



**Reducción del desperdicio en las líneas Fabrima 6 y Fabrima 7 en relación con las pérdidas generadas en el año 2022 mediante la implementación de herramientas de lean manufacturing en la empresa Dairy Partners Americas-Nestlé.**

Melissa Andrea Martinez Vergara<sup>1</sup>

Ingeniera industrial

Asesor

Carlos Mario Llano Ortiz, Magister en administración de empresas

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería

Pregrado

Medellín

2023

<b>Cita</b>	(Martinez Vergara, 2023)
<b>Referencia</b>	Martinez Vergara, M. A. (2023). <i>Reducción del desperdicio en las líneas Fabrima 6 y Fabrima 7 en relación con las pérdidas generadas en el año 2022 mediante la implementación de herramientas de lean manufacturing en la empresa Dairy Partners Americas-Nestlé</i> . [semestre de industria]. Universidad de Antioquia, Medellín.
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	



Dairy Partners Americas-Nestlé



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 Cespedes.

**Decano/Director:** Julio Cesar Saldarriaga Molina.

**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**

A mis padres por su amor y apoyo incondicional.

Esto es de ustedes.

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios quien por medio de los dones de su espíritu abrió mi camino y me permitió finalizar satisfactoriamente mis estudios.

Agradezco a mis padres por siempre apoyarme y dame su voz de aliento en los momentos que más los necesite, a mis hermanos quienes fueron mis guardianes y cómplices en toda esta etapa. Agradezco a mis amigos con quienes reforcé y debatí largas jornadas del saber que me ayudaron a crecer y forjar a la profesional que me convertí.

Agradezco a todo el plantel de profesores quienes con su conocimiento y experiencia me brindaron las herramientas para comprender, analizar y resolver problemas ingenieriles, especialmente al ingeniero Carlos Mario Llano Ortiz quien fue mi asesor y guía en este proyecto.

Agradezco a todo el personal de la fábrica Dairy Partners Americas-Nestlé por hacerme sentir alguien valioso para la organización, con mención especial a la ingeniera Luisa Vera quien fue mi mentora dentro de la organización y confió en mi para líder este proyecto.

Finalmente agradezco a todas las personas que directa o indirectamente hicieron su aporte en este maravilloso proceso.

Infinitas gracias a todos.

## Tabla de contenido

Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
1 Objetivos	13
1.1 Objetivo general	13
1.2 Objetivos específicos	13
2 Marco teórico	14
3 Metodología	15
4 Resultados	16
4.1 Etapa de definición.	16
4.1.1 definición del problema.	16
4.1.2 Caracterización de problema	17
4.1.3 Análisis contable data histórica.	20
4.2.1 Recolección de datos	21
4.2.2 Análisis descriptivo de los datos.	25
4.2.3 Análisis de capacidad del proceso	29
4.2.4 Nivel sigma del proceso.	33
4.3 Etapa de análisis	34
4.4 Etapa de mejora	42
4.5 Etapa de control.	45
5 Análisis	47
6 Conclusiones	48
Referencias	51
Anexos	52

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> Planilla de recolección de datos .....	22
<b>Tabla 2</b> ANOVA de un solo factor: Retrabajo F6. Retrabajo F7 .....	40
<b>Tabla 3</b> ANOVA de un solo factor: Laminado F6. Laminado F7 .....	41

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b> Carta de proyecto.....	17
<b>Figura 2</b> Mapa de proceso .....	19
<b>Figura 3</b> Diagrama SIPOC .....	20
<b>Figura 4</b> Cálculos contables data histórica.....	21
<b>Figura 5</b> Cantidad de desperdicios Fabrima 6.....	24
<b>Figura 6</b> Cantidad de desperdicios Fabrima 7.....	25
<b>Figura 7</b> Resumen estadístico retrabajo Fabrima 6 .....	26
<b>Figura 8</b> Resumen estadístico laminado Fabrima 6 .....	27
<b>Figura 9</b> Resumen estadístico retrabajo Fabrima 7 .....	28
<b>Figura 10</b> Resumen estadístico laminado Fabrima 7 .....	29
<b>Figura 11</b> Capacidad del proceso retrabajo Fabrima 6.....	30
<b>Figura 12</b> Capacidad del proceso laminado Fabrima 6.....	31
<b>Figura 13</b> Capacidad del proceso retrabajo Fabrima 7.....	32
<b>Figura 14</b> Capacidad del proceso laminado Fabrima 7 .....	33
<b>Figura 15</b> Calculo nivel sigma .....	34
<b>Figura 16</b> Diagrama Pareto Fabrima 6 .....	35
<b>Figura 17</b> Diagrama Pareto Fabrima 7 .....	36
<b>Figura 18</b> Diagrama causa efecto - Fuga.....	37
<b>Figura 19</b> Priorización de causas fuga .....	37
<b>Figura 20</b> Diagrama causa efecto - Bajo peso.....	38
<b>Figura 21</b> Priorización de causas bajo peso .....	38
<b>Figura 22</b> Diagrama causa efecto- Cambio rollo .....	39
<b>Figura 23</b> Priorización de causas cambio rollo .....	39

**Figura 24** Análisis de modos y efectos de falla (AMEF).....43

**Figura 25** Mejora implementada en tote .....44

**Figura 26** Mejora implementada en mangas .....44

**Figura 27** Mejora implementada en material .....45

### **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

<b>DMAIC</b>	Definir, medir, analizar implementar y controlar
<b>Cp</b>	Capacidad del proceso
<b>Cpk</b>	Índice de capacidad del proceso
<b>AMEF</b>	Análisis de modos y efectos de falla
<b>LUP</b>	Lección en un punto

### **Resumen**

La mejora continua permite mantener los estándares de calidad de las organizaciones a través de la optimización de los procesos productivos y la disminución o eliminación de los desperdicios. Así, en la empresa Dairy Partners Americas-Nestlé en pro de disminuir en una cantidad significativa los desperdicios en material de empaque y producto semielaborado que han presentado las líneas de producción Fabrima 6 y Fabrima 7 en el año 2022, se plantea la implementación de herramientas de lean manufacturing, aplicando la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) para reducir en un 20% dichos desperdicios con respecto al año 2022.

