrado de las láminas de espuma.

2. ¿Por qué el operario se queda sin cajones para forrar las láminas de espuma?

Porque se presentan retrasos en la producción de los cajones en la estación de confección.

3. ¿Por qué se presentan retrasos en la producción de los cajones?

Puede suceder por dos razones, la primera es debido a fallas en las máquinas de confección y la segunda es por falta de insumos para la elaboración de los cajones.

La primera razón expuesta por el operario de la estación de confección ya fue abordada en el Anexo G, por lo tanto, se profundizará en la segunda razón.

4. ¿Por qué faltan insumos para la elaboración de cajones?

Porque no se cuentan con tapas acolchadas o bandas laterales listas para continuar con los procesos productivos en la estación de confección.

Las situaciones descritas aquí, fueron abordadas en el cuestionario realizado en el anexo G, en la cual se identifican los motivos por los cuales los operarios de la estación de confección se quedan sin insumos para la elaboración de cajones.

B. Tiempos de espera por fallas en la máquina cerradora.**1. ¿Por qué una de las máquinas cerradoras se ve frecuentemente detenida?**

Porque la máquina presenta fallas mecánicas con mucha frecuencia.

2. ¿Por qué presenta la máquina cerradora presenta fallas mecánicas con frecuencia?

Porque muy poco se les hace mantenimiento a las máquinas cerradoras. Además de eso, la máquina se ve detenida con frecuencia porque tiene una pieza dañada.

De esta respuesta surgen dos interrogantes. A continuación, se abordará el primero de ellos para posteriormente abordar el segundo.

3. ¿Por qué muy poco se les hace mantenimiento a las máquinas cerradoras?

Porque para realizarles mantenimiento a las máquinas toca parar la producción un día, y la empresa no puede realizar esto ya que se retrasa la producción del día.

4. ¿Por qué no se programa un día del mes para realizarles el mantenimiento a las máquinas cerradoras?

Porque resulta muy difícil de coordinar, ya que en la gerencia exigen un margen de producción diaria que debe ser cumplido.

Ya establecido el motivo por el cual no se programa un día para realizar el mantenimiento a las máquinas cerradoras, se buscará hallar el motivo por el cual una de las máquinas cerradoras tiene una pieza dañada.

5. ¿Por qué la máquina cerradora que constantemente se ve detenida tiene una pieza dañada?

Debido al uso constante que se le da a la máquina, la pieza en cuestión se desgastó y desde entonces se está trabajando con la pieza así.

6. ¿Por qué no se ha cambiado la pieza de la máquina que se encuentra desgastada?

La pieza como tal ya está comprada, sin embargo, no se le ha puesto a la máquina cerradora.

7. ¿Por qué si la pieza ya está comprada, no se le ha cambiado a la máquina cerradora?

Porque para cambiar la pieza se le debe hacer mantenimiento general a la máquina. El lapso que toma realizarle dicho mantenimiento a la máquina es muy largo y la máquina no puede dejar de trabajar porque se retrasa la producción en la empresa.

EXCESO DE TRANSPORTES.

En la sistematización de los despilfarros en la estación de cerrado se identificaron dos situaciones en las cuales se presentan despilfarros por transportes. Seguidamente se planteará el cuestionario para identificar la(s) causa(s) de cada una de las situaciones evidenciadas.

A. Transportes de láminas de espuma durante el proceso de forrado.

1. ¿Por qué el operario cambia de sitio constantemente las láminas de espuma forradas?

Porque generalmente utiliza las láminas de espuma sin forrar como base para colocar las láminas que está forrando.

2. ¿Por qué utiliza las láminas de espuma sin forrar como base si después tendrá que mover las láminas forradas?

Porque de esta manera le queda más fácil realizar el proceso de forrado, ya que las láminas de espuma sin forrar le funcionan como base para no tener que agacharse tanto durante el desarrollo de esta actividad.

3. ¿Por qué no cambia las láminas forradas enseguida a un sitio diferente para no tener que moverlas después?

Porque así trabaja más cómodo que si las mueve enseguida.

B. Transportes por falta de un sitio designado para realizar la actividad de forrado de láminas.

1. ¿Por qué el operario se está cambiando constantemente de sitio para realizar el proceso de forrado de láminas de espuma?

Porque el operario realiza el proceso de forrado de láminas en el sitio donde el operario de la estación de corte horizontal acomode las láminas de espuma cortadas.

