



**Planteamiento de un modelo de mejoramiento y estandarización del proceso de corte en  
Industrias Genio**

Juan Sebastián Mazo Bedoya

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Industrial

Tutor

Nelson Orozco Álzate, Doctor (PhD) en Administración Gerencial

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Industrial  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2022

<b>Cita</b>	(Mazo Bedoya, 2022)
<b>Referencia</b>	Mazo Bedoya, J. S. (2022). <i>Planteamiento de un modelo de mejoramiento y estandarización del proceso de corte en Industrias Genio</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Mario Alberto Gaviria Giraldo.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

Este trabajo es dedicado a mis padres que quienes con su esfuerzo, amor, dedicación y apoyo hicieron que este sueño fuera posible.

## **Agradecimientos**

Agradezco a todos los profesores y directivos del departamento de Ingeniería Industrial, por su compromiso, amor a la enseñanza y formación de los ingenieros industriales del mañana, por compartir su experiencia y dejar una huella de conocimiento imborrable. También agradezco a los compañeros y amigos que hicieron de este camino, un camino maravilloso e inolvidable.

## Tabla de contenido

Resumen .....	9
Abstract .....	10
Introducción .....	11
1 Objetivos .....	12
1.1 Objetivo general .....	12
1.2 Objetivos específicos.....	12
2 Marco teórico .....	13
3 Metodología .....	17
4. Desarrollo metodológico .....	19
4.1 Fase i: Diagnóstico .....	19
4.1.1 Descripción y caracterización del proceso de corte .....	19
4.1.2 SIPOC .....	24
4.1.3 Identificación de mudas del proceso.....	25
4.1.4 Análisis causa efecto de las mudas identificadas.....	26
4.1.5 Diagrama de Pareto de priorización de mudas .....	27
4.2 Fase ii: Medición y análisis.....	29
4.2.1 Establecimiento de la propuesta de mejora.....	29
4.2.2 Metodología y análisis para la toma de tiempos.....	30
4.2.3 Cuantificación de los desperdicios y su valor en pesos .....	39
4.3 Fase iii: Mejoramiento .....	42
4.3.1 Proyecto 5s.....	42
4.3.2 Estandarización de los procesos internos de corte .....	46
4.3.3 Balanceo de la línea de producción del proceso de corte .....	49
4.3.4 Planteamiento de indicadores de eficiencia y productividad.....	50

5 Resultados .....54

6 Análisis.....58

7 Conclusiones .....61

Referencias .....62

Anexos.....64

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> SIPOC del proceso de corte .....	24
<b>Tabla 2</b> Mudanzas identificadas del proceso .....	25
<b>Tabla 3</b> Factores y frecuencias de mudanzas identificadas .....	28
<b>Tabla 4</b> Variables que afectan el tiempo de operación por proceso .....	31
<b>Tabla 5</b> Actividades por proceso .....	32
<b>Tabla 6</b> Desviación estándar por base de tela.....	36
<b>Tabla 7</b> Desviación estándar por tipo de producto .....	36
<b>Tabla 8</b> Desperdicios mes de septiembre .....	40
<b>Tabla 9</b> Desperdicios mes de octubre.....	41
<b>Tabla 10</b> Consolidado costo desperdicios .....	42
<b>Tabla 11</b> Registro fotográfico antes y después depuración .....	45
<b>Tabla 12</b> Elementos de trabajo .....	46
<b>Tabla 13</b> Actividades y responsables por proceso.....	47
<b>Tabla 14</b> Tiempos estándar extendido por base de tela.....	54
<b>Tabla 15</b> Tiempos estándar corte por tipo de producto .....	55
<b>Tabla 16</b> Tiempos estándar paqueteo por tipo de producto.....	55
<b>Tabla 17</b> Registro fotográfico proyecto 5s .....	56
<b>Tabla 18</b> Frecuencia de factores después de mejora realizada .....	57
<b>Tabla 19</b> Desperdicios meses noviembre y diciembre .....	57
<b>Tabla 20</b> Comparativo frecuencia factores mudanzas .....	59
<b>Tabla 21</b> Comparación de desperdicios.....	60
<b>Tabla 22</b> Comparación costos de desperdicio .....	61

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b> Notación BPMN Bizagi Modeler .....	15
<b>Figura 2</b> Estructura del SIPOC.....	16
<b>Figura 3</b> Fases y actividades de la metodología.....	18
<b>Figura 4</b> Diagrama de flujo proceso productivo Industrias Genio .....	20
<b>Figura 5</b> Diagrama de flujo proceso de extendido .....	21
<b>Figura 6</b> Diagrama de flujo proceso de corte .....	22
<b>Figura 7</b> Diagrama de flujo del proceso de paquetero.....	23
<b>Figura 8</b> Diagrama causa efecto.....	26
<b>Figura 9</b> Diagrama de Pareto mudas del proceso de corte .....	29
<b>Figura 10</b> Propuesta de mejora.....	30
<b>Figura 11</b> Gráfico de dispersión de Tiempo estándar y largo de trazo .....	33
<b>Figura 12</b> Gráfico de dispersión de Tiempo estándar y número de capas .....	34
<b>Figura 13</b> Gráfico de dispersión de Tiempo estándar y número de unidades .....	35
<b>Figura 14</b> Desperdicios identificados.....	44
<b>Figura 15</b> Informe indicadores Power BI.....	53

## **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

<b>APA</b>	American Psychological Association
<b>UdeA</b>	Universidad de Antioquia
<b>BPM</b>	Business Process Management
<b>BPMN</b>	Business Process Model Notation
<b>SIPOC</b>	Supplier – Inputs – Process – Outputs
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>OIT</b>	Organización Internacional del Trabajo

## **Resumen**

En la empresa Industrias Genio S.A.S se planteó un modelo de mejoramiento y estandarización del proceso de corte, un proceso que presenta alta variabilidad. Es por esta razón, que se tiene por objetivo plantear un modelo de rendimiento y mejora, que identifique las causas principales que ocasionan la variabilidad, así como la aparición de las mudas del proceso. Para lograr dicho objetivo, se ejecutó una metodología dividida en la realización de un diagnóstico del proceso, la medición, análisis y la aplicación de metodologías de mejoramiento tales como 5s, estandarización de los procesos internos, balanceo de la línea de producción y el planteamiento de indicadores de eficiencia y productividad. Con la aplicación de estas mejoras, se logró la reducción significativa de las mudas y desperdicios del proceso de corte, representando un ahorro monetario. Con la realización del proyecto se concluye que para la realización de cualquier mejora a nivel organizacional es fundamental involucrar al personal operativo, creando una cultura que facilite la mejora continua.

*Palabras clave:* Proceso corte, variabilidad, mudas, metodologías, mejora.

### **Abstract**

In Industrias Genio S.A.S. proposed a model for the improvement and standardization of the cutting process, a process that presents high variability. For this reason, the objective is to propose a performance and improvement model that identifies the main causes of variability, as well as the appearance of changes in the process. In order to achieve this objective, a methodology was implemented, divided into a process diagnosis, measurement, analysis and application of improvement methodologies such as 5s, standardization of internal processes, balancing of the production line and the establishment of efficiency and productivity indicators. With the application of these improvements, a significant reduction in waste and waste from the cutting process was achieved, representing a monetary savings. With the completion of the project, it was concluded that for the implementation of any improvement at the organizational level, it is essential to involve the operating personnel, creating a culture that facilitates continuous improvement.

*Keywords:* Cutting process, variability, waste, methodologies, improvement.

## Introducción

Industrias Genio S.A.S<sup>1</sup> es una empresa con más de 40 años en la industria del diseño y producción textil; fabrica alrededor de cuatro millones de unidades anuales de productos para el hogar entre los que destacan edredones, cobijas y sábanas, y exporta a países como: Estados Unidos, Perú, Ecuador, Chile y Bolivia. A nivel nacional comercializa en grandes superficies comerciales como: Natura, Novaventa y Marketing, así mismo, Industrias Genio S.A.S cuenta con su propia marca Stanza, utilizada para comercializar sus productos.

En los últimos años Industrias Genio ha experimentado un gran crecimiento relacionado con los volúmenes de ventas que implican mayores niveles de producción, tomando relevancia la aplicación de técnicas y métodos productivos que permitan competir en el mercado y mejorar el nivel de servicio para satisfacer las necesidades de sus clientes.

Su cadena de abastecimiento se compone de la recepción y almacenamiento de materias primas (rollos de diferentes bases de tela) en una bodega propia (Bodega de telas). En esta bodega se seleccionan las telas con destino al proceso de acolchado, encargado de unir dos o más bases de tela, según criterios, para la fabricación de edredones y al proceso de corte donde se extienden los metros de tela de longitud X metros, se corta en unidades y posteriormente se empaca, según estándares definidos. Luego, los lotes de unidades cortadas y empacadas pasan a un centro de integración donde se integran con los insumos de producto final, tales como marquillas o etiquetas, dichos lotes integrados van a los confeccionistas, cuyo manejo es externo a la empresa y quienes se encargan de la terminación del producto. Finalmente, los confeccionistas envían el producto terminado al centro de distribución de la compañía que recibe, almacena y envía al cliente final.

Por otra parte, la cadena de abastecimiento, de Industrias Genio, presenta problemas en el flujo de material, debido a los reprocesos ocasionados en el área de corte y los retrasos en las entregas de lotes terminados. Los reprocesos se deben principalmente a la variabilidad del proceso y los desperdicios presentados en el proceso de extendido, disminuyendo la capacidad productiva y eficiencia del proceso. Mientras que los retrasos se ocasionan por programaciones basadas en

---

<sup>1</sup> Industrias Genio S.A.S: Empresa del sector textil – Confección. Fundada en el año de 1976. Dedicada a la producción y comercialización de las líneas hogar, accesorios, hospitalaria, hotelera y merchandising. Comercializa sus productos en grandes superficies y empresas de venta directa.

tiempos estimados y no en tiempos reales de producción, así como el desbalance de la línea de producción.

Es por esta razón, que se tiene como objetivo plantear un modelo de mejoramiento que reduzca la variabilidad del proceso a través de la estandarización e identifique las mudas actuales del proceso, atacándolas con herramientas de mejoramiento continuo. El proyecto está completamente alineado con las prioridades de la organización, siendo este un aspecto fundamental para garantizar su éxito en el corto, mediano y largo plazo. Para el cumplimiento de los objetivos planteados que comprenden las actividades de práctica como las prioridades organizacionales, se proponen cuatro fases de desarrollo *i) Diagnostico*, caracterización del proceso e identificación de mudas; *ii) Medición y análisis*, recolección de datos de mudas, así como la determinación del estándar y capacidad de operación para la identificación de posibles fuentes de mejora; *iii) Mejoramiento*, implementación de herramientas de mejoramiento continuo, estadísticas, estandarización de los procesos y planteamiento de indicadores; y por último *iv) Resultados*, donde se presentan los hallazgos obtenidos con el desarrollo del proyecto.

## **1 Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Plantear un modelo de rendimiento, mejora y estandarización del proceso de corte.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Identificar y definir las causas que ocasionan la variabilidad y aparición de mudas del proceso.
- Medir la frecuencia de las mudas identificadas.
- Analizar las posibles fuentes de mejora para la reducción de variabilidad y mudas del proceso.
- Estandarizar los procesos a partir de la definición de tiempos y capacidades de operación.

- Implementar herramientas de mejoramiento continuo, así como plantear indicadores para el control y seguimiento del proceso.

## 2 Marco teórico

En la actualidad las industrias de los subsectores de la economía, textil y de confecciones, requieren, para poder competir, en los mercados cada vez más complejos, ser más competitivos, por lo que deben estar al tanto de los cambios en el mercado textil y de confecciones, así como en los mercados complementarios de insumos.

Por lo anterior, es pertinente, vincular técnicas de mejoramiento, modelos de innovación, estandarización y análisis de capacidad de procesos. Las técnicas de mejoramiento continuo son el método mediante el cual las empresas pueden mantener una dinámica de capacidad, facilitando una velocidad rápida de respuesta y el desarrollo de supremacía que deriva en un mayor grado de participación en el mercado debido a la preferencia de los clientes (Falak et al., 2019).

En las industrias, la tasa de producción es una clave vital, ya que determina cuánto tiempo funcionará la industria y qué tan rápido crecerá. Es por esta razón que los dueños de las empresas siempre buscan mejores formas de producir, minimizar los desperdicios y, por tanto, hacer que la empresa sea más productiva. Dos métodos típicos que pueden hacer que una empresa sea más productiva son el método Six Sigma y el uso de herramientas Lean (Ikumapayi et al., 2019).

Ikumapayi et al., (2019) definen Six Sigma como una técnica que logra maximizar los beneficios a través de la satisfacción de los clientes, siguiendo un enfoque estadístico que minimiza las variaciones y reduce los defectos, logrando productos de calidad. Con la disminución de defectos se obtienen menos desperdicios, es decir, se utilizan de manera óptima las materias primas requeridas para el proceso. Por otra parte, los autores plantean el concepto de Lean como una metodología que tiene por objetivo crear un producto con las características que el cliente desea, minimizando aquellas operaciones que no generan valor y eliminando los desechos del sistema productivo.

Por consiguiente, alcanzar los objetivos que proponen Lean y Six Sigma, va a depender, en parte, de la aplicación de un conjunto de herramientas que propician la mejora continua, como lo son las relacionadas con Lean Manufacturing. Entre las que se encuentran las siguientes:

## **BPMN 2.0.**

La gestión de procesos o BPM (*Business Process Management*), por ejemplo, es una herramienta con la cual se aporta a una visión estructurada del flujo de operaciones de un proceso, permitiendo mejorarlo o rediseñarlo (ISOTools, 2021).

En los últimos años, el BPMN (*Business Process Model and Notation*) surgió como una propuesta adoptada para definir los procesos de negocio (Corradini et al., 2021). Según Corradini et al., (2021) el éxito de BPMN proviene de su versatilidad y capacidad para representar los procesos, adquiriendo predominio gracias a:

- i) Su notación intuitiva y gráfica aceptada por la industria y la academia.
- ii) El apoyo brindado por un amplio espectro de herramientas de modelado.

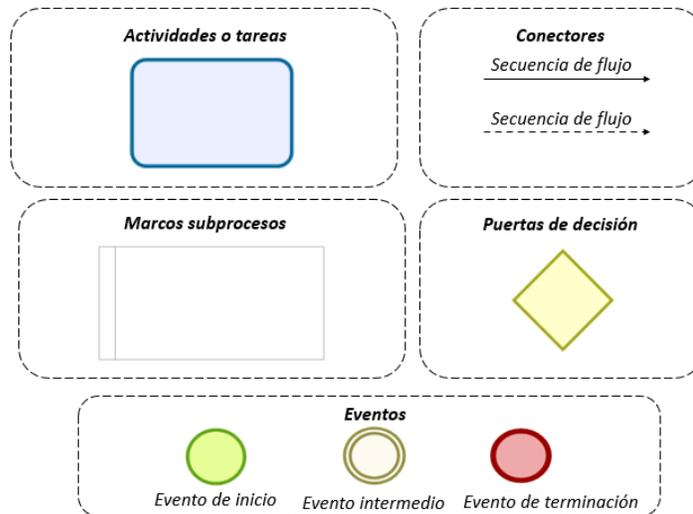
Para los autores, la notación BPMN se compone principalmente por los *grupos* que representan a los participantes de la organización, las *tareas* que se refieren a trabajos específicos y se representan por medio de rectángulos, las *puertas de enlace o decisión*, representadas por diamantes y cuyo objetivo es continuar el flujo con actividades paralelas de decisión y los *eventos* que pueden ser de inicio, intermedios o de terminación representados a través de un círculo.

Una de las ventajas de BPMN es la conexión con software de automatización que facilitan la estructuración de diagramas. *Bizagi Modeler* es un software de mapeo de procesos de negocio que permite a las organizaciones crear y documentar los procesos de negocio en un repositorio central en la nube para obtener un mejor entendimiento de cada paso e identificar las oportunidades de mejora de los procesos para aumentar la eficiencia de la organización (Bizagi, 2021).