Como resultado de este proyecto se resaltan mejoras implementadas en las líneas Fabrima 6 y Fabrima 7 relacionadas con: Reciclaje de bolsas de retrabajo, mejora en empaques del volteador de totes, mejora y cambio de mangas, aumento en diámetro y peso de rollos, refuerzo con operadores en principio de operación y ajuste en rangos de parámetros centerline; logrando un ahorro efectivo de \$50.827.939 de pesos para los meses de junio-julio.

*Palabras clave:* Lean manufacturing, mejora continua, disminución de desperdicios, DMAIC.

### **Abstract**

Continuous improvement allows quality standards to be maintained by organizations through the optimization of production processes and the reduction or elimination of waste. the company Dairy Partners Americas-Nestlé in favor of reducing waste in packaging material by a significant amount and semi-finished products that the Fabrima 6 and Fabrima 7 production lines have presented in the year 2022, The implementation of lean manufacturing tools is proposed, applying the DMAIC methodology (define, measure, analyze, implement, control) to reduce waste by 20% compared to 2022.

As a result of this project, the improvements implemented in the Fabrima 6 and Fabrima 7 lines related to recycling rework bags, improvement in volteador tote packaging, improvement and change of sleeves, increase in diameter and weight of rolls, reinforcement with operators in the principle of operation and adjustment in centerline parameter ranges; achieving effective savings of \$50,827,939 pesos for the months of June-July.

*Keywords:* Lean manufacturing, continuous improvement, waste reduction, DMAIC

## **Introducción**

En la actualidad, las empresas pertenecientes al sector industrial buscan mantener estándares de calidad en sus procesos y productos con el fin de satisfacer las necesidades del cliente final. Para esto, implementan metodologías que garantizan la mejora continua de sus procesos para aumentar el rendimiento operativo, disminuir costos de producción y desperdicios, logrando ser empresas esbeltas altamente competitivas.

Para alcanzar sus objetivos de calidad y eficiencia, Nestlé busca implementar mejoras en las líneas de producción Fabrima 6 y Fabrima 7 con el fin de mejorar el rendimiento del consumo de materiales de tipo Laminado, corrugado, laminado stretch, etiqueta y granel. Aunque el desperdicio de estos materiales no tiene valor agregado en el cliente final, es una problemática que afecta a la compañía en temas de costos, rendimiento y sostenibilidad. En una comparativa con el año 2022 en el uso de materiales y productos semielaborados, se presentó un gasto aproximado de más de 1'000 millones de pesos generado por los desperdicios de estos recursos, es por eso que el principal objetivo del proyecto es disminuir en un 20% los desperdicios de material de empaque y semielaborados para todos los productos que pasan por las líneas de producción Fabrima 6 y Fabrima 7. [OBJ]

## **1 Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Reducir los desperdicios generados en materiales y productos semielaborados en un 20% en las líneas Fabrima 6 - Fabrima 7 con respecto a las pérdidas presentadas en el año 2022.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Determinar el nivel de desperdicios en material de empaque y productos semielaborados en las Fabrima 6 y Fabrima 7.
- Implementar una herramienta que permita comprender y analizar el proceso productivo y la causa raíz de los desperdicios generados en las líneas a tratar.
- Desarrollar estrategias de mejora que permitan disminuir los desperdicios en materiales y productos semielaborados
- Fortalecer las competencias necesarias en el personal operativo con el fin de dar sostenibilidad a los resultados obtenidos.
- Construir rutinas de control para garantizar sostenibilidad en el tiempo.

## 2 Marco teórico

El proceso de producción es la parte esencial de una organización, es por esto que cuando se busca mejorar la calidad y la eficiencia se trabaja fuertemente en mantener las metas que garantizan la mejora continua de sus procesos. Unas de estas metas en las que las empresas apuntan en la actualidad es la de cero desperdicios, para esto, se aplican herramientas de lean manufacturing, que es una filosofía de trabajo basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como: aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios ((Lugo, 2015). Una de las ventajas que trae la implementación de este tipo de herramientas es que la filosofía Lean no da nada por sentado y busca continuamente nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica (Hernández & Vizán, 2013).

Por otro lado, dentro de la filosofía Lean, se aplican diferentes métodos y herramientas que permiten el correcto diagnóstico y tratamiento de los diferentes problemas que pueden tener las empresas en materia de su productividad. En el presente caso de estudio, se implementará diferentes herramientas de lean, siendo DMAIC el foco central, pues es la herramienta que trazara el camino para la realización del proyecto. DMAIC es un ciclo de la metodología six sigma que está constituido por las etapas: Definir, medir, analizar, mejorar y controlar que garantiza la disminución de los desperdicios aplicando en cada una de sus etapas, diferentes herramientas de lean y que a largo plazo reduce la variabilidad de los procesos a fin de mejorar la calidad (Vidal, Soler y Molina, 2018.), que es el objetivo principal de six sigma, el cual tiene su enfoque DMAIC como puente para obtener sus resultados sostenibles a largo plazo con el fin de establecer un proceso robusto a fin de minimizar los defectos hasta tener como máximo 3,4 piezas defectuosas por millón, valor que roza casi la perfección (Rodrigo M. D. y Gisbert Soler, 2016).

### 3 Metodología

Para el desarrollo del proyecto, se implementará un enfoque mixto aplicando técnicas y herramientas de Lean manufacturing que permitan dar solución a la problemática de los desperdicios de las líneas a tratar. Para esto, se ejecutarán cinco (5) etapas siguiendo la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) donde en cada una de las fases se utilizan diferentes herramientas que permitan dar solución a la problemática.