2. ¿Por qué el operario realiza el proceso de forrado de láminas de espuma en donde acomoda las láminas el operario de la estación de corte horizontal?

Porque no tiene un sitio específico designado en donde realizar esta operación.

3. ¿Por qué el operario no tiene un sitio designado para realizar el proceso de forrado de las láminas de espuma?

Por falta de espacio, ya que la planta no cuenta con suficiente espacio como para asignarle un sitio específico al operario en donde pueda desarrollar sus actividades.

MOVIMIENTOS INNECESARIOS.

En la realización de la sistematización de los despilfarros en los que incurre la estación de cerrado, se encontraron dos problemáticas por las cuales se presentan movimientos innecesarios. A continuación, se expondrán los cuestionarios para identificar la causa de cada problemática.

A. Movimientos innecesarios por parte del operario del proceso de forrado de láminas.

1. ¿Por qué hay ocasiones en las que el operario encargado del proceso de forrado de láminas de espuma deambula por la planta de producción sin motivo alguno?

Porque en esos momentos el operario no tiene nada que hacer.

2. ¿Por qué hay momentos en los que el operario no tiene nada que hacer?

Esta situación puede presentarse debido a dos motivos. El primero de ellos porque el operario no sabe lo que debe producir en el momento; el segundo motivo es porque el operario no cuenta con insumos para continuar forrando láminas de espuma.

El motivo por el cual el operario se queda sin insumos para continuar forrando láminas de espuma ya se ha investigado. Por consiguiente, se profundizará entonces en el motivo por el cual el operario desconoce lo que debe producir.

3. ¿Por qué hay ocasiones en las que el operario desconoce lo que debe procesar para cumplir con la producción del día?

Porque en esos momentos el jefe de planta no ha pasado la programación, o puede que haya realizado cambios en la misma y entonces deban esperar a que emita la orden de lo que deben empezar a procesar.

Los dos motivos expuestos en la respuesta suministrada por el operario encargado del proceso de forrado ya han sido abarcados en cuestionarios anteriores.

B. Movimientos innecesarios por parte de los operarios del proceso de cerrado.**1. ¿Por qué los operarios encargados del proceso de cerrado deben ir hasta la estación de tapas acolchadas a buscar tapas para realizar sus labores?**

Porque hay ocasiones en las que el operario encargado del proceso de forrado solamente acomoda las láminas forradas, pero sin tapas.

2. ¿Por qué el operario encargado del proceso de forrado acomoda las láminas forradas sin tapas?

Porque no hay tapas acolchadas disponibles en el momento para acomodarlas junto a las láminas de espuma forradas.

3. ¿Por qué no se tienen tapas acolchadas?

Porque el operario encargado del corte de tapas acolchadas aún no las ha procesado, entonces toca esperar a que las procesen para ir a buscarlas y continuar con el proceso de cerrado de colchones.

4. ¿Por qué el operario de la estación de corte de tapas acolchadas no tiene tapas acolchadas listas para el proceso de cerrado de las láminas de espuma?

Puede deberse a dos motivos. El primero de ellos es que la máquina cortadora de tapas presente fallas mecánicas y por eso se encuentre retrasada la producción de tapas acolchadas. El segundo motivo es por falta de tela acolchada para procesar.

5. ¿Por qué presenta fallas mecánicas la máquina cortadora de tapas acolchadas?

Tal como ocurre con las otras máquinas de la planta, la mitad de las fallas que presenta la máquina cortadora es por falta de mantenimiento. Dicho mantenimiento no puede ser llevado a cabo por los mismos motivos por los cuales no se les hace mantenimiento a las otras máquinas de la planta. La otra mitad de las fallas que se detectan en la máquina es por falta de presión.

6. ¿Por qué le falta presión a la máquina cortadora de tapas acolchadas?

Porque la bomba que les suministra el aire todas las máquinas de la planta no tiene suficiente capacidad para alimentar eficientemente a las mismas.

7. ¿Por qué la bomba no tiene suficiente capacidad para alimentar a toda la maquinaria de la empresa?

Porque la bomba fue implementada inicialmente para un número menor de máquinas, pero a medida que la empresa fue creciendo, más máquinas empezaron a ser alimentadas por la misma bomba hasta el punto en que está actualmente.

REPROCESOS.

1. ¿Por qué hay ocasiones en las que el operario debe desenfundar las láminas que ya han sido procesadas y volverlas a enfundar?

Porque la referencia de colores de los colchones requeridos no era la misma que se estaba produciendo en el momento.