En la **Figura 1**, se observan los principales elementos de BPMN en la interfaz ofrecida por el software *Bizagi Modeler*.

**Figura 1**

*Notación BPMN Bizagi Modeler*



*Nota.* Adaptado de (Corradini et al., 2021) y elementos de Bizagi Modeler.

### **Diagrama Causa Efecto.**

El diagrama causa efecto o diagrama de Ishikawa es una metodología que conduce a la identificación plena de la causa más significativa de un efecto ocurrido en uno, o en todos los elementos de la unidad de trabajo (Estructura, mano de obra, máquina, material, método, medios de comunicación, medio ambiente), ayudando a evaluar las necesidades y reflejando las relaciones existentes entre las causas (OIT, 2021).

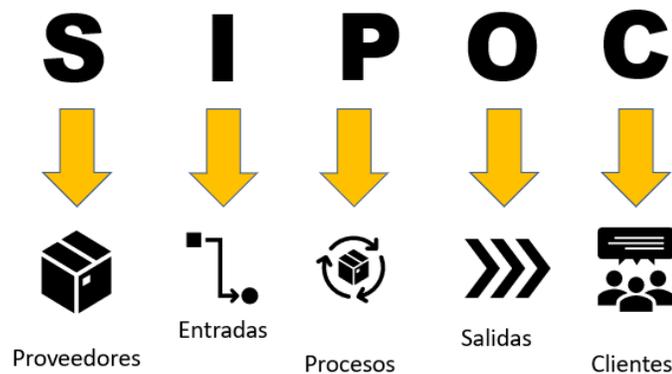
### **Diagrama de Pareto.**

Se basa en la premisa “unas pocas causas (20%) generan la mayor cantidad de problemas (80%)”. Para (Gonzalez, 2012) identificar los pocos “vitales” de los muchos importantes, es decir, priorizar una serie de causas o factores que generan un determinado problema permite establecer dónde concentrar los esfuerzos.

## Diagramación de alto nivel SIPOC.

**Figura 2**

*Estructura del SIPOC*



Como se observa en la **Figura 2** el SIPOC es una herramienta que permite visualizar de manera sencilla el proceso, identificando las partes implicadas, tales como proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes. Además, proporciona una visión holística de los requerimientos de los procesos y los clientes finales, así como las etapas que agregan valor tanto al producto como al proceso y los desperdicios obtenidos (Pacheco, 2021).

### **Mudas.**

Otro aspecto importante para analizar las problemáticas en un ambiente de producción es la identificación de mudas o desperdicios que disminuyen la productividad de los procesos. Luis Socconini establece en su libro “*Lean Manufacturing paso a paso*” siete tipos de mudas con base a los principios de producción de Toyota. Las mudas descritas por el autor se asocian a la sobreproducción, sobreinventario, productos defectuosos, transporte de materiales y herramientas, procesos innecesarios, esperas y movimientos innecesarios por parte de trabajador (Socconini, 2019). Importante anotar que, una vez se implementan herramientas de diagnóstico y se esclarecen las mudas del proceso, se establece una relación con la estandarización de los procesos.

### **ISO 9001.**

La norma NTC ISO 9001, en su versión actualizada, establece unos criterios a cumplir por las organizaciones que desean mejorar sus procesos y, por ende, optar por la certificación de estos.

### **Estandarización.**

La estandarización como un nivel de operación que cumple las especificaciones del producto o servicio consiste en el desarrollo de los siguientes pasos, definir el método a

estandarizar, analizarlo, realizar ajustes, ensayar o probar un nuevo método, documentarlo, desplegarlo y aplicarlo al personal.

### 3 Metodología

En la metodología propuesta se establece un enfoque mixto, determinado por su alcance tanto cuantitativo como cualitativo. El enfoque cualitativo esta dado por la caracterización del proceso de corte, así como la definición de sus necesidades, entradas y salidas que permiten identificar las mudas del proceso, posibilitando el análisis de las causas que producen la aparición de las mudas identificadas. La información de carácter cualitativo es recopilada a partir del modelado de BPMN, el cual proporciona un entendimiento gráfico del proceso que facilita su comprensión a través de la arquitectura de procesos y la aplicación de herramientas de mejoramiento continuo tales como la clasificación de mudas, el SIPOC y el análisis – causa efecto, constituyendo gran parte de la fase *i* propuesta de diagnóstico.

Por otro lado, una vez se conforma la información cualitativa del proceso es posible aterrizar la información de carácter cuantitativo, comprendida por la implementación de herramientas como el diagrama de Pareto, cuyo objetivo es cuantificar la frecuencia de las mudas clasificadas previamente, priorizando aquellas que producen la mayor parte de problemas del proceso de corte, dando así por terminada la fase *i* de diagnóstico. Así pues, se procede a la realización de la fase *ii* de medición y análisis, en donde se establece la propuesta de mejora y se utilizan herramientas de métodos y tiempos para la definición del tiempo estándar de operación, apuntando a la cuantificación de los desperdicios y mudas del proceso que afectan los tiempos de operación, así como el valor en pesos que representan dichos desperdicios, con lo cual es posible establecer fuentes de mejora para el proceso de corte.

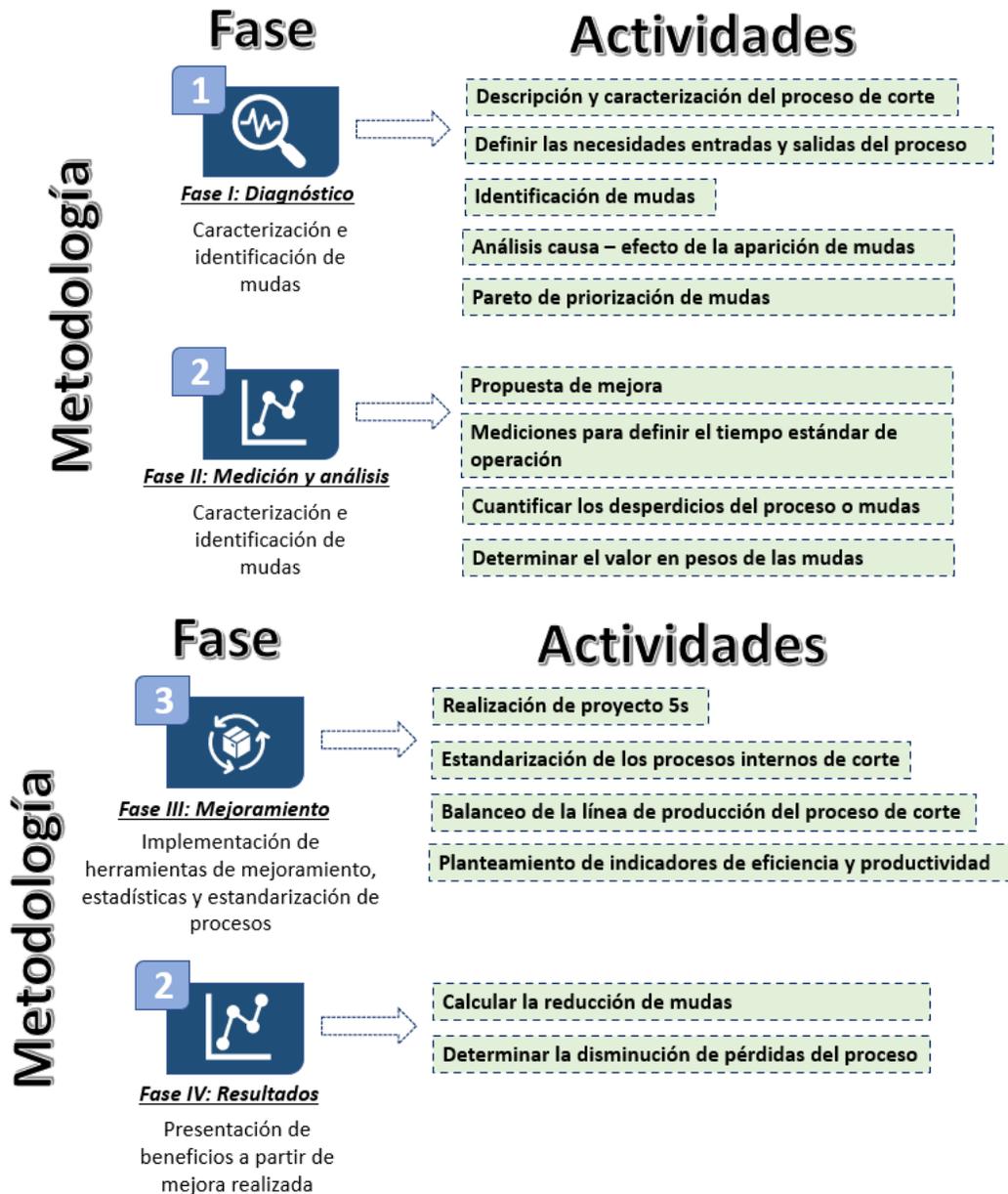
Por consiguiente, se facilita el desarrollo de la fase *iii* de mejoramiento, en la cual se aplican herramientas de mejoramiento tales como 5's, estandarización de procesos, balanceo de la línea de producción por medio del tiempo estándar definido y el planteamiento de indicadores de eficiencia y productividad para el seguimiento y control del proceso. Acto seguido, se concluye el desarrollo del trabajo con la presentación de la fase *iv* con los resultados obtenidos a partir de la mejora, dado

por el cálculo de la reducción de mudas y el ahorro obtenido que contribuye a la disminución de pérdidas del proceso.

En la **Figura 3**, se resume la metodología de trabajo propuesta, donde se detallan las fases, su propósito y las actividades a realizar para dar cumplimiento a cada una de estas.

**Figura 3**

*Fases y actividades de la metodología*



## 4. Desarrollo metodológico

### 4.1 Fase i: Diagnóstico

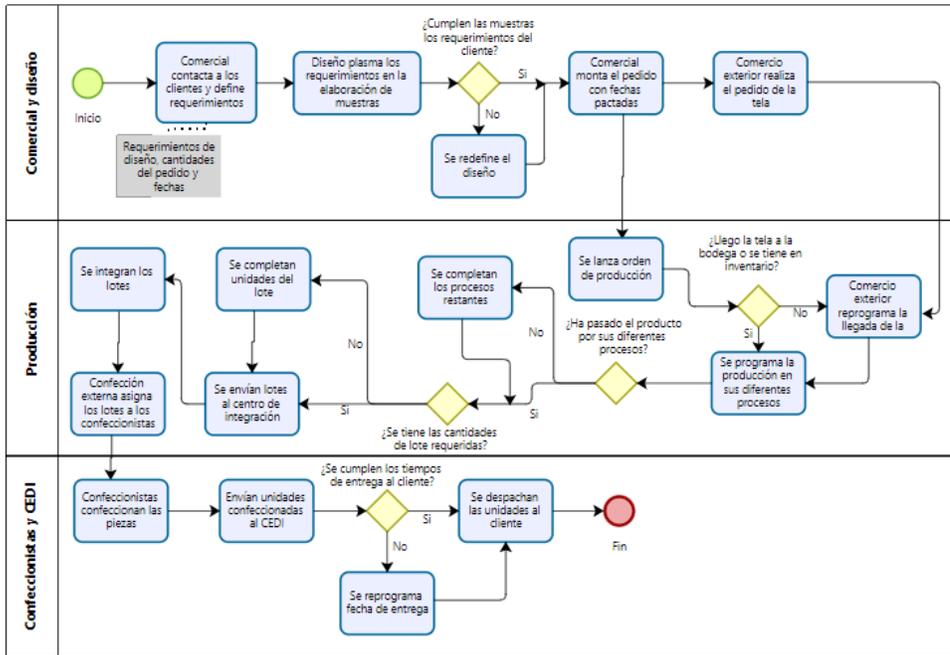
#### 4.1.1 Descripción y caracterización del proceso de corte

Para definir e identificar las mudas del proceso de corte se hace necesario definir los procesos anteriores y posteriores a este, describiendo su alcance y sus implicaciones a través de la arquitectura de procesos o notación BPMN. Es por esta razón que inicialmente se optó por entender el flujo secuencial de la cadena productiva de Industrias Genio, comprendida por la implicación del área comercial, quien tiene el contacto con el cliente para escuchar y comprender sus requerimientos; el área de diseño, quien se encarga de plasmar o hacer realidad los requerimientos del cliente identificados con la elaboración de fichas de diseño y muestras; una vez se logra la aprobación de diseño por parte del cliente, es el área de comercio exterior la encargada de contactar a los proveedores y realizar el respectivo pedido de la tela a utilizar en la fabricación de los productos. Luego, con la llegada de la tela a la bodega de materias primas de la empresa puede procederse a la producción de las unidades requeridas, donde se involucran los procesos de acolchado y corte. Posteriormente, se completa la producción de unidades requeridas y se integran con los insumos de producto terminado, estas son enviadas a los confeccionistas, terceros, que realizan la confección y terminación del producto, para ser enviado al CEDI de la empresa, donde se realiza la preparación y envío del producto terminado al cliente final.

En la **Figura 4**, se presenta el diagrama de flujo del proceso con la notación BPMN, describiendo las funciones realizadas por las principales áreas involucradas.

**Figura 4**

*Diagrama de flujo proceso productivo Industrias Genio*

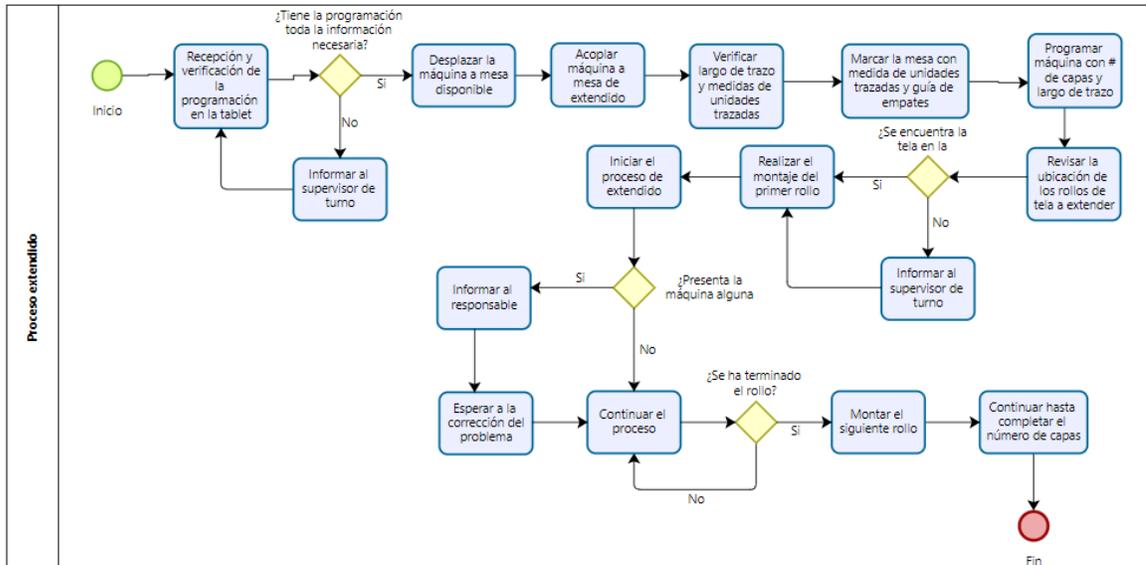


Nota. Elaborado en Bizagi Modeler.

Teniendo en cuenta la secuencia que define el flujo del proceso productivo de Industrias Genio, se procede a definir y caracterizar el proceso de corte. El proceso de corte está conformado por tres subprocesos principales, extendido, corte de unidades y paqueteo, los cuales se desarrollan de manera secuencial. A continuación, se presentan los diagramas de flujo de cada uno de ellos y perfilan los problemas observados durante el diagnóstico realizado.