- **Etapas de definición:** Es la fase inicial de la metodología, en donde se identifican y analizan oportunidades de mejora que se pueden realizar en una empresa, para esto se costea el impacto a través del impacto estimado del proyecto y la alta dirección avala su ejecución. En esta etapa se hace uso de herramientas como: Carta del proyecto, mapa SIPOC, mapa de proceso, voz del Cliente, plan de comunicación, entre otros.
- **Etapas de Medición:** La etapa de medición busca entender el proceso actual, para esto se definen las variables de entrada y salida del proceso y se desarrollan planes de recolección de datos que permitan identificar fenómenos que afecten el proceso. En esta etapa se hace uso de herramientas como: Mapeo de flujo de valor, plan de recolección de datos, cartas de control, histogramas, análisis de capacidad del proceso, entre otros.
- **Etapas de Análisis:** El objetivo de esta etapa es analizar el proceso con base a los datos recolectados en la etapa anterior e identificar la causa raíz y oportunidades de mejora. En esta etapa se implementan herramientas como: Diagrama causa y efecto, AMEF, ANOVA, Análisis de regresión, entre otros.
- **Etapas de Mejorar:** Esta etapa se centra en evaluar, desarrollar e implementar soluciones y mejora del proceso, así como la comunicación de cambios en la organización. En esta etapa se usan herramientas como: Luvia de ideas, mejora de flujo de procesos, herramientas de lean, entre otros.
- **Etapas de Control:** La última etapa se enfoca en mantener la solución a largo plazo implementando planes de control que permitan estandarizar el proceso y asegurar la mejora continua. En esta etapa se usan herramientas como: Planes de control, procedimientos estándar de operación (SOP'S), lección en un punto (LUP'S), control estadístico de procesos, entre otros.

## 4 Resultados

Para el desarrollo del proyecto, se implementó el ciclo DMAIC que permitió identificar el proceso en el cual se haría intervención, las áreas en las cuales se generaban los desperdicios y los tipos de desperdicios generados, así como el análisis de causas y la mejora implementada para mitigar y/o eliminar las causas raíz del problema. A continuación, se muestran los resultados por etapa de la aplicación DMAIC.

### 4.1 Etapa de definición.

En esta etapa se identifica el problema, el objetivo principal, los entregables y el cronograma de desarrollo del proyecto. Se define también el equipo de trabajo, las partes involucradas y análisis financiero que permitan identificar causas que afecten el proceso.

#### 4.1.1 definición del problema.

El proyecto radica en la necesidad de disminuir las pérdidas de laminado, corrugado, películas stretch, etiqueta y granel que representa una pérdida del 1.12% equivalente a \$791.378.614 para la línea Fabrima 6 y del 1.06% equivalente a \$840.995.166 para la línea Fabrima 7 durante año 2022, debido al alto porcentaje de desperdicios generados en las variaciones de uso de la fábrica. El objetivo del proyecto es disminuir un 20% las pérdidas y se estima que, a partir de su ejecución hasta mayo de 2024, se obtenga un ahorro equivalente a \$203.393.773 de pesos colombianos. Ver la carta de proyecto (**Figura 1**).

**Figura 1** Carta de proyecto

<p><b>Nombre del proyecto:</b> Reducción de desperdicio en ZPCK y Halb en línea F6 &amp; F7</p>	<p><b>Roles:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rol</th> <th>Nombre</th> <th>Posición</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Líder</td> <td>Wilson Trillos Melissa Martínez</td> <td>Operador Llenadora (líder GTA) Pasante Excelencia Manufactura</td> </tr> <tr> <td>Sponsor</td> <td>Andrés Reinoso</td> <td>Jefe de producción</td> </tr> <tr> <td>Coach</td> <td>José Montero</td> <td>Especialista Fabricación</td> </tr> <tr> <td>Dueño del proceso</td> <td>Augusto Maestre</td> <td>Coordinador de producción</td> </tr> </tbody> </table>	Rol	Nombre	Posición	Líder	Wilson Trillos Melissa Martínez	Operador Llenadora (líder GTA) Pasante Excelencia Manufactura	Sponsor	Andrés Reinoso	Jefe de producción	Coach	José Montero	Especialista Fabricación	Dueño del proceso	Augusto Maestre	Coordinador de producción									
Rol	Nombre	Posición																							
Líder	Wilson Trillos Melissa Martínez	Operador Llenadora (líder GTA) Pasante Excelencia Manufactura																							
Sponsor	Andrés Reinoso	Jefe de producción																							
Coach	José Montero	Especialista Fabricación																							
Dueño del proceso	Augusto Maestre	Coordinador de producción																							
<p><b>Líder del proyecto:</b> Wilson Trillos/Melissa Martínez</p>	<p><b>Declaración del objetivo:</b> Reducir un 20% del porcentaje de pérdidas en forma de desperdicio ZPCK y Halb para las líneas F6 &amp; F7 obteniendo un ahorro de \$ 203,393,772 COP a Mayo 2024</p>																								
<p><b>Caso de negocio:</b> El proyecto radica en la necesidad de disminuir las pérdidas de laminado, corrugado, películas stretch, etiqueta y granel que representa una pérdida de 1,12% equivalente a \$ 791,378,614 para la línea F6 y 1,06% equivalente a 840,995,166 para la línea F7 durante año 2022.</p>	<p><b>Entregables:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gráfico de tiempo</li> <li>Gráfico de definición de target</li> <li>Evaluación financiera</li> <li>Pareto</li> <li>Análisis de causa</li> <li>Actualización/Creación de estándares</li> </ul>																								
<p><b>Declaración del problema:</b> Alto porcentaje de desperdicio en materiales ZPCK y halb en las líneas F6 &amp; F7.</p>																									
<p><b>Alcance del proyecto:</b> Fabrims 6 y Fabrims 7</p>																									
<p><b>Recurso:</b> Grupo interdisciplinario (Operadores de granel, llenadoras, agilizados y auxiliares F6 &amp; F7, Controller, QA, SHE, GTM)</p>																									
<p><b>Plan Preliminar:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fase</th> <th>Fase</th> <th>Fecha Planeada</th> <th>Fecha final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Definir</td> <td>Definir objetivo y charter del proyecto</td> <td>Sem 19</td> <td>Sem 20</td> </tr> <tr> <td>Medir</td> <td>Identificar gráfico de datos</td> <td>Sem 21</td> <td>Sem 27</td> </tr> <tr> <td>Analizar</td> <td>Determinar causa raíz</td> <td>Sem 28</td> <td>Sem 29</td> </tr> <tr> <td>Implementar</td> <td>Identificar e implementar acciones</td> <td>Sem 30</td> <td>Sem 35</td> </tr> <tr> <td>Controlar</td> <td>Realizar seguimiento a las acciones</td> <td>Sem 35</td> <td>Sem 43</td> </tr> </tbody> </table>	Fase	Fase	Fecha Planeada	Fecha final	Definir	Definir objetivo y charter del proyecto	Sem 19	Sem 20	Medir	Identificar gráfico de datos	Sem 21	Sem 27	Analizar	Determinar causa raíz	Sem 28	Sem 29	Implementar	Identificar e implementar acciones	Sem 30	Sem 35	Controlar	Realizar seguimiento a las acciones	Sem 35	Sem 43	
Fase	Fase	Fecha Planeada	Fecha final																						
Definir	Definir objetivo y charter del proyecto	Sem 19	Sem 20																						
Medir	Identificar gráfico de datos	Sem 21	Sem 27																						
Analizar	Determinar causa raíz	Sem 28	Sem 29																						
Implementar	Identificar e implementar acciones	Sem 30	Sem 35																						
Controlar	Realizar seguimiento a las acciones	Sem 35	Sem 43																						