2. ¿Por qué la referencia de colores que se estaba produciendo en el momento no era la misma que la que se requería para la programación del día?

Porque suele suceder que se trabaja con la tela acolchada que se encuentra almacenada, pero que a en medio del día el jefe de producción notifique que no es la misma tela acolchada que se necesita para realizar la programación del día.

3. ¿Por qué se trabaja con la tela acolchada que se tiene en stock?

Porque al iniciar la jornada laboral el jefe de producción solo quiere ver a los operarios trabajando, sin importar que no se haya especificado las características de los productos que se van a elaborar durante el día.

4. ¿Por qué el jefe de producción no les especifica al iniciar la jornada a los operarios si la tela acolchada que se tiene almacenada se puede utilizar para cumplir con la programación de la producción del día?

Porque al iniciar el turno apenas se está realizando la programación de la producción del día.

Anexo I. Cuestionario para la identificación de la(s) causa(s) de los despilfarros en la estación de empaçado.

TIEMPOS DE ESPERA.

En la sistematización de los despilfarros en la estación de empaçado, se identificaron dos situaciones en las cuales los operarios presentan retrasos por tiempos de espera. De aquí se desglosa un cuestionario para cada una de las situaciones descritas.

A. Tiempos de espera por realizar otras actividades que no son propias de la estación de trabajo.

1. ¿Por qué los operarios deben realizar actividades en otras estaciones de trabajo?

Porque hay veces que los operarios de las otras estaciones necesitan apoyo.

2. ¿Por qué necesitan apoyo los operarios de las otras estaciones de trabajo?

Porque se encuentran retrasados en la realización de sus actividades.

3. ¿Por qué se retrasan en sus actividades los operarios de las otras estaciones de trabajo?

Porque a veces los operarios de las otras estaciones no dan abasto para procesar todos los materiales a tiempo para cumplir con la programación de la producción del día.

4. ¿Por qué no dan abasto para procesar los materiales necesarios para cumplir con la programación del día?

Porque ocasionalmente la demanda de productos es bastante elevada, y la capacidad de los trabajadores no es suficiente para satisfacerla. Por este motivo, los operarios de la estación de empaçado se designan para que les colaboren a sus compañeros, con el fin de sacar la producción que se encuentra retrasada.

B. Tiempos de espera por falta de materiales para desarrollar sus actividades.

1. ¿Por qué se presentan momentos en los que los operarios no tienen nada que hacer?

Porque los operarios de la estación de cerrado no les proveen colchones para empaçado.

2. ¿Por qué los operarios de la estación de cerrado no les suministran colchones para empacar?

Porque no cuentan con cajones para forrar las láminas de espuma.

3. ¿Por qué no cuentan con cajones para realizar el proceso de forrado de las láminas de espuma?

La mayoría de las veces se debe a falta de tapas acolchadas para procesar.

4. ¿Por qué faltan tapas acolchadas para procesar?

Pueden faltar tapas acolchadas para procesar debido a que la máquina cortadora presenta fallas o porque no hay tela acolchada para procesar. Estos motivos ya fueron analizados con anterioridad.

EXCESO DE TRANSPORTES.

1. ¿Por qué con frecuencia los operarios deben buscar las herramientas con las que realizan sus operaciones en otras estaciones de trabajo?

Porque los operarios de las otras estaciones se las llevan y no las regresan a su puesto.

2. ¿Por qué los operarios de las otras estaciones se llevan las herramientas de la estación de empacado?

Porque en las estaciones de corte horizontal y de reprocesado también empacan mercancía.

3. ¿Por qué se empaca mercancía en esas estaciones de trabajo?

Porque la empresa también produce láminas de espuma y láminas de cassata para la venta, las cuales son empacadas en la misma estación en que se producen.

4. ¿Por qué si en las otras estaciones también se empaca mercancía, no tienen sus propias herramientas?

Anteriormente esas estaciones tenían sus máquinas selladoras para el proceso de empacado, pero por descuido de los operarios se dañaron y desde entonces utilizan las herramientas de la estación de empacado.

MOVIMIENTOS INNECESARIOS.

- 1. ¿Por qué los operarios de la estación de empaqueo con frecuencia se dirigen a otras estaciones de trabajo sin motivo alguno?**

Hacen esto para mirar si hay material disponible para continuar con sus labores.

- 2. ¿Por qué deben dirigirse a otras estaciones para verificar si hay material para realizar sus labores?**

Porque se quedan sin producción.