**Figura 5**

*Diagrama de flujo proceso de extendido*



Nota. Elaborado en Bizagi Modeler.

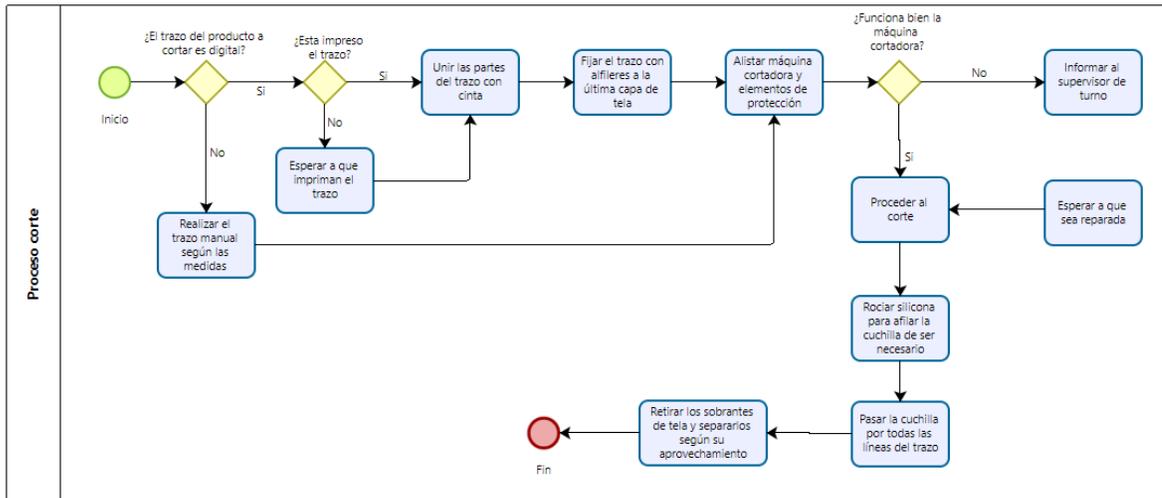
En la **Figura 5**, se presenta el proceso de extendido. Dicho proceso es considerado como el proceso restrictivo del proceso de corte, debido a que es el proceso que marca el ritmo de producción y determina las unidades a cortar y paquetear según las cantidades extendidas. Este proceso consiste en la extensión de la tela con la ayuda de una máquina extendidora. El proceso de extendido inicia con la verificación de la programación por parte del extendedor, allí se define el largo de trazo y el número de capas a extender. Posteriormente, se desplaza la máquina a la mesa libre para el extendido, el área de corte cuenta con tres mesas disponibles para extender de un largo de 25 m, una vez se acopla la máquina a la mesa correspondiente se marca la mesa con el largo de trazo y medidas de las unidades, se programa la máquina con el respectivo largo de trazo y número de capas y se realiza el montaje del primer rollo según la base de tela del tipo de producto que se desea fabricar. Luego, se inicia el proceso de extendido, que consiste en el desplazamiento de la máquina a lo largo de la mesa en base a largo de trazo programado, cortando las capas de tela a través de una cuchilla cuando la máquina llega al punto inicial de desplazamiento.

A pesar de que el proceso de extendido se encuentra medianamente estandarizado, debido a que se sigue siempre la misma secuencia lógica, presenta tiempos muertos ocasionados principalmente por las fallas mecánicas constantes de la máquina que implican tiempos largos de

mantenimiento, así como la falta de programación o el bloqueo de la mesa por retrasos en el corte y paqueteo de unidades, ocasionando el paro de la máquina que disminuye su productividad.

**Figura 6**

*Diagrama de flujo proceso de corte*



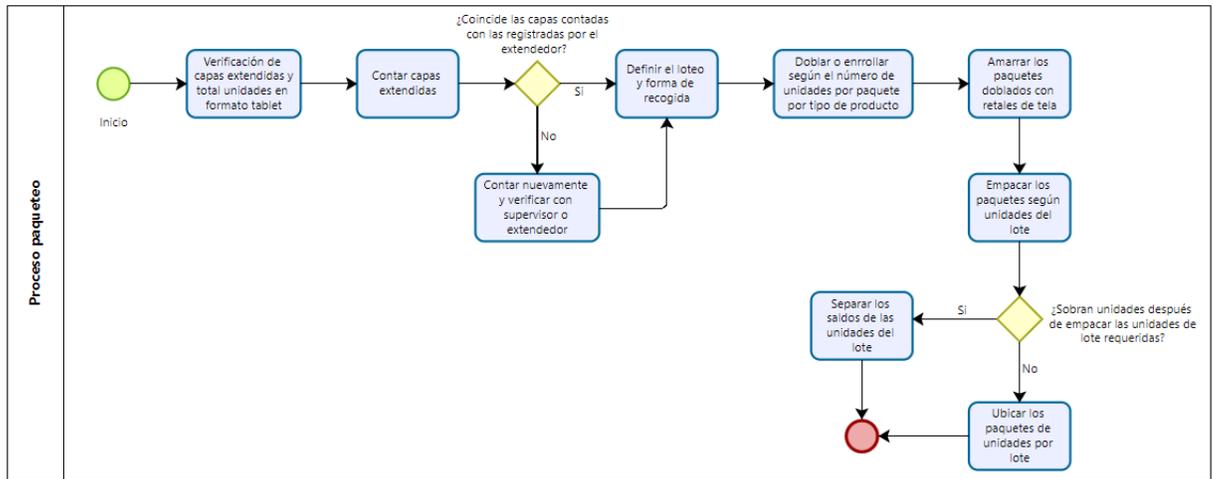
Nota. Elaborado en Bizagi Modeler.

Una vez se termina el extendido de las capas programadas comienza el proceso de corte de unidades que se puede apreciar en la **Figura 6**. Este inicia con la fijación del trazo impreso sobre la última capa de tela o en su defecto su dibujo manualmente para cierto tipo de productos como edredones y cobijas. Una vez ha sido fijado el trazo se procede a cortar las unidades siguiendo las líneas del trazo con la ayuda de una máquina cortadora, la cual debe ser afilada en ciertas ocasiones con un spray de silicona. Simultáneamente al corte deben retirarse los sobrantes de tela y separarlos para su posterior aprovechamiento.

El proceso de corte presenta dificultades en cuanto la limitación del personal que ocasiona la aparición momentánea del auxiliar haciendo que el cortador deba hacer labores que no le corresponden. Los tiempos muertos o mudas se producen por no tener impreso el trazo en el momento que se procede al corte, la búsqueda de insumos o elementos para realizar el corte y los cambios de programación que generan el apoyo a otros procesos y la interrupción del proceso de corte.

**Figura 7**

*Diagrama de flujo del proceso de paquetero*



Nota. Elaborado en Bizagi Modeler.

Por otro lado, se encuentra el proceso de paquetero que se observa en la **Figura 7**. Este se compone de la verificación de capas extendidas y total de unidades cortadas, posteriormente se cuentan las unidades extendidas cuyo objetivo es verificar la coincidencia con las unidades extendidas registradas por el extendedor, se doblan las unidades según la cantidad de unidades por paquete establecidas por cada tipo de producto, se amarran los paquetes doblados con retales de tela obtenidos del proceso de corte y por último se empaqueta en bolsas cada paquete para su posterior ubicación y entrega a la bodega de insumos.

El proceso de paquetero, es el proceso que presenta mayor variabilidad, tiempos muertos y aparición de mudas. En parte, se debe a la falta de estandarización del proceso, que va desde la no definición de un método o secuencia a seguir y la participación momentánea de los auxiliares, es decir, no se tiene un número de personas definido para realizar el proceso, ocasionando la inclusión de personas por la urgencia de terminar el proceso para liberar la mesa para el proceso de extendido. Entre algunas de las mudas, se encuentra la interrupción constante del proceso para apoyar otras prioridades y las confusiones ocasionadas por la falta de establecimiento de un método óptimo a seguir.

### 4.1.2 SIPOC

Continuando con la fase de diagnóstico y con el fin de reunir un conocimiento colectivo para el correcto entendimiento del proceso que facilite las mejoras a través de la identificación de clientes y proveedores internos del proceso, se procede a la realización del diagrama SIPOC. En la **Tabla 1**, se presenta el SIPOC del proceso de corte, con sus respectivas etapas, clientes y proveedores. El SIPOC es realizado en una plantilla en Excel, listando los proveedores, su determinación en base a las 6 M, la entradas del proceso y clasificación de las mismas, las especificaciones o requerimientos del proceso, el proceso y tipo de proceso, así como las salidas con las especificaciones del cliente.

**Tabla 1**

*SIPOC del proceso de corte*

Proveedor		Entradas			Proceso		Salidas		Clientes	
S	I	P	O	C						
PROVEEDOR	DETERMINACIÓN	ENTRADA	CLASIFICACIÓN	ESPECIFICACIONES (REQ DEL PROCESO)	PROCESO	TIPO DE PROCESO	SALIDAS	ESPECIFICACIONES (REQ DEL CLIENTE)	CLIENTE	
Bodega de telas	Materiales	Rollos de tela	Controlable	Tela en buen estado	Recepción y almacenamiento de tela en bodega interna	Agrega Valor Organización	Rollos almacenados en ubicaciones	Registro de número de rollos, metraje y ubicaciones	Proceso de extendido y sistema de inventario	
Control interno	M.O	Supervisor y auxiliar	Controlable	Conocimiento técnicos del proceso de corte			Registro de inventario en el sistema			
Jefe de producción	Métodos	Programación de pedidos	Controlable	Cantidades a producir, telas a utilizar, consumo y fechas de entrega	Programación de las unidades a producir	Agrega Valor Organización	Formato de programación diligenciado	Referencia a trabajar	Proceso de extendido, corte y paqueteo	
Control interno	M.O	Supervisor y coordinador de corte	Controlable	Conocimiento técnicos del proceso de corte			Orden de referencias a producir	Tipo de producto		Referencias de tela a extender y ubicación de la tela
Experiencia del proceso	Métodos	Procedimiento de programación	SOP	Entendible						
Control interno	M.O	Extendedor y auxiliar de extendido	Controlable	Operario con conocimiento en manejo de máquina extendedora	Extendido de la tela correspondiente	Agrega Valor Cliente	Capas de tela extendidas	Capas extendidas	Proceso de corte y paqueteo	
Bodega de telas y área de compras	Materiales	Rollos de tela, papel de separación	Controlable	Tela en buen estado, papel periódico			Retales de tela por empates o defectos	Tela sin arrugas		
Supervisor de turno	Métodos	Programación de unidades	SOP	Conocimiento técnicos del proceso de corte			Diligenciamiento de formato tablet por referencia	Capas centradas y en el mismo sentido		
Experiencia del proceso	Métodos	Procedimiento de extendido	SOP	Entendible				Unidades trazadas con medidas correctas		
Maquinaria Morzan	Máquinas	Máquina extendedora	Controlable	Máquina con condiciones mecánicas estables	Corte de unidades	Agrega Valor Cliente	Separación de papel cada 50 capas		Proceso de paqueteo	
Control interno	M.O	Cortador y auxiliar de corte	Controlable	Operario con experiencia en corte			Unidades cortadas	Unidades cortadas con medidas correspondientes		
Proveedor externo	Máquinas	Máquina cortadora	Controlable	Máquina en buenas condiciones			Retales del corte			
Área de compras	Materiales	Trazo, regla, flexómetro, marcador, silicona	Controlable	Trazo con medidas correctas			Sobrantes de papel de separación de capas	Corte pulido o refileado		
Experiencia del proceso	Métodos	Procedimiento de corte	SOP	Entendible	Diligenciamiento de formato tablet por referencia					
Control interno	M.O	Auxiliares de paqueteo	Controlable	Sin experiencia	Paqueteo de unidades	No Agrega Valor	Unidades empacadas	Paquetes bien amarrados	Proceso de entregas	
Sobrantes y área de compras	Materiales	Retales de tela y bolsas	Controlable	Bolsas tubulares			Retales de tela por empates	Bolsas bien cerradas		
Experiencia del proceso	Métodos	Procedimiento de paqueteo	Controlable	Entendible			Sobrantes de papel de separación de capas	Bolsas sin marcaciones con marcador		
							Diligenciamiento de formato tablet por referencia	Número de lotes, paquetes y unidades por lote		
Control interno	M.O	Auxiliar de producción	Controlable	Conocimiento en inventarios y manejo de	Entrega de lotes a bodega de insumos	Agrega Valor Organización	Lotes de unidades	Lotes ubicados en bodega de insumos	Bodega de insumos	
Proveedor externo y área de compras	Máquinas	Computador, impresora, máquina de rotulos	Controlable	Funcionamiento correcto			Documentos con descripción de lotes	Paquetes rotulados		
Área de compras	Materiales	Rotulos, hojas de impresión	Controlable	Rotulos adhesivos				Documento por lote		
Experiencia del proceso	Métodos	Procedimiento de liquidación de lotes	SOP	Entendible				Cantidad de paquetes y unidades por paquete en documento por lote		

Nota. MO: Mano de obra, SOP: Procedimiento estándar de operación.

En la **Tabla 1** se puede observar que 16 de las 21 entradas del proceso son controlables, es decir, pueden ser manipuladas según las variaciones del proceso. Sin embargo, los procedimientos o métodos de operación a seguir dependen de la experiencia del proceso por parte del personal y no se cuenta con una documentación del método, reflejando la prioridad de estandarización de los procedimientos de extendido, corte y paqueteo. Por otro lado, los procesos de corte y paqueteo dependen exclusivamente del proceso de extendido, siendo prioridad garantizar el adecuado desarrollo del extendido a través de la estandarización de un método óptimo a seguir.

#### **4.1.3 Identificación de mudas del proceso**

Para la identificación de mudas o desperdicios del proceso se utilizan las definiciones propuestas en los principios Toyota y por Socconini, L. (2019), los cuales establecen siete tipos de mudas que incluyen: la sobreproducción, el inventario, los defectos, el transporte, movimientos, la espera y los procesos innecesarios.

En la **Tabla 2**, se listan las mudas identificadas, así como su descripción asociada en base al diagnóstico realizado.

**Tabla 2**

*Mudas identificadas del proceso*

<i>Muda identificada</i>	<i>Descripción</i>
<b>Inventario</b>	En el área de corte se observa ocupación de los pasillos con producto en proceso, derivados principalmente por el desbalance de la producción, los errores de programación y el desconocimiento del tiempo estándar y capacidad real de producción.
<b>Espera</b>	En el área de corte predominan las esperas para continuar con las operaciones, ocasionadas por la programación inadecuada de la producción y la falta de personal. En ocasiones se produce bloqueo de la mesa de extendido, por retrasos en el paqueteo que se debe en parte a la participación momentánea de personal. Otro tipo de esperas encontradas es la espera del operario a la programación o siguiente referencia a producir.

**Movimientos** En el área de corte se presenta con frecuencia continuos desplazamientos que no agregan valor al proceso, derivados por la mala organización del área de trabajo, siendo necesario emplear mucho tiempo en la localización de herramientas de trabajo o insumos para la preparación y terminación de estos.