**4.1.2 Caracterización de problema**

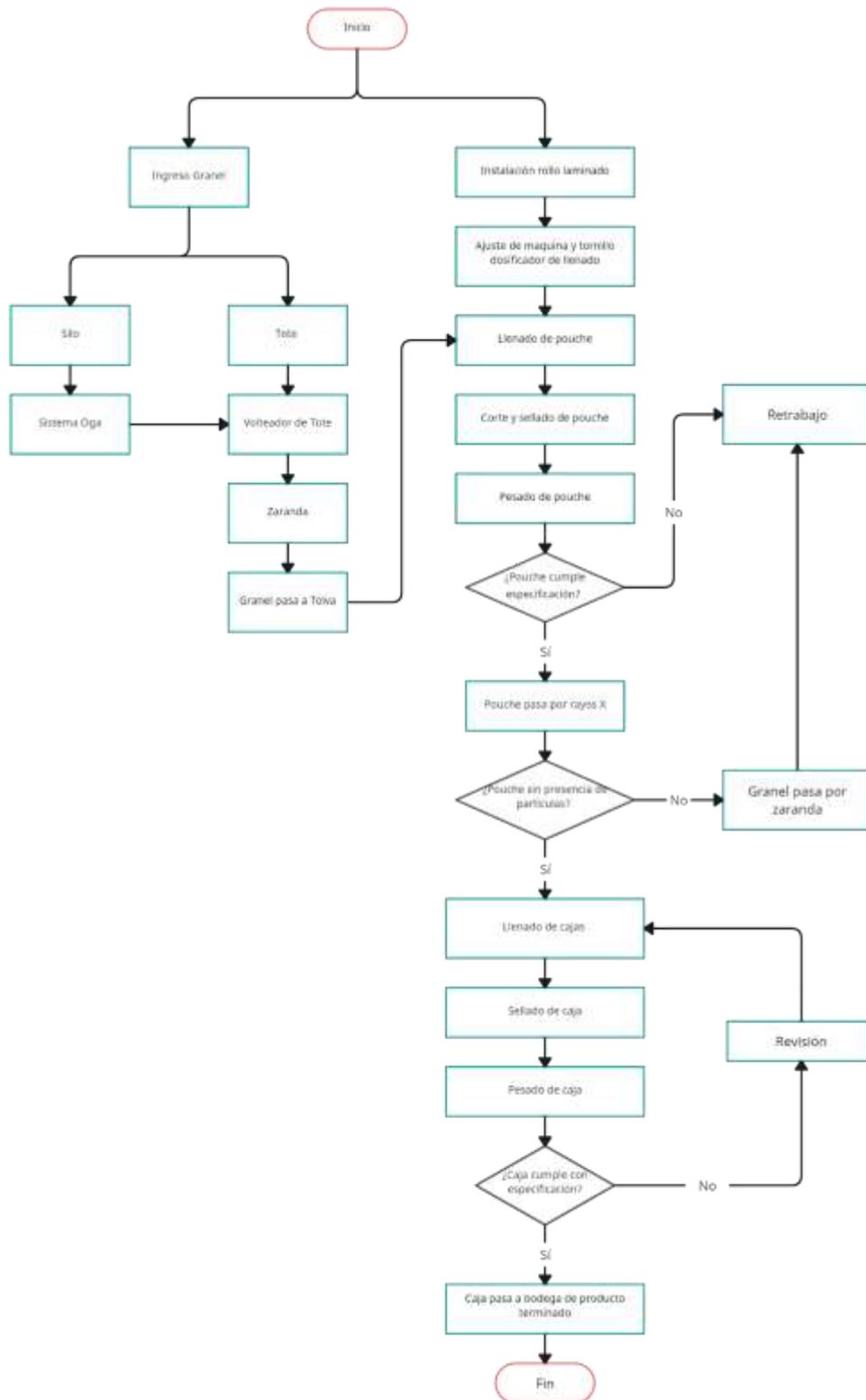
La fábrica Dairy Partners Americas-Nestlé, realiza sus procesos productivos de fabricación con siete líneas de producción a tres turnos por día. Estas líneas de producción involucran tres áreas las cuales son: Sala de tote, área de llenaje y área de embalaje (**Anexo 1**).