- 3. ¿Por qué se quedan sin producción?**

Porque no hay más colchones cerrados para empaacar. Esto se debe a que las estaciones de trabajo que le surten materiales a la estación de empaqueo se quedan sin material para procesar. Los motivos por los que ocurre esto ya han sido analizados con anterioridad.

REPROCESOS.

- 1. ¿Por qué se empaacan colchones sin las etiquetas que los identifican?**

Porque hay ocasiones en las que los operarios se confunden al momento de empaacar los colchones.

- 2. ¿Por qué se confunden los operarios al momento de empaacar los colchones?**

Porque hay colchones que deben ser empaacados sin marquilla y en bolsas lisas.

- 3. ¿Por qué hay colchones que se deben empaacar sin marquillas?**

Porque hay clientes que tienen marca propia y le solicitan a la empresa que los colchones que son producidos para ellos sean empaacados sin etiquetas y empaacados con plásticos sin referencias de la empresa.

- 4. ¿Por qué los operarios se confunden entre los colchones que llevan etiqueta y los que no?**

Porque muchas veces el jefe de planta no les informa sobre cuáles son los colchones que llevan marquilla y cuales no llevan, y cuando les informa algunos ya han sido empaacados.

5. ¿Por qué el jefe de producción no les informa cuáles son los colchones que llevan etiqueta y cuales no llevan?

Porque al iniciar la jornada laboral no se ha hecho la programación de la producción del día.

Cuando la programación del día se realiza, en ocasiones el jefe de producción está ocupado, y cuando revisa los colchones que ya se han producido es que se percata de que algunos son para los clientes que solicitan los productos sin etiquetas.

Anexo K. Muestreo realizado en la estación de tapas acolchadas.

Muestras iniciales (n) en minutos					
# Muestra.	Elemento				
	1	2	3	4	5
1	4.21	0.60	0.25	0.21	1.68
2		0.00	0.27	0.18	
3		0.69	0.31	0.29	
4		0.00	0.32	0.15	
5		0.00	0.24	0.25	
6		0.00	0.25	0.27	
7		0.00	0.31	0.24	
8		0.00	0.31	0.20	
9		0.00	0.33	0.18	
10		0.00	0.27	0.16	
11		0.00	0.28	0.24	
12	4.15	0.00	0.32	0.25	
13		0.00	0.29	0.21	
14		0.00	0.29	0.17	
15		0.00	0.30	0.15	
16		0.00	0.33	0.23	
17		0.00	0.31	0.24	1.93
18		0.00	0.33	0.24	
19		0.55	0.33	0.23	
20		0.00	0.30	0.25	
21		0.00	0.28	0.23	
22		0.00	0.27	0.27	
23		0.00	0.26	0.20	
24		0.00	0.26	0.25	
25	4.83	0.00	0.33	0.38	1.82
Tamaño de muestra	7.53	13.91	15.81	77.38	5.23

Fuente: Elaboración propia.

Muestreo final (n) en minutos					
# Muestra	Elemento				
	1	2	3	4	5
1	4.21	0.60	0.25	0.21	1.68
2		0.00	0.27	0.18	
3		0.69	0.31	0.29	
4			0.32	0.15	
5			0.24	0.25	
6			0.25	0.27	

7			0.31	0.24	
8			0.31	0.20	
9			0.33	0.18	
10			0.27	0.16	
11			0.28	0.24	
12			0.32	0.25	
13			0.29	0.21	
14			0.29	0.17	
15			0.30	0.15	
16			0.33	0.23	
17			0.31	0.24	1.93
18			0.33	0.24	
19		0.55	0.33	0.23	
20			0.30	0.25	
21			0.28	0.23	
22			0.27	0.27	
23			0.26	0.20	
24			0.26	0.25	
25			0.33	0.38	0.98
26	4.83		0.25	0.29	
27			0.30	0.17	
28			0.30	0.24	
29			0.32	0.28	
30		0.61	0.33	0.25	
31			0.34	0.27	
32			0.33	0.23	
33			0.30	0.29	
34			0.29	0.22	
35			0.29	0.33	
36			0.33	0.26	
37			0.25	0.28	1.68
38			0.30	0.31	
39			0.34	0.18	
40			0.27	0.23	
41			0.29	0.17	
42		0.41	0.27	0.32	
43			0.25	0.20	
44			0.33	0.26	
45			0.28	0.27	