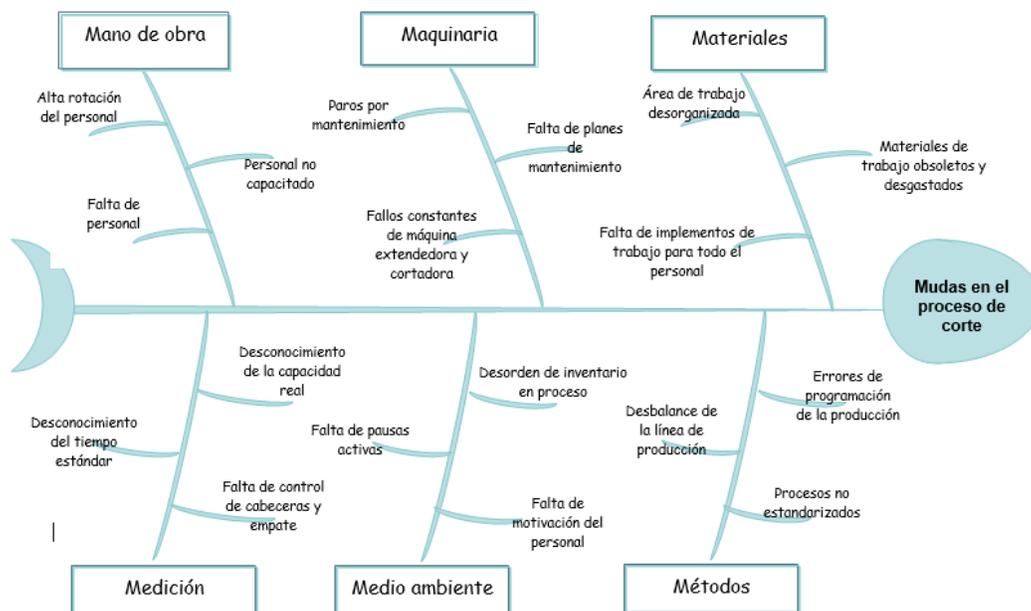
**Desperdicios** Entre otras mudas encontradas se encuentran los desperdicios generados en el proceso productivo, tales como empate de tela y variabilidad en el manejo y control de cabeceras en el proceso de extendido, ocasionados por defectos físicos de la tela y falta de establecimiento de tolerancia de las cabeceras de extendido por base de tela.

#### 4.1.4 Análisis causa efecto de las mudas identificadas

Una vez se identifican las mudas presentes en el proceso de corte se procede a identificar las causas principales que ocasionan la aparición de dichas mudas. Teniendo en cuenta la definición planteada por la OIT para el diagrama causa efecto o también conocido como diagrama de Ishikawa y considerando el análisis de causas en base a las 6M, se construye el diagrama causa efecto que se observa en la figura.

**Figura 8**

*Diagrama causa efecto*



En la **Figura 8**, se evidencian tres problemas clave que ocasionan la aparición de mudas, la falta de estandarización de los procesos, el desbalance de la línea de producción y los errores de programación de la producción. Es evidente que los errores de programación se deben principalmente a que se trabaja sin conocer el tiempo estándar de operación y la capacidad real de la planta, ocasionando que se planee la producción sin tener certeza de los ritmos de trabajo y el cumplimiento de fechas de entrega, afectado también por los paros constantes por mantenimiento para atender los fallos de la maquina extendedora y cortadora. Por otro lado, la falta de estandarización de los procesos se relaciona con la falta de personal, la falta de capacitación correcta para el personal que ingresa nuevo y la alta rotación de personal que generan variaciones en los métodos de operación y dificultan la estandarización de los procesos internos, acompañado de un lugar de trabajo desorganizado que implica la búsqueda constante de implementos de trabajo y un ambiente laboral caracterizado por la ausencia de prácticas de motivación y sentido de pertenencia, siendo este otro de los factores principales que generan la rotación del personal impidiendo balancear la línea de producción y derivando en la aparición de mudas tales como inventarios, esperas, constantes desplazamientos o movimientos y desperdicios por la falta de sistemas de control y establecimiento de tolerancias.

#### ***4.1.5 Diagrama de Pareto de priorización de mudas***

Con el entendimiento de las causas que ocasionan la aparición de mudas en el proceso de corte, se continua con la elaboración del diagrama de Pareto en base a la definición proporcionada por González (2012). Para ello, se utilizó una ventana de observación de un mes para calcular la frecuencia de un total de seis factores considerados asociados a las mudas descritas anteriormente. Los factores considerados fueron los siguientes:

- Permanencia en piso de lotes en un periodo mayor a dos días. En el mes estudiado fue posible analizar la producción de un total de 20 lotes.
- Reprocesos de producción, asociados a corte inadecuado de piezas o en su defecto lotes devueltos por los confeccionistas a causa de faltantes de unidades paqueteadas.
- Esperas por falta de programación en el proceso de extendido mayores a diez minutos.

- Esperas por búsqueda de insumos en los procesos de extendido, corte y paqueteo mayores a cinco minutos.
- Desplazamientos mayores a cinco metros durante la operación para alcanzar insumos o herramientas de trabajo.
- Apoyo a otros procesos, donde se consideran las interrupciones de operaciones para atender otros procesos de mayor prioridad o urgencia.

Acto seguido al establecimiento de los factores asociados a las mudas, se registraron las frecuencias obtenidas, las cuales se observan en la **Tabla 3**.

**Tabla 3**

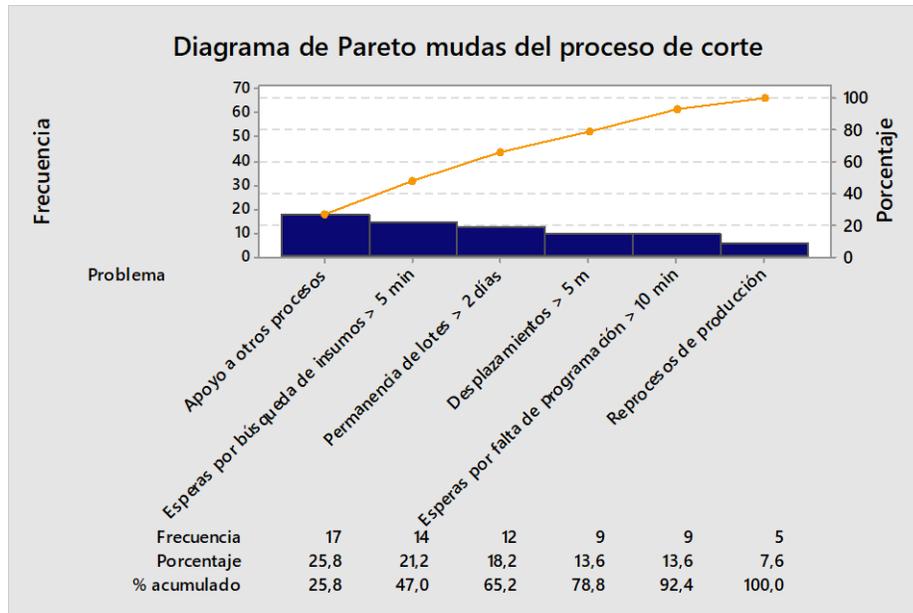
*Factores y frecuencias de mudas identificadas*

<i>Factor</i>	<i>Frecuencia</i>
<b>Permanencia de lotes &gt; 2 días</b>	12
<b>Reprocesos de producción</b>	5
<b>Esperas por falta de programación &gt; 10 min</b>	9
<b>Esperas por búsqueda de insumos &gt; 5 min</b>	14
<b>Desplazamientos &gt; 5 m</b>	9
<b>Apoyo a otros procesos</b>	17

Con el registro de frecuencias es posible realizar el diagrama de Pareto. Este fue realizado con la ayuda de Minitab una herramienta con un paquete estadístico disponible. El diagrama de observa en la **Figura 9**.

**Figura 9**

*Diagrama de Pareto mudas del proceso de corte*



Nota. Elaborado en Minitab.

## 4.2 Fase ii: Medición y análisis

### 4.2.1 Establecimiento de la propuesta de mejora

Con la información proporcionada por el diagrama de Pareto observado en la **Figura 9**, se evidencia que la frecuencia más alta registrada está relacionada con el apoyo a otros procesos, donde se obtuvo una frecuencia de 17. Seguido al factor de apoyo a otros procesos, se encuentra la espera por búsqueda de insumos mayor a cinco minutos, la permanencia de lotes como inventario en proceso mayor a dos días y los desplazamientos para alcanzar herramientas de trabajo mayor a cinco metros. Dichos factores en conjunto representan el 78,8% de los problemas del área de corte, por lo deben ser la prioridad de problemas a sanear para posibilitar la mejora continua del proceso.

Relacionando estos factores con las mudas identificadas se llega a la conclusión de que dichos problemas son generados principalmente por causas tales como los errores de programación, que derivan en la continua presencia de abandono de las operaciones para la atención de otras de carácter urgente y la permanencia de inventario en proceso ubicado en piso, dado que se produce

lo que no se necesita en el momento. Por otro lado, la falta de estandarización de los procesos internos ocasiona esperas y desplazamientos por búsqueda de insumos o implementos de trabajo.

Es por esta razón, que se propone calcular el tiempo estándar de operación con el fin de establecer la capacidad real del proceso permitiendo realizar una planeación acorde de la producción, reduciendo los inventarios en proceso y la interrupción constante de operaciones. Además, se hace fundamental implementar un proyecto 5's que depure y organice el área de corte, facilitando la ubicación de elementos en puntos específicos y evitando la búsqueda y desplazamiento de estos. Lo anterior acompañado de una estandarización de los procesos internos, que reduzca la variabilidad asociada a las diferentes operaciones, posibilitando establecer un balanceo de la línea de producción acorde a las capacidades y tiempos de operación calculados. Una vez se tenga la capacidad real, los procesos estandarizados, la línea de producción balanceada y un área organizada se pueden establecer indicadores para medir el rendimiento de la operación en pro de garantizar el mejoramiento continuo del proceso. La propuesta de mejora se resume en la **Figura 10**.

### Figura 10

*Propuesta de mejora*



#### 4.2.2 Metodología y análisis para la toma de tiempos

Dado que para la definición del tiempo estándar debe tenerse en cuenta los tiempos de los procesos de extendido, corte de unidades y paqueteo, se optó por tomar por separado los tiempos de cada uno de estos procesos. Inicialmente, se analizó las variables que afectaban el tiempo de

cada operación. En la **Tabla 4** se puede observar cuáles son las variables involucradas para cada uno de los procesos descritos.

**Tabla 4**

*Variables que afectan el tiempo de operación por proceso*

<i>Procesos</i>	<i>Variables que afectan el tiempo de operación</i>
<b>Extendido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Base de tela</li> <li>✓ Largo de trazo</li> <li>✓ Número de capas</li> </ul>
<b>Corte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tipo de producto</li> <li>✓ Tipo de trazo</li> <li>✓ Largo de trazo</li> </ul>
<b>Paqueteo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Número de unidades</li> <li>✓ Tipo de producto</li> </ul>

En la **Tabla 4**, se observa que el extendido está afectado por variables tales como la base de tela, debido a que la composición de la tela genera variaciones en la tensión y velocidad de la máquina extendedora, produciendo cambios en el tiempo de extendido. Además, el largo de trazo implica cambios en la velocidad, así como el número de capas también se relaciona con el tiempo. En cuanto al corte de unidades, este se ve afectado por el tipo de producto, pues cada producto implica realizar cortes y movimientos diferentes; el tipo de trazo que puede ser manual o digital también puede afectar el tiempo estándar de operación debido a que realizar el trazo manual supone realizar mediciones que toman más tiempo que simplemente fijar el trazo impreso y el largo de trazo representan realizar un mayor o menor número de movimientos y cortes. El paqueteo por su parte se ve afectado por el tipo de producto, ya que se presentan cambios en el método de doblado según el tipo de producto y el número de unidades significa empacar un mayor o un menor número de paquetes.

Posteriormente, una vez se establecieron las variables que afectan los tiempos de operación de los procesos, se definieron las actividades de cada uno de los procesos a las cuales se hacía necesario tomarles tiempo. Estas se presentan en la **Tabla 5**.

**Tabla 5***Actividades por proceso*

<i>Proceso</i>	<i>Actividad</i>	<i>Definición</i>
<b>Extendido</b>	<b>Preparación</b>	Alistamiento, que incluye la marcación de la mesa según las medidas de las unidades y largo de trazo y el montaje del primer rollo.
	<b>Operación</b>	Inicio del extendido de capas.
	<b>Cambio de rollo</b>	Montaje de un nuevo rollo cuando se termina el anterior.
<b>Corte</b>	<b>Preparación</b>	Alistamiento y fijación del trazo con alfileres sobre la última capa de tela o en su defecto medición y dibujo del trazo en caso de ser trazo manual.
	<b>Operación</b>	Corte según las dimensiones y trazo, así como la recolección del retal sobrante.
<b>Paqueteo</b>	<b>Conteo de capas</b>	Contar el número de capas para determinar el número de unidades y el loteo correspondiente.
	<b>Doblar o enrollar</b>	Doblar o enrollar según el tipo de producto y unidades por paquete.
	<b>Amarrar</b>	Amarrar con retales de tela los paquetes previamente doblados o enrollados.
	<b>Empacar</b>	Empacar en bolsas los paquetes amarrados.
	<b>Desocupar mesa</b>	Dar una ubicación en piso o en el centro de integración a los paquetes empacados.

Luego de conocer cada una de las actividades a las cuales debía tomársele tiempos en los procesos, se establecieron los formatos en los cuales se realizarían los registros de las mediciones realizadas. Los formatos fueron realizados en Excel y cada uno desglosa las actividades, así como el cálculo de los tiempos muertos identificados durante la toma de tiempos.

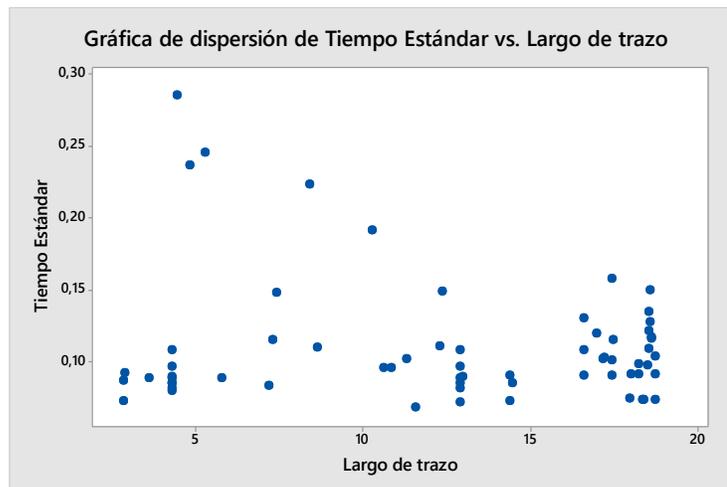
Por otro lado, se creó un archivo colaborativo en Google Drive con el objetivo de consolidar la información y registrar las mediciones realizadas por el equipo de ingeniería de la empresa. En

este archivo, se definieron los suplementos para tener en cuenta en cada uno de los procesos de acuerdo a lo establecido por la OIT y las tablas de suplementos definidas por García Criollo en su libro “*Estudio del trabajo Ingeniería de métodos y medición del trabajo*” (García Criollo, 2005). Según las condiciones de trabajo de los procesos de extendido, corte y paquete se establecieron suplementos del 16%, 21% y 19% respectivamente. En el **Anexo I** se muestra el formato utilizado para calcular los suplementos.

Al iniciar con la toma de tiempos se realizó un análisis estadístico de los datos preliminares en Minitab, con el fin de establecer correlaciones y corroborar que las variables identificadas inicialmente para cada uno de los procesos si afectara significativamente el tiempo estándar. En los primeros análisis se graficaron las correlaciones entre largo de trazo y número de capas en relación con los tiempos obtenidos para el proceso de extendido. Estas se observan en la **Figura 12** y **Figura 12**.

### Figura 11

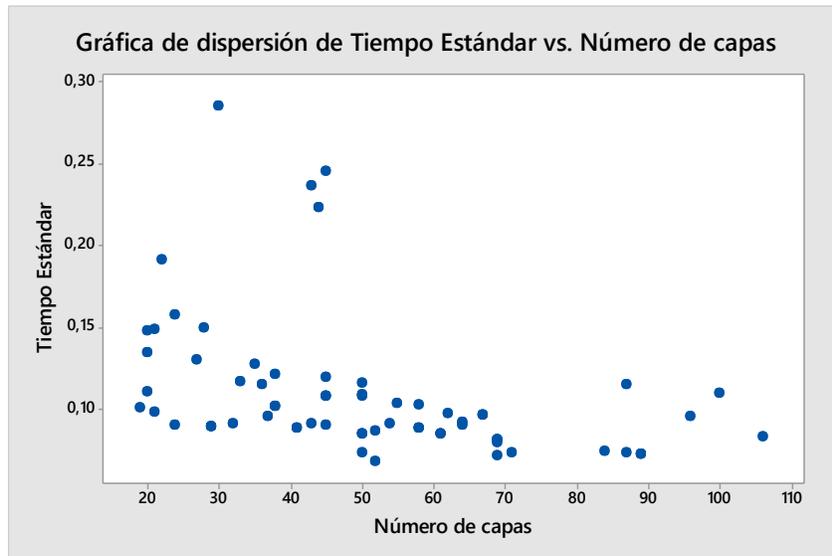
*Gráfico de dispersión de Tiempo estándar y largo de trazo*



Nota. Elaborado en Minitab.