El proceso inicia paralelamente en sala de tote y área de llenaje, donde la leche pulverizada tiene dos formas de llegar al área de llenaje, la primera es a través del tote (**Anexo 2**) que por medio de un ducto proveniente de la cámara de secado que llena el tote y la segunda, es por medio de silos donde luego pasan por el sistema OGA; para finalmente en ambas formas, terminar en el volteador de tote (**Anexo 3**). Luego, la leche pulverizada pasa por la zaranda para eliminar residuo grueso y termina en la tolva donde la leche está lista para iniciar el llenado de los pouches. Previamente el operario ha preparado la maquina y ajustado el rollo laminado donde la maquina arma, llena y corta el pouche que cae a una banda que posteriormente pesa el pouche y lo pasa por rayos x donde se analiza que cumpla con las especificaciones de peso y que no tenga residuos extraños. Seguido de esto, el pouche pasa al área de embalaje donde el operario recoge los pouche y llena las cajas, la maquina procede a sellar la caja y finalmente la caja es

pesada para verificar que cumpla las especificaciones y es llevada la bodega de producto terminado. Ver mapa de proceso (

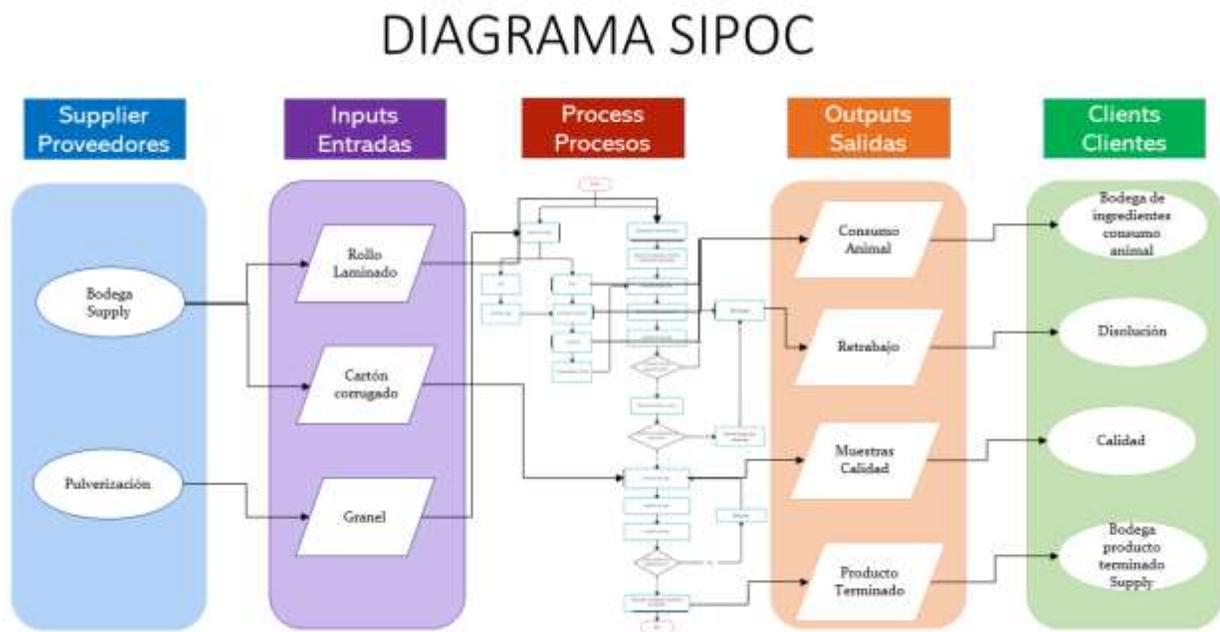
*Figura 2).*

Figura 2 Mapa de proceso



Por medio de la caracterización anterior se identificaron varios puntos donde ocurren desperdicios los cuales son: el laminado que ajusta el operario en máquina, la leche que pasa por el tote, volteador de tote y la zaranda; además, el retrabajo generado a partir de los productos no conformes. El diagrama SIPOC (*Figura 3*) detalla quienes son los proveedores, las entradas, el proceso, la salida y los clientes del proceso de fabricación y en el cual se puede observar el flujo de dos de los desperdicios que ocurren en las líneas: Consumo animal que es la leche que cae al suelo pasa a la bodega de consumo animal, y retrabajo que son los productos no conformes que son enviados al área de disolución donde se reinicia el proceso.

**Figura 3** Diagrama SIPOC



#### 4.1.3 Análisis contable data histórica.

Las variaciones de uso de las líneas de producción cerraron con pérdidas de más de 8'000 millones en las variaciones de uso en el año 2022, de acuerdo desglose de perdidas reportadas se pudo evidenciar que las líneas Fabrima 6 y Fabrima 7 contribuyeron con el 1,12% y el 1,09% respectivamente en las pérdidas generadas en dicho año. Con base a los cálculos contables

(Figura 4) se definió que se reducirían estas pérdidas en un 20% y se estimó que la aplicación del proyecto generaría un ahorro de \$203.393.773 pesos colombianos en pérdidas.