46		0.51	0.34	0.23	1.23
47			0.27	0.33	
49			0.28	0.23	
50			0.27	0.25	
51			0.26	0.35	0.83
52	4.63	0.40	0.27	0.26	
53			0.28	0.16	
54			0.26	0.19	
55			0.29	0.16	
56			0.27	0.18	
57			0.29	0.22	
58			0.35	0.13	
59			0.24	0.15	
60			0.24	0.33	2.15
61		0.61	0.33	0.16	
62			0.31	0.21	
63		0.43	0.31	0.23	
64			0.29	0.15	
65		0.44	0.25	0.22	
66		0.46	0.29	0.27	
67			0.26	0.15	
68			0.30	0.14	
69			0.31	0.17	
70			0.29	0.15	1.60
71			0.28	0.14	
72			0.30	0.16	
73			0.30	0.15	
74			0.27	0.18	
75			0.29	0.15	
76			0.30	0.16	
77			0.27	0.14	
78	4.10	0.67	0.31	0.17	1.43
Total tiempo observado	17.77	6.36	22.69	17.17	11.85
Promedio Tiempo observado	4.44	0.49	0.29	0.22	1.48
Valoración	100%	100%	100%	100%	95%
Frecuencia	25	6	1	1	10
Tiempo básico	0.18	0.08	0.29	0.22	0.14
Suplementos	0.21	0.14	0.14	0.12	0.14
Contenido de trabajo.	5.38	0.56	0.33	0.25	1.61

Fuente: Elaboración propia.

Anexo L. Muestreo realizado en la estación de confección.

Muestras iniciales (n) en minutos				
Muestra	Elemento			
	1	2	3	4
1	1.20	0.53	3.37	0.25
2		0.65	3.63	0.28
3		0.62	3.70	0.25
4		0.55	3.43	0.23
5		0.67	3.13	0.31
6	1.12	0.62	3.73	0.23
7		0.70	3.50	0.32
8		0.57	3.70	0.26
9		0.58	3.27	0.26
10		0.55	3.72	0.24
11	1.18	0.62	3.42	0.24
12		0.65	3.65	0.27
13		0.64	3.43	0.27
14		0.65	3.98	0.25
15		0.61	3.23	0.27
16	1.32	0.62	3.62	0.25
17		0.73	4.45	0.33
18		0.63	4.07	0.33
19		0.69	4.55	0.27
20	1.27	0.78	3.42	0.30
Tamaño de muestra	5.16	14.28	15.89	20.22

Fuente: Elaboración propia.

Muestras finales (n) en minutos				
Muestra	Elemento			
	1	2	3	4
1	1.20	0.53	3.37	0.25
2		0.65	3.63	0.28
3		0.62	3.70	0.25
4		0.55	3.43	0.23
5		0.67	3.13	0.31
6	1.15	0.62	3.73	0.23
7		0.70	3.50	0.32
8		0.57	3.70	0.26
9		0.58	3.27	0.26
10		0.55	3.72	0.24

11	1.35	0.62	3.42	0.24
12		0.65	3.65	0.27
13		0.64	3.43	0.27
14		0.65	3.98	0.25
15		0.61	3.23	0.27
16	1.32	0.62	3.62	0.25
17		0.73	4.45	0.33
18		0.63	4.07	0.33
19		0.69	3.42	0.27
20	1.27	0.78	4.17	0.30
Total tiempo observado	6.28	12.65	72.62	5.41
Promedio Tiempo observado	1.26	0.63	3.63	0.27
Valoración	97.00	100.00	98.00	100.00
Frecuencia	5.00	1.00	1.00	1.00
Tiempo básico	0.24	0.63	3.56	0.27
Suplementos.	0.14	0.14	0.14	0.14
Contenido de trabajo.	0.28	0.72	4.06	0.31

Fuente: Elaboración propia.

Anexo M. Muestreo realizado en la estación de cerrado (proceso de forrado)

Muestras iniciales (n) en minutos					
Muestra	Elemento				
	1	2	3	4	5
1	1.02	0.62	0.59	0.96	0.14
2			0.75		0.23
3			0.54		0.14
4		0.48	0.58		0.16
5			0.63		0.14
7	1.05		0.70		0.17
8		0.64	0.52		0.13
9			0.53		0.16
10	1.15		0.71	0.92	0.15
11			0.57		0.13
12	1.17		0.59	0.78	0.20
13		0.60	0.63		0.16
14			0.67		0.18
15	1.20		0.56		0.16
16			0.69		0.16
17	1.05	0.63	0.51	0.81	0.20
18			0.65		0.17
19	1.08	0.68	0.56	0.89	0.21
20			0.60		0.18
21			0.56		0.14
22	1.38		0.68		0.21
Tamaño de muestra	15.18	16.78	18.59	10.23	41.65

Fuente: Elaboración propia.