**Figura 12**

*Gráfico de dispersión de Tiempo estándar y número de capas*

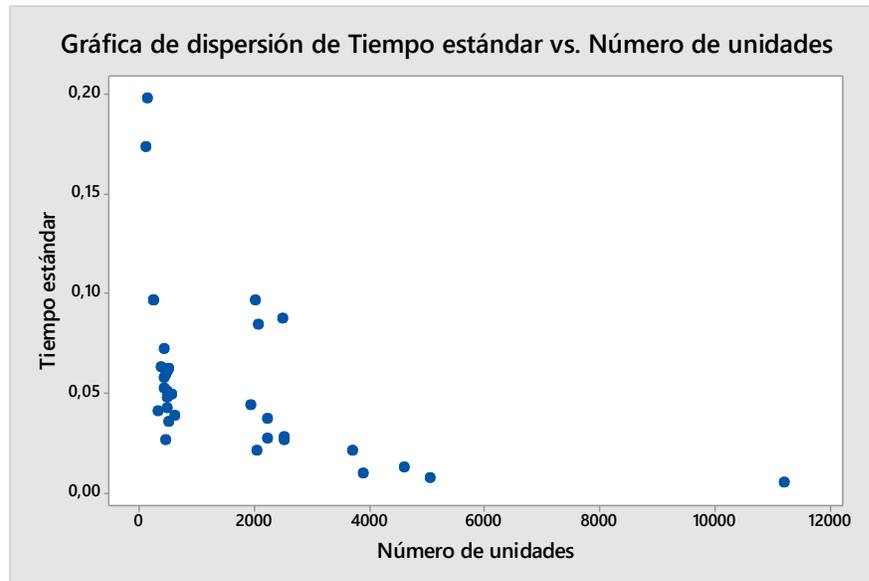


*Nota.* Elaborado en Minitab.

En las figuras se observan las gráficas de dispersión de los tiempos estándar preliminares y las variables de número de capas de largo de trazo. Tanto para el largo de trazo como para el número de capas en relación con el tiempo estándar se obtuvieron correlaciones negativas de -0,15 y -0,42 respectivamente, es decir, las relaciones son inversas y las correlaciones son débiles debido a la variabilidad de los datos. Sin embargo, en ambas gráficas se observa un patrón y es que tanto para el número de capas como para el largo de trazo los tiempos estándar disminuyen para los valores más altos de estas variables y aumentan para los valores más bajos.

**Figura 13**

*Gráfico de dispersión de Tiempo estándar y número de unidades*



*Nota.* Elaborado en Minitab.

De igual manera, en la **Figura 13** se presentan el gráfico de dispersión para las unidades cortadas y el tiempo estándar para las cuales se obtuvo una correlación negativa de -0,47. De la gráfica se puede deducir que al aumentar el número de unidades disminuye el tiempo estándar de operación, esto puede explicarse debido a que para cortar pocas o muchas unidades debe realizarse el mismo movimiento, es decir, que con el mismo movimiento se pueden cortar más unidades por lo que el tiempo estándar por unidad disminuye.

Sabiendo que tanto el aumento en el número de capas, el largo de trazo y el número de unidades producen una disminución en el tiempo de operación y dada la variabilidad y amplia gama de productos y bases de tela, se decidió analizar la desviación estándar por tipo de producto y base de tela para cada uno de los procesos. Las desviaciones obtenidas se observan en la **Tabla 6** y **Tabla 7**.

**Tabla 6***Desviación estándar por base de tela*

<i>Base de tela</i>	<i>Desviación estándar</i>		
	<i>Extendido</i>	<i>Corte</i>	<i>Paqueteo</i>
<i>Acolchado</i>	1,23	6,97	5,14
<i>Flannel</i>	1,67	2,35	5,72
<i>Genero</i>	1,52	2,17	6,05

**Tabla 7***Desviación estándar por tipo de producto*

<i>Tipo de producto</i>	<i>Desviación estándar</i>		
	<i>Extendido</i>	<i>Corte</i>	<i>Paqueteo</i>
<i>Ajustable doble</i>	0,58	0,77	2,86
<i>Ajustable sencillo</i>	0,71	1,51	3,91
<i>Cobija</i>	1,78	1,27	5,72
<i>Edredón doble</i>	1,30	1,24	4,47
<i>Edredón sencillo</i>	1,40	1,18	2,86
<i>Fundas</i>	1,31	0,68	2,54

En las tablas, se observa que para el proceso de extendido se tiene desviaciones similares por tipo de producto y base de tela. Sin embargo, en el proceso de extendido es indiferente el tipo de producto y solo es importante la base de tela que se está extendiendo. Mientras que para los procesos de corte y paqueteo si es importante considerar el tipo de producto, pues según este se generan variaciones en el tiempo de operación. Por esta razón, se decidió agrupar los tiempos de extendido por base de tela y por tipo de producto para corte y paqueteo.

Posteriormente, se definió el tamaño de la muestra de las observaciones a tomar por base de tela para el extendido y por tipo de producto para corte y paqueteo. Dicho tamaño de muestra fue calculado en base a la ecuación definida por García Criollo (2005). La fórmula utilizada es la siguiente.

$$N = \left( \frac{k \cdot \sigma}{e \cdot \bar{x}} \right)^2 + 1$$

Donde,

N: Número de observaciones totales

K: Nivel de riesgo

e: Error

$\sigma$  : Desviación estándar

$\bar{x}$  : Media

Para el estudio se consideró un nivel de error del 10%, es decir que el nivel de confiabilidad del estudio de tiempos es del 90% y un nivel de riesgo del 5% con un  $k = 2$ .

Adicionalmente, para las mediciones se utilizó el cronómetro de un celular. Si bien, lo recomendable para un estudio de métodos y tiempos es utilizar un cronómetro digital cuya precisión aproximada oscila entre los 0,001 s, los temporizadores de los celulares también han sido utilizados en mediciones experimentales de fenómenos físicos, por ejemplo. Piroshka et al., (2021) afirma que la precisión del cronómetro es de alrededor de 0,01 y su precisión aumenta a medida que se realizan más mediciones (Piroshka et al., 2021).

Una vez, se obtuvieron las mediciones definidas en el tamaño de la muestra tanto por base de tela como por tipo de producto, se corroboró que el tiempo estándar variaba con los cambios del largo de trazo, por lo que se establecieron rangos de largo de trazo en los que el tiempo estándar se comportaba de manera similar. De esta manera se realizaron los siguientes cálculos por rangos de largo de trazo agrupando por base de tela.

### ***Tiempo estándar observación***

$$= \frac{\text{Tiempo registrado}}{\text{Metros extendidos}} * \text{Valoración del operario} * (1 + \text{Suplementos})$$

### ***Tiempo estándar por metro base de tela $X_{(y-z)}$***

$$= \text{Promedio tiempos estándar de observaciones obtenidas}$$

De esta manera, se obtiene el tiempo estándar por metro según la base de tela en un rango de largo de trazo específico.

***Cambio de rollo por metro =***

*Promedio de tiempos registrados de la base de tela X \* Valoración del operario + (1 + Suplementos)*

***Cambio de mesa = Promedio del cambio de mesa de observaciones registradas***

***Alistamiento por base de tela =***

*Promedio de observaciones de la base de tela X en el rango de trazo Y – Z \*  
Valoración del operario + (1 + Suplementos)*

En corte, también se corroboró las variaciones en el tiempo según el número de unidades cortadas y si se contó o no con el apoyo de auxiliar durante el proceso. Los cálculos realizados para determinar el tiempo estándar por tipo de producto y unidad fueron los siguientes, agrupando por tipo de producto.

***Tiempo estándar observación***

$$= \frac{\text{Tiempo registrado}}{\text{Unidades cortadas}} * \text{Valoración del operario} * (1 + \text{Suplementos})$$

***Tiempo estándar alistamiento observación***

$$= \frac{\text{Tiempo registrado}}{\text{Metros trazados}} * \text{Valoración del operario} * (1 + \text{Suplementos})$$

***Tiempo estándar por unidad producto X en el rango de unidades<sub>(y-z)</sub>***

*= Promedio tiempos estándar de observaciones obtenidas*

***Tiempo alistamiento por unidad producto X en el rango de unidades<sub>(y-z)</sub>***

*= Promedio tiempos estándar alistamiento de observaciones obtenidas*

En paqueteo por su parte, se realizaron los siguientes cálculos para determina el tiempo estándar unidad según el tipo de producto.

***Tiempo estándar observación***

$$= \frac{\textit{Tiempo registrado}}{\textit{Unidades empacadas}} * \textit{Número de personas} * \textit{Valoración del operario} \\ * (1 + \textit{Suplementos})$$

***Tiempo estándar por unidad del producto X***

$$= \textit{Promedio tiempos estándar observaciones obtenidas}$$

Con esto se obtuvo el tiempo estándar por metro y base de tela en los rangos de largo de trazo identificados, así como el tiempo por unidad cortada según el tipo de producto y rango de unidades y tiempo estándar por unidad paqueteada según el tipo de producto. Con los resultados obtenidos se elaboraron la ***Tabla 14***, ***Tabla 15*** y ***Tabla 16*** de la sección ***5 Resultados***.

***4.2.3 Cuantificación de los desperdicios y su valor en pesos***

Al iniciar con el estudio de métodos y tiempos también se inició con la cuantificación de desperdicios y el valor en pesos que representa para la empresa. La mayor fuente de desperdicios de proceso de corte se da en las cabeceras que se dejan a la tela en el proceso de extendido. Las cabeceras son centímetros (cm) de más que se dejan al largo de trazo establecido, con el fin de garantizar las medidas de los productos cuando estos vayan a ser cortados, ya que por la tensión de la máquina y las características de la tela se pueden correr las capas y presentarse inconvenientes a la hora de hacer el corte.

A pesar de que, para el proceso de extendido se tienen establecidas unas cabeceras según la base de tela, estas en la mayoría de los casos no se cumplen. Es por esta razón, que en conjunto con el área de ingeniería y calidad se diseñó un formato para realizar auditorías donde se registren los cm de más que no cumplen las cabeceras establecidas. La auditoría se consigna a través de un formulario de Google cuyos resultados pueden ser descargados a un archivo de Excel, para analizar los resultados se realizaron algunos cálculos adicionales, tales como los metros de más extendidos que se obtiene de multiplicar los cm de más de las cabeceras por el número de capas extendidas,

también se calculó el porcentaje de más por unidad y las unidades perdidas a causa de los metros desperdiciados.

Para el mes de septiembre, por ejemplo, se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se observan en la **Tabla 8**.

**Tabla 8**

*Desperdicios mes de septiembre*

Fecha	Metros totales de más extendidos	% consumo de más por unidad	Unidades perdidas
7/09/2021	17,34	0,75%	8
7/09/2021	18,2	1,63%	8
8/09/2021	0,73	0,13%	0
9/09/2021	24,24	1,20%	13
9/09/2021	6,99	0,15%	7
10/09/2021	8,07	0,30%	5
10/09/2021	3,72	0,10%	7
13/09/2021	7	0,15%	4
13/09/2021	20,93	1,92%	25
14/09/2021	28,16	0,67%	19
14/09/2021	1,84	0,20%	3
15/09/2021	7,89	0,25%	5
15/09/2021	14	0,31%	9
16/09/2021	0,42	0,17%	0
17/09/2021	3,42	3,00%	2
17/09/2021	1,08	0,75%	0
17/09/2021	16,72	1,33%	9
18/09/2021	4,18	0,33%	2

De la **Tabla 8** se puede interpretar que para el mes de septiembre en Industrias genio se desperdiciaron en promedio 10,27 m de tela. Sin embargo, el día 14 de este mes se registró una pérdida de 28,16 m siendo el valor máximo de las auditorias del mes. Por otro lado, en promedio el porcentaje de desperdicio por unidad es del 0,7% y en promedio se pierden 7 unidades por cada tendido e incluso hay casos en los que se llegan a perder 25 unidades como lo fue el día 13 de septiembre.

Para el mes de octubre por su parte, se obtuvieron los siguientes registros de desperdicios, los cuales se observan en la **Tabla 9**.

**Tabla 9***Desperdicios mes de octubre*

Fecha	Metros totales de más extendidos	% consumo de más por unidad	Unidades pérdidas
4/10/2021	12,78	0,8%	8
4/10/2021	10,08	0,7%	7
5/10/2021	8,52	0,2%	0
6/10/2021	6,96	0,5%	3
8/10/2021	6,99	0,2%	0
9/10/2021	30,88	1,0%	21
11/10/2021	24,85	0,6%	16
11/10/2021	1,84	0,7%	1
11/10/2021	2,17	0,1%	1
11/10/2021	0,8	0,2%	0
12/10/2021	0,45	0,1%	0
13/10/2021	5,55	1,0%	3
13/10/2021	3,06	1,2%	2
14/10/2021	4,56	0,6%	6
15/10/2021	3,08	14,0%	1
15/10/2021	2,42	11,0%	1
15/10/2021	7,22	9,5%	3
15/10/2021	1,76	4,0%	1
16/10/2021	5,28	12,0%	4
16/10/2021	5,28	12,0%	4
16/10/2021	0,44	1,0%	0
20/10/2021	8,45	0,3%	0
21/10/2021	12,72	0,2%	0
21/10/2021	9,76	0,5%	6

Para este mes se registra un desperdicio promedio de 7,32 m, teniendo picos de desperdicio los días 9 y 11 de octubre con desperdicios de 30,88 y 24,85 m respectivamente. Estos picos de desperdicios se da una pérdida de hasta 21 unidades por día. En cuanto al porcentaje de consumo de más por unidad se encuentra que su valor medio es de un 3%, un 2,3% más alto que el del mes de septiembre.

Una vez se obtuvieron los registros de los meses de septiembre y octubre, se consolidó la información para cuantificar el valor en pesos relacionado con los desperdicios de cabeceras del área de corte. La información se encuentra en la **Tabla 10**.

**Tabla 10***Consolidado costo desperdicios*

<b>Desperdicio promedio diario</b>	<b>Desperdicio promedio por mes</b>	<b>Costo promedio por metro de tela</b>	<b>Costo total por desperdicio mensual</b>
8,79	263,7	\$3.000	\$791.100

En la **Tabla 10**, se observa que en promedio por mes el proceso de corte presenta una pérdida de \$791.100 en relación con los desperdicios, siendo este un valor representativo al que debe buscársele solución, ya que, si se calcula el valor de la pérdida por desperdicio de cabeceras, esta puede ascender a los \$4.746.600 semestral y a los \$9.493.200 anualmente.

### 4.3 Fase iii: Mejoramiento

#### 4.3.1 Proyecto 5s

Debido al desorden de la planta identificado en la fase de diagnóstico, se planteó la ejecución de un proyecto 5s con el propósito de depurar el área, organizarla y facilitar el almacenamiento de lotes terminados, destinando lugares específicos para su ubicación. En parte, el objetivo de la realización del proyecto 5s no solo era organizar el área sino también establecer lugares definidos en los cuales el personal pudiera encontrar con facilidad los insumos o herramientas de trabajo, mejorando el flujo de este.