**Figura 4** Cálculos contables data histórica

► **Data histórica**

Recurso	TipoMaterialComponent	Valores				
		Previsto Base 0 (Val)	Efectivo con DUV (Val)	Base 0 vs Efect con DUV (Val)	% Perdida	
FABRIMA6	Granel	67.405.626.324	68.158.228.442	-	752.602.118	-1,12%
	Empaque	3.126.545.621	3.165.322.117	-	38.776.496	-1,24%
Total FABRIMA6		70.532.171.945	71.323.550.559	-	791.378.614	-1,12%
FABRIMA7	Granel	75.641.136.640	76.456.895.316	-	815.758.676	-1,08%
	Empaque	3.872.968.370	3.898.204.860	-	25.236.490	-0,65%
Total FABRIMA7		79.514.105.010	80.355.100.176	-	840.995.166	-1,06%
Total general		150.046.276.955	151.678.650.735	-	1.632.373.780	-1,09%

► **Objetivo**

Recurso	Cálculo de Ahorro		
	Nva Perdida	% Ahorro	Valor
Fabrima 6 Granel	-0,89%	0,22%	93.774.224
Fabrima 6 Empaque	-0,99%	0,25%	4.831.551
<b>Total Fabrима 6</b>	<b>-0,90%</b>	<b>0,22%</b>	<b>98.605.775</b>
Fabrima 7 Granel	-0,86%	0,22%	101.643.531
Fabrima 7 Empaque	-0,52%	0,13%	3.144.467
<b>Total Fabrима 7</b>	<b>-0,85%</b>	<b>0,21%</b>	<b>104.787.998</b>
<b>Total General</b>	<b>-0,87%</b>	<b>0,22%</b>	<b>203.393.773</b>

► **Ganancia esperada:**

\$203.393.773

Nota. Fuente: Dairy Partners Americas-Nestlé.

**4.2 Etapa de medición.**

En la etapa de medición se determinaron las herramientas para la recolección de datos que permitan conocer la situación actual del proceso. Así como realizar una comparación de los datos recolectados y los datos del histórico del sistema.

**4.2.1 Recolección de datos**

Para la recolección de datos se tomaron en cuenta las áreas donde se generan los desperdicios (**Anexo I**) y se clasificaron según el tipo de desperdicio los cuales se identificaron como: Consumo animal, Retrabajo, y Laminado (material empaque). Estos desperdicios eran pesados con la ayuda de los operarios al final del turno de la mañana y la tarde, aunque se estimó que la recolección de datos se realizaría en un periodo de 15 días lo cierto es que este tiempo se alargó debido a resistencia del personal para implementar esta etapa, al final se obtuvieron un total de 78 muestras (**Tabla 1**).

**Tabla 1** Planilla de recolección de datos

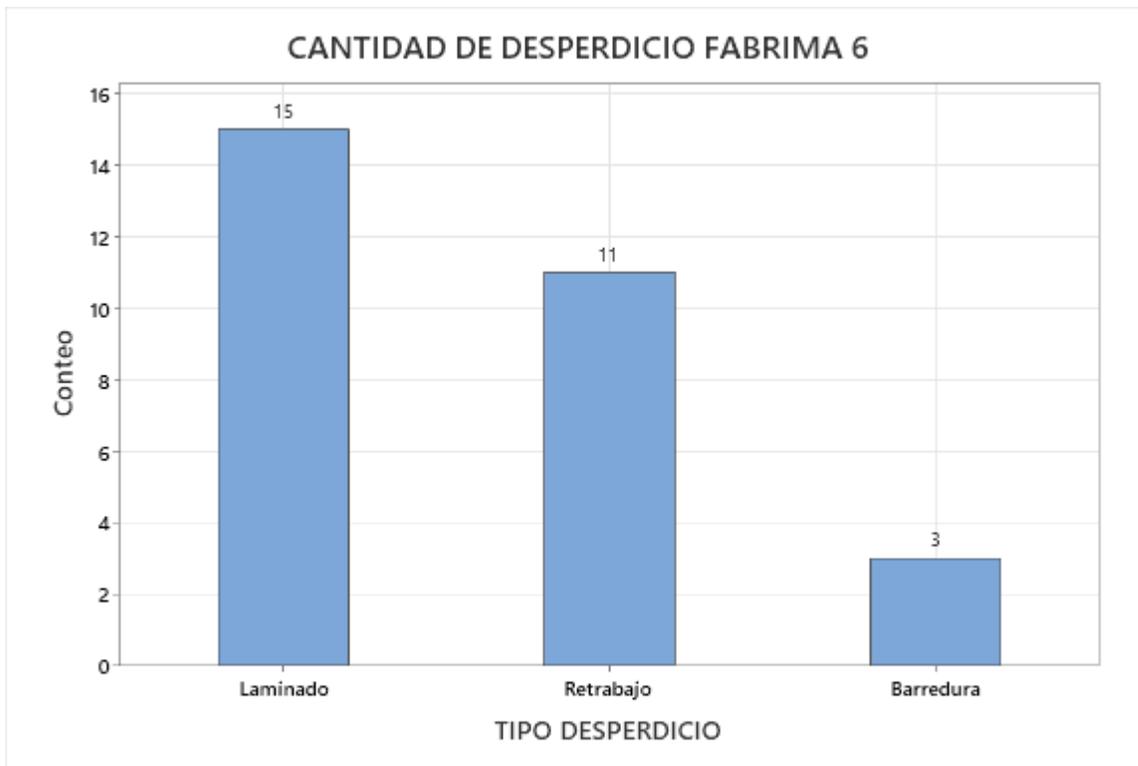
MUESTRA	FECHA	TURNO	AREA	LINEA	PRODUCTO	BARREDURA (KG)	RETRABAJO (KG)	LAMINADO (KG)	CAUSA
1	06/06/2023	T1	Tote	F6	Klim Clasica	4,50			Sistema OGA
2	08/06/2023	T1	Tote	F6	Klim Clasica		15,50		Residuo grueso
3	08/06/2023	T1	Tote	F6	Klim Clasica	2,00			Sistema OGA
4	20/06/2023	T1	Tote	F6	Nutririnde 3+	1,00			Residuo grueso
5	20/06/2023	T1	Llenaje	F6	Prebio			3,84	Cambio rollo
6	23/06/2023	T1	Llenaje	F7	Rh x 375 gr			1,20	Cambio rollo
7	24/06/2023	T1	Llenaje	F7	Rh x 375 gr			1,60	Cambio rollo
8	22/07/2023	T1	Llenaje	F7	k, deslac x360 grs			1,00	Arranque
9	29/07/2023	T2	Embalaje	F6	rodeo x500 grs		14,00		Modificación Pouche
10	29/07/2023	T2	Embalaje	F6	rodeo x500 grs			1,36	Cambio rollo
11	29/07/2023	T2	Embalaje	F7	rodeo x450 grs		25,00		Fuga
12	29/07/2023	T2	Embalaje	F7	rodeo x450 grs			1,58	Cambio rollo
13	31/07/2023	T1	Llenaje	F7	clasica x360 grs			0,60	Cambio rollo
14	31/07/2023	T1	Tote	F7	clasica x360 grs	2,00			Zaranda
15	31/07/2023	T2	Embalaje	F7	rodeo x375 grs		25,00		Fuga
16	31/07/2023	T2	Llenaje	F7	rodeo x375 grs			1,62	Fuga
17	01/08/2023	T1	Embalaje	F7	rodeo x450 grs		3,55		Falta de oxigeno
18	01/08/2023	T1	Llenaje	F7	rodeo x450 grs			3,42	Falta de oxigeno
19	01/08/2023	T2	Llenaje	F7	rodeo x450 grs		2,50		Ajuste maquina
20	01/08/2023	T2	Llenaje	F7	rodeo x450 grs			0,38	Ajuste maquina
21	01/08/2023	T2	Llenaje	F7	rodeo x450 grs			0,48	Cambio rollo
22	02/08/2023	T1	Embalaje	F7	rodeo x450 grs		16,20		Cambio rollo
23	02/08/2023	T1	Embalaje	F7	rodeo x450 grs			0,70	Cambio rollo
24	02/08/2023	T1	Llenaje	F7	rodeo x450 grs			1,60	Cambio rollo
25	02/08/2023	T2	Embalaje	F7	rodeo x450 grs		15,60		Cambio rollo
26	02/08/2023	T2	Embalaje	F7	rodeo x450 grs			3,80	Cambio rollo
27	02/08/2023	T2	Llenaje	F7	rodeo x450 grs			0,50	Cambio bobina
28	02/08/2023	T1	Tote	F7	rodeo x450 grs	0,44			Zaranda
29	02/08/2023	T2	Tote	F7	rodeo x450 grs	0,90			Zaranda
30	03/08/2023	T1	Embalaje	F7	rodeo x450 grs			0,50	Fuga
31	03/08/2023	T1	Embalaje	F7	rodeo x450 grs		25,00		Fuga
32	03/08/2023	T1	Llenaje	F7	rodeo x450 grs			0,58	Fuga
33	03/08/2023	T2	Llenaje	F7	rodeo x450 grs		50,00		Fuga
34	03/08/2023	T2	Llenaje	F7	rodeo x450 grs			0,69	Fuga
35	03/08/2023	T1	Tote	F7	rodeo x450 grs	0,66			Zaranda
36	03/08/2023	T1	Tote	F7	rodeo x450 grs	7,84			Desgaste empaque
37	03/08/2023	T2	Tote	F7	rodeo x450 grs	1,30			Desgaste empaque