Muestras finales (n) en minutos					
Muestra	Elemento				
	1	2	3	4	5
1	1.02	0.62	0.59	0.96	0.14
2			0.75		0.23
3			0.54		0.14
4		0.48	0.58		0.16
5			0.63		0.14
6			0.59		0.15
7	1.05		0.70		0.17
8		0.64	0.52		0.13
9			0.53		0.16

10	1.15		0.71	0.92	0.15
11			0.57		0.23
12	1.17		0.59	0.78	0.20
13		0.60	0.63		0.16
14			0.67		0.18
15	1.20		0.56		0.16
16			0.69		0.16
17	1.05	0.63	0.51	0.81	0.20
18			0.65		0.17
20			0.60		0.18
21			0.56		0.14
22	1.38		0.68		0.21
23	0.87	0.45	0.60	0.77	0.28
24			0.58		0.18
25	1.15		0.50		0.13
26			0.56		0.28
28			0.54		0.27
29	0.87		0.65	0.82	0.20
30			0.49		0.26
31		0.46	0.55	0.54	0.24
33	1.15	0.53	0.58		0.16
34	0.97		0.70		0.20
35	0.82	0.57	0.58	0.45	0.21
36			0.61		0.27
37	0.51		0.64		0.23
38			0.68		0.23
39	0.88	0.77	0.58	0.48	0.25
40	0.98		0.55		0.22
41	0.70		0.65		0.18
42			0.52		0.26
43	0.85	0.59	0.58		0.26
44			0.60	1.08	0.24
45	0.81		0.71		0.27
Total tiempo observado	7.46	26.86	8.49	8.87	8.87
Promedio Tiempo observado	0.37	2.07	0.77	0.81	0.20
Valoración	95	100	100	98	100
Frecuencia	2	3	1	4	1
Tiempo básico	0.18	0.69	0.77	0.20	0.20
Suplementos	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Contenido de trabajo.	0.20	0.77	0.86	0.22	0.22

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N. Muestreo realizado en la estación de cerrado (proceso de cerrado).

Muestras iniciales (n) en minutos				
Muestra	Elemento			
	1	2	3	4
1	0.33	0.56	2.26	0.24
2	0.28	0.53	2.07	0.27
3	0.25	0.50	1.98	0.18
4	0.25	0.35	1.93	0.20
5	0.24	0.40	1.90	0.21
6	0.30	0.49	2.05	0.19
7	0.33	0.45	1.77	0.20
8	0.24	0.57	1.93	0.21
9	0.26	0.48	1.82	0.17
10	0.29	0.45	1.88	0.19
Tamaño de muestra	24.72	29.26	7.45	29.37

Fuente: Elaboración propia.

Muestras finales (n) en minutos				
Muestra	Elemento			
	1	2	3	4
1	0.33	0.56	2.26	0.24
2	0.28	0.53	2.07	0.27
3	0.25	0.50	1.98	0.18
4	0.25	0.35	1.93	0.20
5	0.24	0.40	1.90	0.21
6	0.30	0.49	2.05	0.19
7	0.33	0.45	1.77	0.20
8	0.24	0.57	1.93	0.21
9	0.26	0.48	1.82	0.17
10	0.29	0.45	1.88	0.19
11	0.34	0.46	2.32	0.24
12	0.31	0.55	2.05	0.23
13	0.32	0.41	2.18	0.17
14	0.23	0.51	2.48	0.18
15	0.35	0.43	2.02	0.21
16	0.22	0.60	1.88	0.18
17	0.27	0.59	1.98	0.22
18	0.27	0.50	1.85	0.27
19	0.22	0.58	2.15	0.24