Inicialmente, el proyecto se dividió en las siguientes tres fases:

1. Fase preliminar:

- Compromiso de la alta dirección.
- Conformación de comité 5s.
- Diagnóstico.
- Planificación de actividades y establecimiento de cronograma.

2. Fase de ejecución:

- Capacitación del personal.
- Ejecución de actividades.

- Seguimiento y monitoreo de cumplimiento de cronograma.

### 3. Fase de mejora:

- Acompañamiento y seguimiento.

El desarrollo del proyecto se detalla a continuación. Básicamente la primera fase consistió en resaltar la importancia de las 5s en las organizaciones a los principales cargos administrativos, con el fin de contar con su apoyo para la ejecución de tareas y actividades. El comité fue conformado por el área de ingeniería, el supervisor del área de corte, un auxiliar de control interno, el director de personal y la coordinadora de seguridad y salud en el trabajo.

En el diagnóstico realizado, se identificaron las principales fuentes de desperdicio y desorden del área de corte de los principales procesos. Para el proceso de extendido se encontró que los desperdicios provienen de los retales de tela producto de empates, tubos de cartón de los rollos y los sobrantes de tela para devolución. En corte los retales sobrantes del corte y las lanas o hebras de tela se identificaron como los principales desperdicios, mientras que en paqueteo las unidades defectuosas, unidades sobrantes y las bolsas plásticas fueron las principales causales de desorden.

Además de identificar las principales fuentes de desperdicio, se realizó una encuesta al personal operativo con el fin de percibir su orientación hacia el orden. En la encuesta, se realizaron las siguientes preguntas:

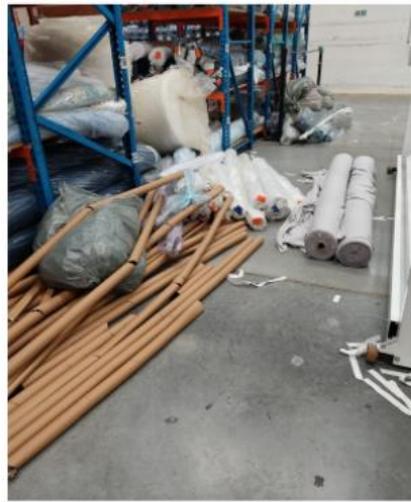
- ¿Existen elementos no utilizados en su área de trabajo?
- ¿Existen elementos defectuosos e inseguros en su área de trabajo?
- ¿Los elementos de trabajo cuentan con una ubicación específica?
- Luego de usar los elementos ¿Los vuelve a colocar en su lugar correspondiente?
- ¿Existen elementos de aseo en su área de trabajo?
- ¿El área de trabajo se mantiene limpia?
- ¿Están designados horarios para la limpieza del área?

En los resultados de la encuesta se destaca que el 53% del personal afirma que existen elementos defectuosos e inseguros en el área del trabajo, el 61% de ellos dice que los elementos no tienen una ubicación específica, el 69% respondió que no se cuentan con elementos de limpieza y el 84% afirmó que no existen horarios destinados para la limpieza.

En la **Figura 14** se observa el registro fotográfico realizado durante el diagnóstico.

## Figura 14

### *Desperdicios identificados*



Una vez se realizó la fase diagnóstica, se listaron los elementos de trabajo no utilizados, las referencias de producto sobrantes u obsoletas y para cada una de ellas se estableció un cronograma que contiene la clasificación del elemento, la decisión o tarea a realizar con el elemento y la fecha límite de ejecución de la tarea.

Con la realización del cronograma se pudo depurar el material obsoleto y proceder a dar un lugar o ubicación específica a los elementos o referencias de producto no obsoletas. Con la designación de ubicaciones se generó un gran cambio en el área de corte, que se puede apreciar en la **Tabla II** donde se observa el antes y después de la ejecución del cronograma de depuración.

**Tabla 11**

*Registro fotográfico antes y después depuración*

*Antes*

*Después*



Una vez se realizó el cronograma de depuración, fue de suma importancia realizar una capacitación al personal para garantizar la permanencia del orden establecido. En conjunto con ellos se determinaron los elementos principales de trabajo para los procesos de extendido, corte y paquete los cuales se observan en la **Tabla 12**.

**Tabla 12**

*Elementos de trabajo*

**Elementos de trabajo por proceso**

<b>Extendido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinta</li> <li>• Ladrillos</li> <li>• Varilla</li> <li>• Tubo de auxiliar</li> <li>• Marcador</li> </ul>
<b>Corte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexómetro</li> <li>• Alfileres</li> <li>• Silicona</li> <li>• Cinta</li> </ul>
<b>Paqueteo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolsas</li> <li>• Tiras para amarrar</li> <li>• Cinta</li> </ul>

Por otra parte, también se identificaron zonas de señalización con el fin de mantener las ubicaciones definidas para los insumos y los elementos de trabajo. Entra las zonas para señalización se encuentra, elementos de corte, rollos de bolsas y papel para separar, zona de residuos 2, zonas de almacenamiento, mesa de vidrio, elementos del personal, estampación y zonas de acopio. Dichas señalizaciones se imprimieron en acrílico para ubicarlas en sus respectivos lugares.

Además, se establecieron horarios de aseo 15 minutos antes de la finalización de cada turno, en los cuales cada operario es responsable de limpiar su área de trabajo.

**4.3.2 Estandarización de los procesos internos de corte**

Para la estandarización de los procesos de extendido, corte y paqueteo se siguió la normativa de control interno de la empresa. Inicialmente se destinó una semana como periodo de observación de los procesos con el fin de comprender el método actual, tomando nota de las mejores y peores prácticas observadas, posteriormente se listaron las actividades fundamentales de

cada proceso y el método óptimo según el consenso del equipo de ingeniería, así como los respectivos responsable de ejecutarlas. Las actividades con su responsable se observan en la **Tabla 13**.

**Tabla 13**

*Actividades y responsables por proceso*

Extendido		
Actividad	Operaciones	Responsable
Alistamiento	Realizar el desmontaje de la máquina y cambio de mesa	Extendedor y auxiliar de extendido
	Marcación de la mesa según medidas programadas	Extendedor
	Búsqueda y montaje del rollo a la máquina	Auxiliar de extendido
	Programación de la máquina	Extendedor
Extendido	Extender tela según largo de trazo y capas programadas	Extendedor y auxiliar de extendido
Corte		
Actividad	Operaciones	Responsable
Alistamiento	Unir trazo y fijarlo con alfileres a la última capa de tela	Cortador y auxiliar
Corte	Cortar según el molde del trazo fijado	Cortador
Recoger retal	Retirar el retal sobrante producto del corte y empacarlo en bolsas	Auxiliar
Paqueteo		
Actividad	Operaciones	Responsable
Alistamiento	Retirar el trazo quitando los alfileres, realizar el conteo de capas y calcular el número de lotes y paquetes, cortando el total de bolsas para el número de paquetes calculado	Auxiliares de paqueteo
Paqueteo	Doblar, amarrar y empacar cada uno de los paquetes	Auxiliares de paqueteo
Ubicar	Destinar una ubicación en piso o realizar el traslado al centro de integración si se cuenta con espacio	Auxiliares de paqueteo

Para garantizar la aplicación de los nuevos métodos definidos estos fueron puestos a discusión con el personal operativo, recibiendo recomendaciones y retroalimentación. Luego de

contar con su aprobación se procedió a documentar los procesos a través de un instructivo según lo establecido por la normativa de control interno de la empresa. Se diseñó un instructivo para cada uno de los procesos donde se detalla las actividades y el paso a paso a seguir de cada una de ellas.

Cada uno de los instructivos contiene lo siguiente:

1. Propósito de la documentación.
2. Alcance de la documentación.
3. Responsabilidades por cargo.
4. Vocabulario y terminología.
5. Entradas y salidas del proceso.
6. Diagrama de flujo del proceso.
7. Metodología con paso a paso detallado.
8. Responsable por actividad.
9. Requisitos para el desarrollo del proceso.
10. Recomendaciones generales.
11. Formato de auditorías.

Es importante resaltar, que para el proceso de extendido se definieron las cabeceras por base de tela, 3 cm al final del largo de trazo para las telas en general a excepción del flannel que por su composición se definió una cabecera de 6 cm. Estas cuales fueron estipuladas en el instructivo del proceso de extendido. Debido a que estas cabeceras fueron documentadas, debían ser respetadas por los extendedores con el fin de disminuir los desperdicios identificados previamente.

Además, se creó un canal de YouTube en donde se subió un video por proceso que contiene el desarrollo y observaciones puntuales para tener en cuenta. Tanto los videos como los instructivos fueron entregados al área de control interno y gestión humana para su aprobación final, ellos se encargaron de poner el material a disposición del personal operativo para su capacitación en la aplicación de los nuevos métodos establecidos. Por otra parte, los videos e instructivos son utilizados actualmente para la capacitación en los periodos de contratación del personal nuevo que ingresa a la empresa.

### ***4.3.3 Balanceo de la línea de producción del proceso de corte***

Teniendo ya definidos los tiempos estándar de algunos productos, se diseñó un archivo en Excel que sirve para realización de las programaciones internas del área de corte por parte del supervisor encargado. Este archivo se compone de cuatro hojas de cálculo o secciones principales, las cuales se describen a continuación.

- 1. Programación global:** Cuadro que contiene la programación global de la planta, detallando la fecha de producción, el pedido y referencia de producto, las unidades a producir, el tipo de producto, las unidades entregadas con sus respectivas fechas y el estado de la referencia programada que puede ser “Terminado” cuando se ha completado el total de unidades programadas, “Entrega parcial” cuando las unidades entregadas son menores al total de unidades programadas y “Pendiente” cuando no se ha producido ninguna unidad.
- 2. Programación extendido:** Cuadro donde se realiza la programación del proceso de extendido según las referencias programadas para la fecha actual. En la programación se incluye la fecha, número de pedido, referencia, pinta, tipo de producto, base de tela a utilizar, referencia de la tela, ubicación en zona de almacenamiento, medidas, unidades trazadas y piezas por tipo de producto, largo de trazo, número de capas y cuerpos a extender. Este cuadro considera el tiempo estándar por base de tela, calculando el tiempo de extendido por referencia según los metros extendidos, los metros son calculados como el producto entre el número de capas y el largo de trazo. Una vez se sabe el tiempo que se tarda en extender cada referencia se puede obtener el tiempo disponible por día, sabiendo que se trabajan tres turnos de 480 minutos cada uno. Este cálculo es de utilidad para conocer con certeza el número de referencias que pueden ser programadas en un día sabiendo la capacidad disponible en minutos y el tiempo que consume extender cada referencia.
- 3. Diagrama de Gantt de la programación:** Diagrama que muestra la hora inicial y final en que se termina de extender una referencia en base al tiempo estándar. Inicialmente se muestran las horas iniciales y finales de cada referencia en el proceso de extendido, dado que, cuando una referencia se termina de extender esta se convierte en disponible

para el corte, la hora de terminación de extendido de una referencia se convierte en la hora de inicio del corte de esta. De la misma manera, la hora de terminación de un corte se convierte en la hora de inicio del paqueto. El diagrama no solo muestra los tiempos dedicados a los procesos de extendido, corte y paqueto sino también el tiempo dedicado a todas las actividades realizadas en los demás procesos asociado a cada operario, permitiendo visualizar el tiempo productivo e improductivo de cada uno de ellos.

- 4. Tiempo disponible:** Tabla que muestra el tiempo disponible de cada operario, el tiempo ocupado y tiempo libre en relación con este tiempo disponible. De esta manera es posible visualizar el porcentaje ocupación de cada persona de manera que se puedan asignar tareas a aquellas personas cuyo porcentaje de ocupación sea menor y así se tengan porcentajes de ocupación balanceados y distribuidos de manera equitativa.

Con la formulación de este archivo fue posible mejorar de manera considerable la distribución de funciones y cargas de trabajo, organizar de manera acertada las referencias a trabajar según las capacidades operativas y conocer de manera estimada el tiempo que tarda en producirse una referencia pasando por los diferentes procesos, posibilitando tomar decisiones que den como resultado el cumplimiento de la programación establecida.

#### ***4.3.4 Planteamiento de indicadores de eficiencia y productividad***

Una vez se contó con una programación efectiva de la planta y un balanceo de cargas correctamente distribuido entre el personal operativo, se plantearon indicadores de eficiencia y productividad para medir y controlar tanto a los operadores como al proceso en general.

Para la formulación de los indicadores se diseñaron tres plantillas en Excel cada una para cada uno de los procesos de extendido, corte y paqueto, las cuales se alimentan de la información que registran los operarios en los formatos de la Tablet donde se les consigna la programación.

En el proceso de extendido los operarios registran el nombre del extendedor y el auxiliar, el número de capas y cuerpos extendidos, con ello se calculan los metros y unidades extendidas. Además, deben registrar si tuvieron o no cambio de mesa y alistamiento, debido a que por el largo se trazo es posible realizar tendidos en una misma mesa. Por último, deben registrar el tiempo y

tipo de improductivo en caso de tenerlo, para ello se les diseño una lista desplegable con los tipos de improductivo más frecuentes por proceso, así como la hora de inicio y hora final de trabajo de cada referencia programada.

Por su parte, en el proceso de corte los operarios registran el nombre del cortador, si tuvieron o no apoyo de un auxiliar, si el tipo de trazo fue manual o en su defecto digital, el tiempo y tipo de improductivo y la hora de inicio y final por cada referencia cortada.

Por último, en el proceso de paquetero se requiere que los operarios registren el nombre del líder de paquetero, el número de personas que participaron en el proceso, las unidades empacadas y el saldo según las unidades de lote programadas, la suma de unidades empacadas y el saldo da como resultado el total de unidades paqueteadas. Deben registrar también el número de lotes y paquetes totales que fueron empacados, así como los tiempos improductivos y hora de inicio y final por cada referencia paqueteada.

Con la información suministrada por los formatos de la Tablet se alimentan las plantillas diseñadas en las cuales es necesario realizar el cálculo de algunas variables para obtener los indicadores. Las variables son las siguientes:

$$\mathbf{T_iempo\ total\ trabajado = Hora\ de\ inicio - Hora\ final}$$

$$\mathbf{T_iempo\ productivo = Tiempo\ total\ trabajado - Tiempo\ improductivo}$$

$$\mathbf{T_iempo\ estándar\ extendido =}$$

$$Metros\ extendidos * Estándar\ por\ metro + Tiempo\ de\ cambio\ de\ mesa + Tiempo\ de\ alistamiento$$

$$\mathbf{T_iempo\ estándar\ corte =}$$

$$Unidades\ cortadas * Tiempo\ estándar\ por\ unidad + Tiempo\ de\ alistamiento$$

$$\mathbf{T_iempo\ estándar\ paquetero =}$$

$$\frac{Unidades\ empacadas * Tiempo\ estándar\ por\ unidad}{Número\ de\ personas}$$

Es importante aclarar que cada formato cuenta con una base de datos que contiene la información de los tiempos estándar obtenidos. En extendido, por ejemplo, la base de datos tiene

el tiempo estándar por metro según la base de tela, un tiempo promedio fijo de cambio de mesa de 10 minutos y un tiempo de alistamiento por metro de base de tela. En corte, la base de datos tiene el tiempo estándar de corte por unidad según el tipo de producto con y sin auxiliar, así como el tiempo de alistamiento por tipo de producto con y sin auxiliar, este tiempo se carga al formato del indicador según si el cortador afirmó haber tenido o no el apoyo de un auxiliar, ya que el no haberlo tenido implica un aumento tanto en el tiempo de corte como en el alistamiento. La base de datos de paqueteo tiene el tiempo estándar por unidad por tipo de producto y por persona, es por esta razón que el tiempo de paqueteo se divide por el número de personas que hayan participado.