38	04/08/2023	T1	Embalaje	F7	rodeo x450 grs		9,00	Fuga
39	04/08/2023	T1	Embalaje	F7	rodeo x450 grs		0,90	Fuga
40	04/08/2023	T1	Llenaje	F7	rodeo x450 grs		0,98	Cambio rollo
41	04/08/2024	T2	Embalaje	F7	rodeo x450 grs		25,00	Toma de muestra
42	04/08/2025	T2	Embalaje	F7	rodeo x450 grs		0,41	Toma de muestra
43	04/08/2026	T2	Llenaje	F7	rodeo x450 grs		1,32	Fuga
44	07/08/2023	T1	Embalaje	F6	rodeo x875 grs		25,00	Bajo peso
45	07/08/2023	T1	Embalaje	F6	rodeo x875 grs		0,98	Bajo peso
46	08/08/2023	T1	Embalaje	F6	rodeo x875 grs		25,00	Fuga
47	08/08/2023	T1	Embalaje	F6	rodeo x875 grs		1,00	Fuga
48	08/08/2023	T1	Llenaje	F6	rodeo x875 grs		1,04	Cambio rollo
49	08/08/2023	T2	Tote	F7	rodeo x875 grs	2,00		Zaranda
50	09/08/2023	T1	Embalaje	F6	klim clasica x840 grs		10,00	Fuga
51	09/08/2023	T1	Embalaje	F6	klim clasica x840 grs		0,80	Fuga
52	09/08/2023	T1	Llenaje	F6	klim clasica x840 grs		2,02	Cambio rollo
53	09/08/2023	T1	Embalaje	F7	Rosemary x380 grs		50,00	Clave borrosa
54	09/08/2023	T1	Embalaje	F7	Rosemary x380 grs		0,54	Clave borrosa
55	09/08/2023	T1	Llenaje	F7	Rosemary x380 grs		2,10	Cambio rollo
56	09/08/2023	T2	Tote	F7	Rosemary x330 grs	2,00		Zaranda
57	09/08/2023	T2	Embalaje	F7	Rosemary x330 grs		23,61	Bajo peso
58	09/08/2023	T2	Embalaje	F7	Rosemary x330 grs		0,97	Bajo peso
59	09/08/2023	T2	Llenaje	F7	Rosemary x330 grs		0,64	Cambio rollo
60	10/08/2023	T1	Embalaje	F7	Rosemary x330 grs		2,50	Mal laminado
61	10/08/2023	T1	Embalaje	F7	Rosemary x330 grs		0,46	Mal laminado
62	10/08/2023	T2	Embalaje	F6	rodeo x875 grs		1,75	Mal laminado
63	10/08/2023	T2	Embalaje	F6	rodeo x875 grs		2,86	Mal laminado
64	10/08/2023	T2	Llenaje	F6	rodeo x875 grs		0,50	Mal laminado
65	11/08/2023	T1	Embalaje	F6	rodeo x875 grs		50,00	Mal laminado
66	11/08/2023	T1	Embalaje	F6	rodeo x875 grs		1,12	Mal laminado
67	11/08/2023	T2	Embalaje	F6	rodeo x875k grs		50,00	Bajo peso
68	11/08/2023	T2	Embalaje	F6	rodeo x875k grs		1,91	Bajo peso
69	11/08/2023	T1	Embalaje	F7	rodeo x875k grs		25,00	Fuga
70	11/08/2023	T1	Embalaje	F7	Rosemary x330 grs		1,47	Fuga
71	12/08/2023	T1	Embalaje	F6	rodeo x875 grs		25,00	Bajo peso
72	12/08/2023	T1	Embalaje	F6	rodeo x875 grs		0,76	Bajo peso
73	12/08/2023	T1	Llenaje	F7	kilm clasica x240 grs		0,88	Arranque
74	14/08/2023	T1	Embalaje	F6	rodeo x875 grs		25,00	Fuga
75	14/08/2023	T1	Embalaje	F6	rodeo x875 grs		2,47	Fuga
76	14/08/2023	T1	Llenaje	F6	rodeo x875 grs		1,84	Cambio rollo
77	15/08/2023	T1	Embalaje	F6	rodeo x875 grs		8,77	Fuga
78	15/08/2023	T1	Embalaje	F6	rodeo x875 grs		0,74	Fuga