20	0.26	0.51	1.97	0.25
21	0.29	0.48	2.07	0.33
22	0.30	0.54	1.95	0.23
23	0.39	0.55	2.22	0.25
24	0.29	0.65	2.13	0.29
25	0.32	0.35	1.85	0.22
26	0.23	0.56	2.17	0.34
27	0.25	0.46	2.10	0.27
28	0.27	0.59	1.98	0.36
29	0.37	0.58	2.15	0.23
30	0.38	0.67	1.92	0.33
31	0.45	0.65	2.13	0.39
32	0.36	0.39	1.68	0.32
33	0.38	0.59	2.25	0.35
34	0.24	0.58	2.15	0.36
35	0.26	0.52	1.97	0.34
36	0.29	0.42	2.03	0.27
37	0.29	0.65	2.55	0.38
38	0.27	0.52	1.72	0.27
39	0.25	0.46	1.98	0.34
Total tiempo observado	8.65	15.32	61.01	7.09
Promedio Tiempo observado	0.288	0.511	2.034	0.241
Valoración	100%	100%	100%	100%
Tiempo básico	0.29	0.51	2.03	0.24
Suplementos.	0.15	0.13	0.15	0.15
Contenido de trabajo.	0.33	0.58	2.34	0.28

Fuente: Elaboración propia.

Anexo O. Muestreo realizado en la estación de empaclado.

Muestras iniciales (n) en minutos					
Muestra	Elementos.				
	1	2	3	4	5
1	0.62	1.65	0.58	0.50	0.18
2			0.57	0.53	0.22
3			0.53	0.55	0.22
4			0.57	0.60	0.18
5	0.71	1.68	0.70	0.47	0.22
6			0.72	0.63	0.22
7			0.65	0.47	0.20
8			0.57	0.50	0.18
9	0.62	1.70	0.83	0.52	0.20
10			0.60	0.45	0.23
11			0.73	0.60	0.23
12			0.65	0.55	0.22
13	0.65	1.48	0.67	0.47	0.20
14			0.60	0.53	0.22
15			0.72	0.48	0.23
16			0.65	0.63	0.23
17	0.72	1.65	0.63	0.43	0.23
18			0.73	0.48	0.23
19			0.69	0.50	0.25
20			0.60	0.53	0.22
21	0.68	1.58	0.70	0.62	0.22
22	6.11	3.24	19.68	20.42	9.35

Fuente: Elaboración propia.

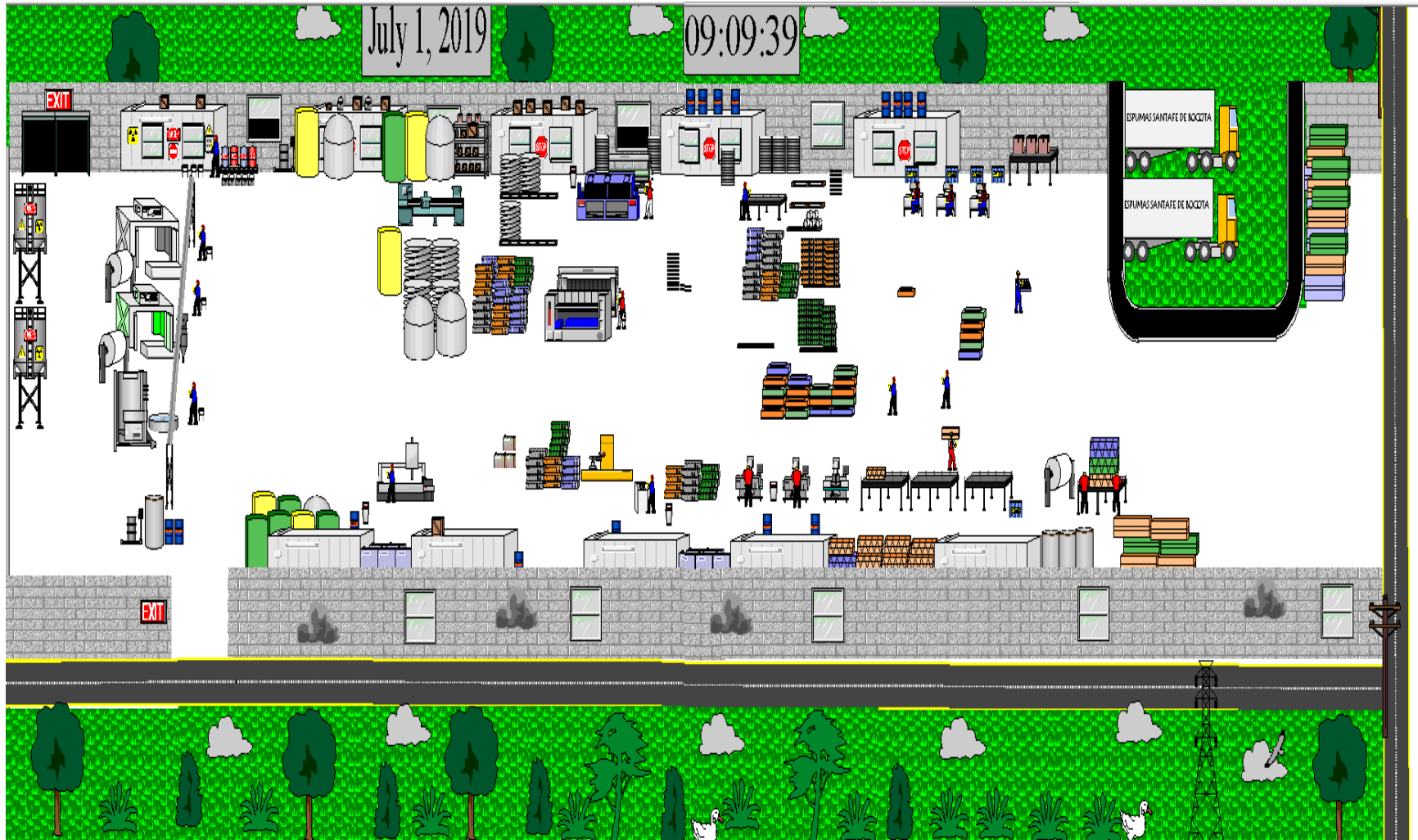
Muestras finales (n) en minutos					
Muestra	Elementos.				
	1	2	3	4	5
1	0.62	1.65	0.58	0.50	0.18
2			0.57	0.53	0.22
3			0.53	0.55	0.22
4			0.57	0.60	0.18
5	0.71	1.68	0.70	0.47	0.22
6			0.72	0.63	0.22
7			0.65	0.47	0.20
8			0.57	0.50	0.18
9	0.62	1.70	0.83	0.52	0.20