Dado que, se presenta una gran variabilidad de referencias y productos generando que no sea posible medir a los operarios en unidades producidas o en un teórico de productividad, se tomó la decisión de medir la eficiencia y la productividad en términos de tiempo, entendiendo la eficiencia como el tiempo que le toma a cada operario realizar una función en comparación al tiempo teórico definido por el estándar y sin considerar los tiempos improductivos. La productividad por su parte se definió como el tiempo total trabajado considerando la afectación de tiempos improductivos en comparación a un tiempo disponible dado por el tiempo teórico definido por el tiempo estándar. Las fórmulas para calcular la eficiencia y la productividad son las siguientes.

$$\% \textit{Eficiencia} = \frac{\textit{Tiempo productivo}}{\textit{Tiempo estándar extendido}}$$

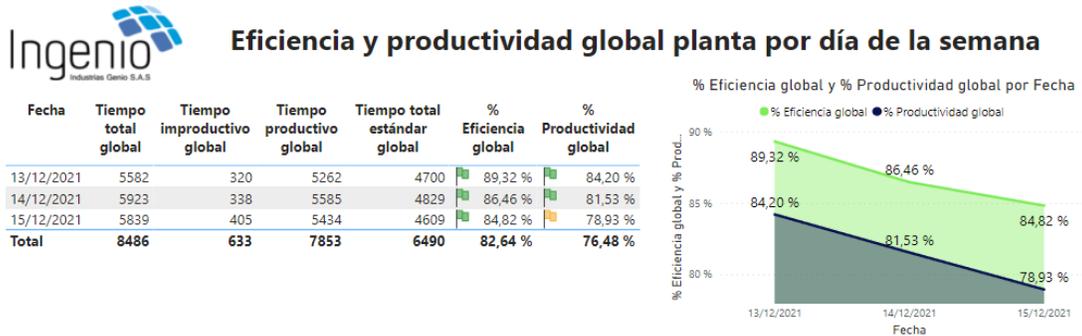
$$\% \textit{Productividad} = \frac{\textit{Tiempo total trabajado}}{\textit{Tiempo estándar extendido}}$$

La metodología propuesta para alimentar los formatos de los indicadores planteados fue pasar la información registrada por el personal operativo del día anterior todos los días. Con esta información se diseñó un informe en Power BI, que contiene la eficiencia y productividad general de cada proceso e individual del mismo, con análisis por día y acumulados. El informe también contiene un análisis detallado de los tiempos improductivos, asociados al tipo y al responsable de cada uno de ellos. Esta información se puso a disposición del Coordinador y Supervisor del área, así como de cada operario, con el fin de hacer seguimientos y retroalimentar para continuar con la

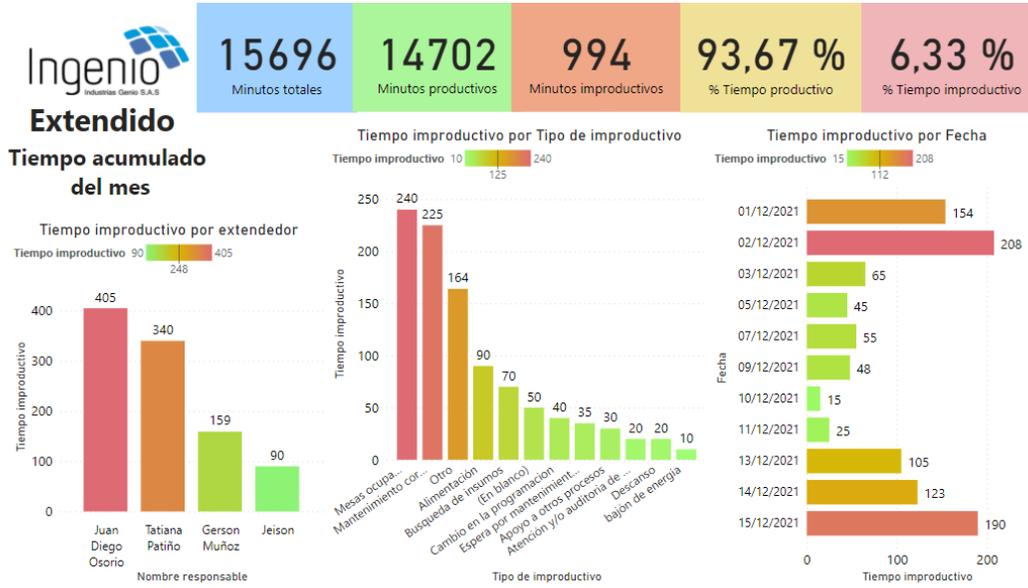
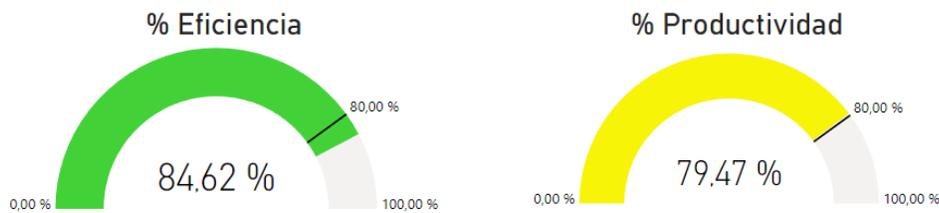
mejora del rendimiento individual y por ende grupal del proceso. En la **Figura 15** se puede observar alguna de la información presentada en el informe de Power BI.

**Figura 15**

*Informe indicadores Power BI*



**Eficiencia y productividad global acumulada del mes**



Nota. Elaborado en Microsoft Power BI.

## 5 Resultados

Producto de las mejoras realizadas se obtuvieron varios resultados orientados en la creación de un modelo de mejoramiento y estandarización del proceso de corte. Entre los principales beneficios se encuentran los siguientes asociados a las fases desarrolladas con anterioridad.

### Fase II: Medición y análisis.

Obtención del tiempo estándar de operación para los procesos de extendido, corte y paqueteo.

- Extendido: Tiempo estándar por metro de base de tela y rango de largo de trazo.

Como se muestra en la **Tabla 14**.

**Tabla 14**

*Tiempos estándar extendido por base de tela*

Tiempos estándar EXTENDIDO por base de tela								
Cod	Base tela	Concatenar	Est por metro min	Tipo largo trazo	Largo trazo	Alistamiento	Cambio de rollo por metro	Extendido por metro
MES1	Cambio de mesa					8,971959032		
EGE1	Genero	Genero1	0,08	1	8 - 18	10	0,015	0,06
EGE2	Genero	Genero2	0,14	2	4 - 8	7	0,015	0,13
EGE3	Genero	Genero3	0,34	3	0 - 4	5	0,015	0,32
EAC1	Acolchado	Acolchado1	0,10	1	8 - 18	10	0,019	0,08
EAC2	Acolchado	Acolchado2	0,13	2	4 - 8	7	0,019	0,11
EAC3	Acolchado	Acolchado3	0,20	3	0 - 4	5	0,019	0,18
ESB1	Acolchado set de baño	Acolchado set de baño	0,09		8 - 18	4	0,033	0,06
EDR1	Dril	Dril	0,15		4 - 8	7	0,013	0,14
EFL1	Flannel	Flannel1	0,10	1	8 - 18	15	0,032	0,07
EFL2	Flannel	Flannel2	0,32	2	4 - 8	10	0,032	0,29
EFL3	Flannel	Flannel3	0,57	3	0 - 4	5	0,032	0,54
EGA1	Gabardina	Gabardina2	0,06	2	4 - 8	7	0,034	0,02
EGA2	Gabardina	Gabardina3	0,23	3	0 - 4	5	0,034	0,20
EJA1	Jacquard	Jacquard1	0,11	1	8 - 18	10	0,026	0,08
ECO1	Corsica	Corsica1	0,07	1	8 - 18	10	0,002	0,07
ECO2	Corsica	Corsica2	0,14	2	4 - 8	7	0,021	0,12
ECO3	Corsica	Corsica3	0,34	3	0 - 4	5		
EAF1	Acolchado flannel	Acolchado flannel	0,10		8 - 18	15	0,019	0,08
EVM1	Velo marquezza	Velo marquezza	0,21		4 - 8	7	0,019	0,19
EAN1	Antifluido	Antifluido1	0,07	1	8 - 18	10	0,015	0,06
EAN2	Antifluido	Antifluido2	0,14	2	4 - 8	7	0,015	0,13
EAN3	Antifluido	Antifluido3	0,25	3	0 - 4	5	0,015	0,23

- Corte: Para el proceso de corte se establecieron tiempos estándar por tipo de producto por unidad y considerando si se tuvo o no el apoyo de un auxiliar de corte. Así, como el rango de unidades cortadas. Como se muestra en la **Tabla 15**.

**Tabla 15**

*Tiempos estándar corte por tipo de producto*

**Tiempos estándar CORTE por tipo de producto**

Co d	Tipo de producto	Concatenar	Unidades cortadas	Alistamiento 2 personas	Corte por ud 2 personas	Alistamiento 1 persona	Corte por ud 1 persona
CPF	Planas sen y fundas	Planas sen y fundas3	0	9,52	0,10	14,27	0,17
CJD	Juego sabanas dob	Juego sabanas dob1	121	21,78	0,03	32,67	0,04
CJD	Juego sabanas dob	Juego sabanas dob2	34	18,28	0,14	27,43	0,23
CJD	Juego sabanas dob	Juego sabanas dob3	0	9,52	0,18	14,27	0,31
CJS	Juego sabanas sen	Juego sabanas sen1	167	21,78	0,02	32,67	0,04
CJS	Juego sabanas sen	Juego sabanas sen2	47	18,28	0,12	27,43	0,21
CJS	Juego sabanas sen	Juego sabanas sen3	0	9,52	0,17	14,27	0,29
CJX	Juego sabanas extra	Juego sabanas extra1	96	21,78	0,03	32,67	0,05
CJX	Juego sabanas extra	Juego sabanas extra2	27	18,28	0,16	27,43	0,26
CJX	Juego sabanas extra	Juego sabanas extra3	0	9,52	0,21	14,27	0,36
CJK	Juego sabanas king	Juego sabanas king1	96	21,78	0,03	32,67	0,05
CJK	Juego sabanas king	Juego sabanas king2	27	18,28	0,17	27,43	0,29
CJK	Juego sabanas king	Juego sabanas king3	0	9,52	0,23	14,27	0,39
CJM	Juego sabanas semi	Juego sabanas semi1	141	21,78	0,02	32,67	0,04
CJM	Juego sabanas semi	Juego sabanas semi2	40	18,28	0,14	27,43	0,23
CJM	Juego sabanas semi	Juego sabanas semi3	0	9,52	0,18	14,27	0,31
CSD	Semijuego dob	Semijuego dob1	217	21,78	0,01	32,67	0,02
CSD	Semijuego dob	Semijuego dob2	62	18,28	0,08	27,43	0,14
CSD	Semijuego dob	Semijuego dob3	0	9,52	0,11	14,27	0,18
CSS	Semijuego sen	Semijuego sen1	309	21,78	0,01	32,67	0,02
CSS	Semijuego sen	Semijuego sen2	88	18,28	0,07	27,43	0,13
CSS	Semijuego sen	Semijuego sen3	0	9,52	0,10	14,27	0,17
CSJ	Semijuego semi	Semijuego semi1	265	21,78	0,01	34,85	0,02
CSJ	Semijuego semi	Semijuego semi2	75	18,28	0,08	29,26	0,14
CSJ	Semijuego semi	Semijuego semi3	0	9,52	0,11	15,22	0,18
CSX	Semijuego extra	Semijuego extra1	166	21,78	0,02	34,85	0,02
CSX	Semijuego extra	Semijuego extra2	47	18,28	0,08	29,26	0,14

- Paqueteo: Para el proceso de paqueteo se definió el tiempo estándar por unidad por tipo de producto. Como se muestra en la **Tabla 16**.

**Tabla 16**

*Tiempos estándar paqueteo por tipo de producto*

**Tiempos estándar PAQUETEO por tipo de producto**

Tipo de producto	Tiempo estándar por und por
Ajustables dob	0,09
Ajustables sen	0,04
Ajustables extra	0,09
Cobija grande	0,19
Cobija Pequeña	0,09
Cortina jacquard	0,09
Cortina antiluido	0,09
Cortina genero	0,06
Edredon Dob	0,19
Edredon sen	0,16
Edredon semi	0,19
Edredon extra	0,19
Edredon king	0,19
Fundas edredon sin acolchar	0,05
Fundas 1.44	0,03
Plana dob	0,09
Plana sen	0,04
Plana extra	0,09
Plana extra	0,09
Plana king	0,09
Planas dob y fundas	0,15
Planas sen y fundas	0,08
Juego sabanas dob	0,25
Juego sabanas sen	0,12
Juego sabanas extra	0,25
Semijuego dob	0,15
Semijuego sen	0,08
Edredon cobija dob	0,19

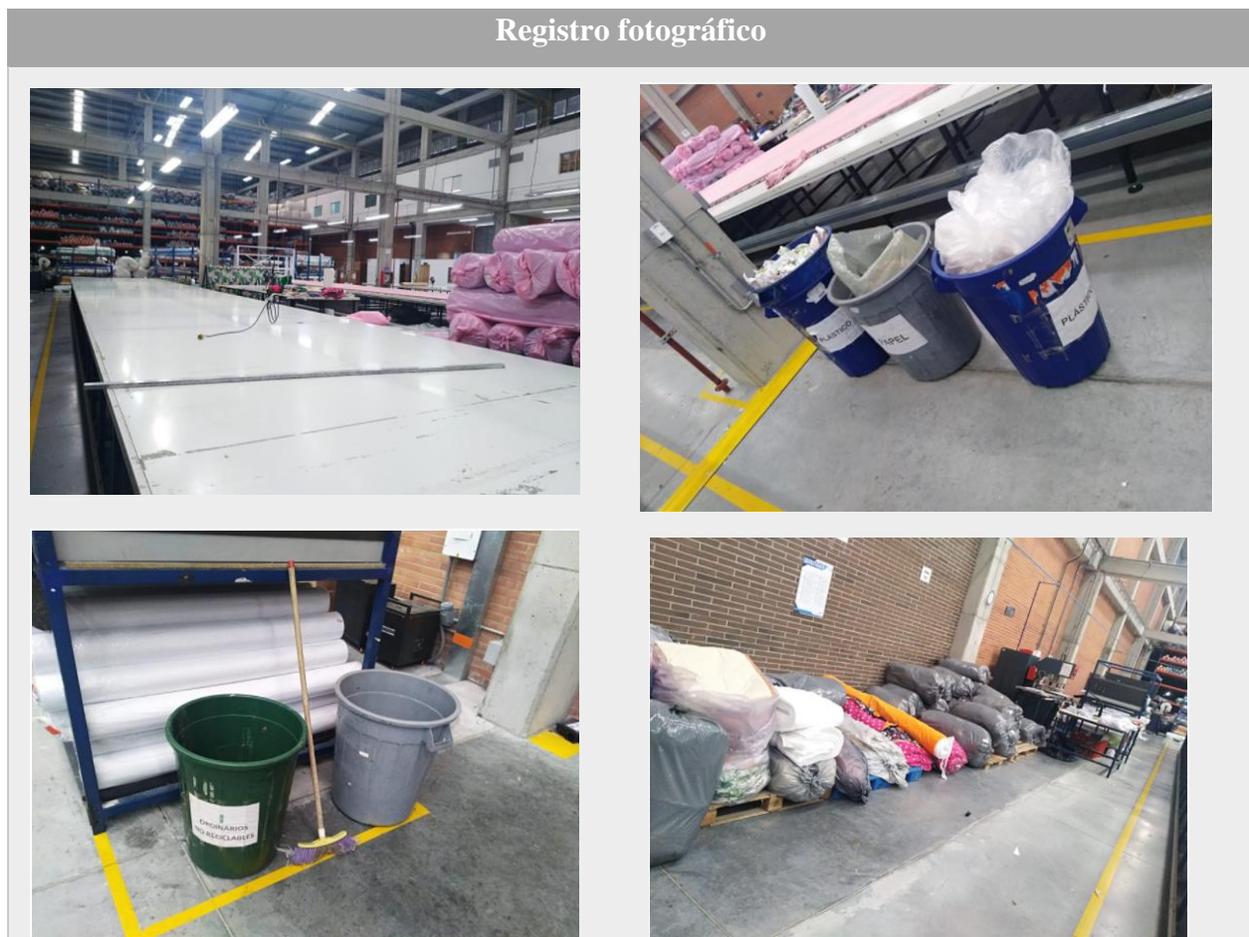
### Fase III: Mejoramiento.

Se logró la reducción de las mudas identificadas gracias a la realización de una programación más real que se obtiene de los tiempos estándar definidos, la reducción de las mudas identificadas con el balanceo de la línea de producción y la ejecución del proyecto 5s, la disminución considerable de desperdicios a causa de la estandarización de los procesos internos en la cual se establecieron cabeceras acordes al desperdicio normal del proceso y la posibilidad de monitorear la eficiencia y productividad global de la planta, posibilitando tomar decisiones que continúen con la mejora continua del proceso.

En cuanto a las mejoras que se obtuvieron con la realización del proyecto 5s, se observó un área de trabajo más limpia y organizada, que facilitó la operación y el flujo de esta. Como se observa en la **Tabla 17**.

**Tabla 17**

*Registro fotográfico proyecto 5s*



Una vez se realizaron las mejoras propuestas, se volvió a medir la frecuencia de los factores asociados a las mudas definidos en la sección **4.1 Fase i: Diagnóstico**, dicha medición se realizó en un periodo de un mes con el fin de hacer equivalente la comparación con la frecuencia anteriormente medida. Los resultados obtenidos se registran en la **Tabla 18**.

**Tabla 18**

*Frecuencia de factores después de mejora realizada*

<i>Factor</i>	<i>Frecuencia</i>
<b>Permanencia de lotes &gt; 2 días</b>	2
<b>Reprocesos de producción</b>	1
<b>Esperas por falta de programación &gt; 10 min</b>	0
<b>Esperas por búsqueda de insumos &gt; 5 min</b>	3
<b>Desplazamientos &gt; 5 m</b>	1
<b>Apoyo a otros procesos</b>	4

Además, se realizó nuevamente la medición de los desperdicios en las cabeceras del proceso de extendido registrados en las auditorías realizadas por el área de calidad. El período de observación definido fue del 15 de noviembre al 15 de diciembre, dado que era necesario obtener registros de al menos un mes para comparar con los registros anterior. Los resultados obtenidos se observan en la **Tabla 19**.

**Tabla 19**

*Desperdicios mésese noviembre y diciembre*

<b>Fecha</b>	<b>Metros totales de más extendidos</b>	<b>% consumo de más por unidad</b>	<b>Unidades pérdidas</b>
<b>15/11/2021</b>	1,2	0,1%	1
<b>15/11/2021</b>	0,8	0,07%	0
<b>16/11/2021</b>	2,4	0,2%	2
<b>17/11/2021</b>	0,7	0,03%	0
<b>17/11/2021</b>	1,3	0,1%	1
<b>17/11/2021</b>	4,22	0,3%	3
<b>18/11/2021</b>	3,06	0,6%	2

18/11/2021	1,84	0,08%	1
19/11/2021	2,17	0,1%	1
22/11/2021	0,8	0,04%	0
23/11/2021	0,45	0,02%	0
25/11/2021	0,3	0,02%	0
25/11/2021	3,02	0,09%	2
29/11/2021	2,44	0,6%	2
1/12/2021	0,94	0,08%	0
1/12/2021	1,36	0,2%	0
3/12/2021	0,56	0,05%	0
6/12/2021	1,76	0,07%	1
6/12/2021	4,12	1,0%	3
9/12/2021	3,62	0,9%	2
13/12/2021	0,44	0,02%	0
13/12/2021	1,24	0,03%	0
15/12/2021	0,86	0,04%	0
15/12/2021	3,02	0,5%	2

## 6 Análisis

Interpretando los resultados obtenidos, se obtuvieron reducciones en las mudas identificadas, lo que guarda estrecha relación con los objetivos planteados en el trabajo. Los resultados fueron analizados siguiendo las fases descritas en los resultados.

### Fase II: Medición y análisis.

Con la obtención de los tiempos estándar de operación para cada uno de los procesos, se encontró que para el proceso de extendido la base de tela Flannel es la base de tela con mayor tiempo por metro extendido, representando un aumento del 23% para un largo de trazo de cuatro a ocho metros en comparación a la base de tela Genero, la cual es la más común del proceso de extendido. Por otra parte, se observa una reducción de 0,06 min cuando se pasa de un largo de trazo de cuatro a ocho metros a uno de ocho a 18 metros. Este comportamiento es similar en todas las bases de tela. En cuanto al proceso de corte se evidenció que el alistamiento sin auxiliar representa un aumento de aproximadamente el doble del tiempo en comparación con el alistamiento realizado con la ayuda de un auxiliar. Además, se encontró que en el tiempo es sensible al cambio de unidades, representando disminuciones de hasta 0,17 min con diferencia de 216 unidades.

**Fase III: Mejoramiento.**

La primera reducción significativa se encuentra en la disminución de la frecuencia de los factores asociados a las mudas. En la **Tabla 20** se observa el comparativo de frecuencia de los factores antes y después de la mejora realizada con su respectivo porcentaje de reducción.

**Tabla 20**

*Comparativo frecuencia factores mudas*

<i>Factor</i>	<i>Frecuencia</i>		<i>%</i>
	<i>Antes</i>	<i>Después</i>	<i>Reducción</i>
<b>Permanencia de lotes &gt; 2 días</b>	12	2	83,33%
<b>Reprocesos de producción</b>	5	1	80,00%
<b>Esperas por falta de programación &gt; 10 min</b>	9	0	100,00%
<b>Esperas por búsqueda de insumos &gt; 5 min</b>	14	3	78,57%
<b>Desplazamientos &gt; 5 m</b>	9	1	88,89%
<b>Apoyo a otros procesos</b>	17	4	76,47%

Como se observa en la **Tabla 20** se presenta una reducción significativa en la frecuencia de los factores de las mudas identificadas. La reducción del 83% en la permanencia de lotes mayor a dos días en la planta se debe principalmente a la ejecución de una programación acorde a tiempos estándar de producción, haciendo que se pueda cumplir con mayor facilidad la programación establecida y que no se generen retrasos en la producción creando inventarios en proceso a la espera de su terminación. La reducción del 80% en los reprocesos se debe a la estandarización realizada en los procesos internos, que genera la aplicación de métodos organizados y óptimos de trabajo que reducen los errores. Es claro que la realización de un programación real y acorde ocasiona la estimación de tiempos de trabajo, haciendo que no se generen cambios abruptos que impliquen realizar la programación nuevamente, por lo que las esperas por falta de programación se redujeron en un 100%. Por otra parte, las esperas por búsqueda de insumos y desplazamientos se redujeron en un 78% y 88% respectivamente, debido a la organización de las áreas de trabajo realizada con el proyecto 5s, facilitando la búsqueda de las herramientas de trabajo y reduciendo los desplazamientos. Por último, la disminución del 76% lograda en los apoyos a otros procesos, se

debe gracias al balanceo de cargas de trabajo realizado y la designación clara de las funciones al personal operativo.

Por otra parte, también se encuentran reducciones significativas en cuanto a los desperdicios de tela generados en el proceso de extendido producto de las cabeceras. Esto se logró gracias a la definición de cabeceras en el instructivo del proceso de extendido entregado durante la estandarización de los procesos internos. En la **Tabla 21** se encuentra la comparación del desperdicio promedio diario y mensual en metros de los meses de septiembre y octubre analizados antes de la mejora y los meses de noviembre y diciembre posteriores a la mejora realizada.

**Tabla 21**

*Comparación de desperdicios*

<b>Desperdicio promedio diario septiembre - octubre</b>	<b>Desperdicio promedio diario noviembre - diciembre</b>	<b>Desperdicio promedio mensual septiembre - octubre</b>	<b>Desperdicio promedio mensual noviembre - diciembre</b>
8,79	1,77	263,7	53,1

Como se observa en la **Tabla 21** se presenta una disminución considerable de los desperdicios de tela, pasando de tener un desperdicio promedio diario de 8,79 m en los meses de septiembre y octubre a un desperdicio de 1,77 m en los meses de noviembre y diciembre. Claramente la disminución del desperdicio promedio diario genera un impacto en el desperdicio promedio mensual que pasó de 263,7 m a 53,1 m, en términos porcentuales representa una reducción del 79,86%.

Además, dicha reducción no solo tiene impactos a nivel de consumo de material, en este caso, el insumo principal que es la tela, sino también impactos a nivel económico. En la **Tabla 22** se muestra los costos de desperdicio asociados a los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, sabiendo que en promedio un metro de tela tiene un valor de \$3.000.

**Tabla 22***Comparación costos de desperdicio*

<b>Costo promedio mensual septiembre - octubre</b>	<b>Costo promedio mensual noviembre - diciembre</b>	<b>Ahorro</b>
<b>\$791.100</b>	<b>\$159.300</b>	<b>\$631.800</b>

Como se muestra en la **Tabla 22** con la estandarización de los procesos internos y el establecimiento de cabeceras en el proceso de extendido, se presenta un ahorro promedio mensual de \$631.800, convirtiéndose en un ahorro semestral de \$3.790.800 en comparación a los \$4.746.600 obtenido para el cálculo de los meses de septiembre y octubre, y un ahorro anual de \$7.581.600.

## 7 Conclusiones

Con el desarrollo del trabajo se concluye que es de vital importancia involucrar al personal operativo en la implementación de cualquier iniciativa o mejora. Es el personal operativo quien posee el mayor grado de conocimiento de los procesos, su experiencia vale tanto como cualquier herramienta de un ingeniero. Es por esta razón, que involucrarlos, tener en cuenta sus opiniones es un gran paso para que las mejoras propuestas se lleven a cabo, el no contar con ellos implica un retroceso enorme e impide el mejoramiento continuo.

Entender el proceso y sus implicaciones es fundamental para identificar las causas raíz de los problemas, a través de la notación BMPN se logró caracterizar el proceder de los procesos internos del área de corte, resaltando los puntos en los cuales era posible mejorar el proceso, haciendo un mejor uso de los recursos disponibles.

Por otra parte, la mejora continua también se logra cuando se conocen las capacidades del proceso, el estudio de métodos y tiempos fue la herramienta con la cual se logró estimar los tiempos estándar de producción, conociendo las capacidades y dando pie a la estandarización, para reducir u optimizar los tiempos de producción previamente establecidos.

Con la estandarización de los procesos internos se logró determinar mejores métodos de trabajo apuntando al aumento de la eficiencia y productividad de la planta, la estandarización generó una reducción del 80% en los reprocesos de trabajo.

Además, trabajar en lugares desorganizados ocasionan reprocesos y mudas. La aplicación del proyecto 5s permitió depurar el material obsoleto, designar lugares específicos para los insumos e implementos de trabajo y establecer una cultura de aseo y sentido de pertenencia por el trabajo, con ello se aumentó el flujo de trabajo, se disminuyeron las esperas por búsqueda de insumos en un 78% y los desplazamientos mayores a 5 m en un 88%.

Conociendo los tiempos de producción fue posible balancear la línea de producción, realizando programaciones acordes y con alta probabilidad de cumplimiento, identificando las cargas de trabajo por colaborador y distribuyéndolas equitativamente. Con dicha mejora, se redujo las esperas por falta de programación en un 100% y la interrupción de las operaciones para apoyar a otros procesos en un 76%.

Es evidente que con la aplicación de las mejoras realizadas el resultado más significativo fue la disminución de desperdicios de tela en el proceso de extendido, gracias al establecimiento de las cabeceras durante la estandarización fue posible reducir los desperdicios en un 79%, representando un ahorro mensual para la empresa de \$631.800, que se traduce en un ahorro anual \$7.581.600.

### Referencias

- Bizagi. (2021). *Software gratuito de mapeo y modelamiento de procesos de negocio - Bizagi Modeler*. <https://www.bizagi.com/es/plataforma/modeler>
- Corradini, F., Fornari, F., Polini, A., Re, B., Tiezzi, F., & Vandin, A. (2021). A formal approach for the analysis of BPMN collaboration models. *Journal of Systems and Software*, 180, 111007. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.111007>
- Falak, J., Kunjan, M., Nagaraju, D., & Narayanan, S. (2019). Evaluation of Continuous Improvement Techniques using Hybrid MCDM Technique under Fuzzy Environment. *Materials Today: Proceedings*, 22, 1295–1305. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.422>
- García Criollo, R. (2005). Estudio del Trabajo, Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo. In

- Ingeniería de métodos y medición del trabajo: Vol. 2a Edición (Issue Mexico).*
- Gonzalez, H. (2012). *diagrama de pareto – Calidad & Gestion – Consultoría para Empresas.*  
<https://calidadgestion.wordpress.com/tag/diagrama-de-pareto/>
- Ikumapayi, O. M., Akinlabi, E. T., Mwema, F. M., & Ogbonna, O. S. (2019). Six sigma versus lean manufacturing - An overview. *Materials Today: Proceedings*, 26, 3275–3281.  
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.986>
- ISOTools. (2021). *Gestión por procesos.* <https://www.isotools.org/soluciones/procesos/gestion-por-procesos/>
- OIT. (2021). *Análisis de causa raíz: el diagrama de espina de pescado — Reporting Obligations.*  
<https://managing-ils-reporting.itcilo.org/es/herramientas/analisis-de-causa-raiz-el-diagrama-de-espina-de-pescado>
- Pacheco, J. (2021). ▷ *¿Qué es un Diagrama SIPOC y para qué sirve? | 2021 | Web y Empresas.*  
<https://www.webyempresas.com/diagrama-sipoc/>
- Piroshka, T. L., César, R. J., Emiliano, C., Manuel, N. J., Alicia, L., Antonio, M. J. S., Antonio, M., & Armando, D. V. C. (2021). *Uso alternativo del cronómetro de un teléfono celular en la medición del período de oscilación de un péndulo para experimentación en educación a distancia.* 15(1).
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing paso a paso (Vol. 29, Issue 1).* Marge Books.  
<https://doi.org/10.1097/00003727-200601000-00011>

Anexos

Anexo 1

Tabla de suplementos

TABLA DE SUPLEMENTO				HOMBRE (%)	MUJER (%)
FACTORES					
CONSTANTES	Necesidades personales			5	7
	Base por fatiga			4	4
VARIABLES	Posiciones	Normales	Sentado	1	2
			Caminando	2	3
			De pie	3	4
		Anormales	Ligeramente incómoda	1	2
			incómoda (agachado, inclinado)	4	5
			Muy incómoda (tendido, estirado)	6	7
	Esfuerzo	Con miembros superiores	5 Kilos	1	2
			10 Kilos	3	4
			15 Kilos	5	8
			20 Kilos	9	13
			25 Kilos	13	20
			30 Kilos	17	-
			35 Kilos	22	-
			40 Kilos	25	-
		Con miembros inferiores	Palanca con el pie	1	2
			Palanca con la rodilla	3	4
	Condiciones	Iluminación	Aceptable	0	0
			Ligeramente deficiente	2	2
			Insuficiente	5	5
		Temperatura	5 - 10 °c	4	4
	10 - 15 °c		3	3	
	Precisión	Concentración baja		0	0
		Concentración media		2	2
Alta concentración		5	5		
Complejidad	Complejidad mínima (sin razonamiento)		0	0	
	Procesos complejos (saca conclusiones)		4	6	
	Procesos muy complejos (alto grado de)		8	8	
Monotonía	Trabajos algo monótonos (alguna variación)		0	0	
	Trabajos monótonos (poca variación)		2	1	
	Trabajos muy monótonos (ninguna variación)		5	3	
Tiempos complementarios, refrigerios y pausa activa (2% cambio can. y limpieza malla y 5% aliment)					

Nota. Adaptado de (García Criollo, 2005).