10			0.60	0.45	0.23
11			0.73	0.60	0.23
12			0.65	0.55	0.22
13	0.65	1.48	0.67	0.47	0.20
14			0.60	0.53	0.22
15			0.72	0.48	0.23
16			0.65	0.63	0.23
17	0.72	1.65	0.63	0.43	0.23
18			0.73	0.48	0.23
19			0.69	0.50	0.25
20			0.60	0.53	0.22
21	0.68	1.58	0.70	0.62	0.22
Total tiempo observado	4.00	9.75	13.69	11.05	4.53
Promedio Tiempo observado	0.666	1.625	0.652	0.526	0.216
Valoración	100	100	100	100	100
Frecuencia	4	4	1	1	1
Tiempo básico	0.17	0.41	0.65	0.53	0.22
Suplementos	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Contenido de trabajo.	0.19	0.46	0.73	0.59	0.24

Fuente: Elaboración propia.

Anexo P. Animación del modelo de simulación en el software Arena®.

A continuación, se presenta la animación del modelo de simulación de la empresa Espumas Santafé de Bogotá.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo Q. Problemas más relevantes identificados Vs Herramientas de la manufactura esbelta.

HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA ESBELTA.									
PROBLEMAS	5'S	KANBAN	SMED	EST. PROC.	HEIJUNKA	POKA YOKE	TPM	KAIZEN	
Exceso de almacenamiento de tapas acolchadas.	0	1	0	0	1	0	0	1	Tapas acolchadas.
Sobreproducción de tapas acolchadas.	0	1	0	0	1	0	0	1	
Tiempos de espera por parte de la máquina durante el proceso de corte de tapas.	0	0	0	1	0	0	0	1	
Tiempos de espera por falta de materiales para procesar.	0	1	0	0	1	0	0	1	Confección.
Movimientos innecesarios buscar materiales.	1	0	0	1	0	0	0	1	
Sobreproducción de láminas forradas.	0	1	0	0	1	0	0	1	Cerrado.
Tiempos de espera por falta de materiales para procesar.	0	1	0	0	1	0	0	1	
Movimientos innecesarios para buscar tapas acolchadas.	1	0	0	1	0	0	0	1	
Tiempos de espera para consultar la programación del día.	0	1	0	0	1	0	0	1	Empacado.
Tiempos de espera por la realización de otras actividades.	0	0	0	0	1	0	0	0	
Total problemas resueltos por cada herramienta.	2	7	0	4	8	0	0	10	

Fuente: Elaboración propia.