De las 78 muestras recolectadas, se identificó que el 37,18% de los datos pertenecen a la línea Fabrима 6 y el 62,82% restante a la línea Fabrима 7. Se procede a estratificar los datos según el tipo de desperdicio para cada una de las líneas.

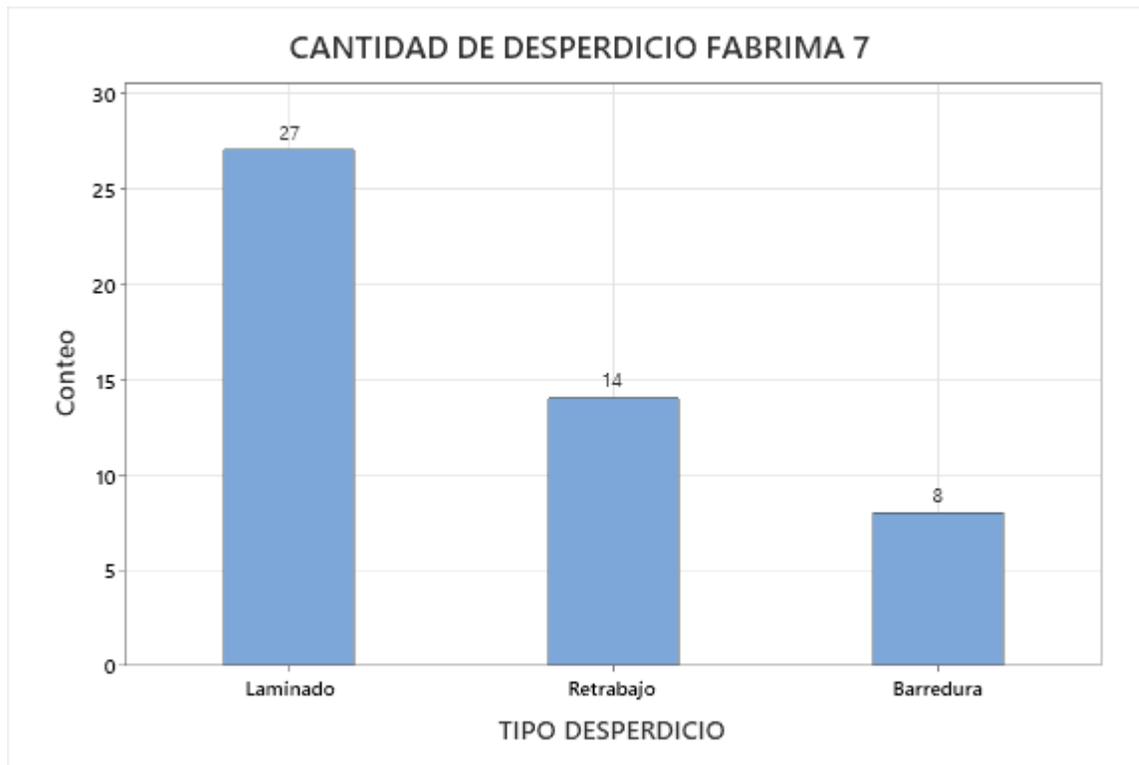
Para la línea Fabrима 6 se encontró que los datos tomados para los desperdicios generados por barradura fueron tres, por lo que se toma la decisión de no realizar análisis estadístico para este tipo de desperdicio y aunque el número de muestra para los desperdicios de Laminado y Barradura no tienen el mínimo de datos para realizar dicho análisis se decide llevarlo a cabo para estos desperdicios (*Figura 5*)

**Figura 5** Cantidad de desperdicios Fabrима 6



Nota. Elaborado con software Minitab.

Para la línea Fabrима 7 se recolectaron 8 datos para el desperdicio de barradura y se decide no realizar análisis estadístico para este tipo de desperdicios (*Figura 6*). Al igual que en la línea Fabrима 6 se realizará análisis estadístico a los desperdicios de Laminado y Retrabajo para línea Fabrима 7 pese a cumplir con el mínimo de datos para el correcto análisis.

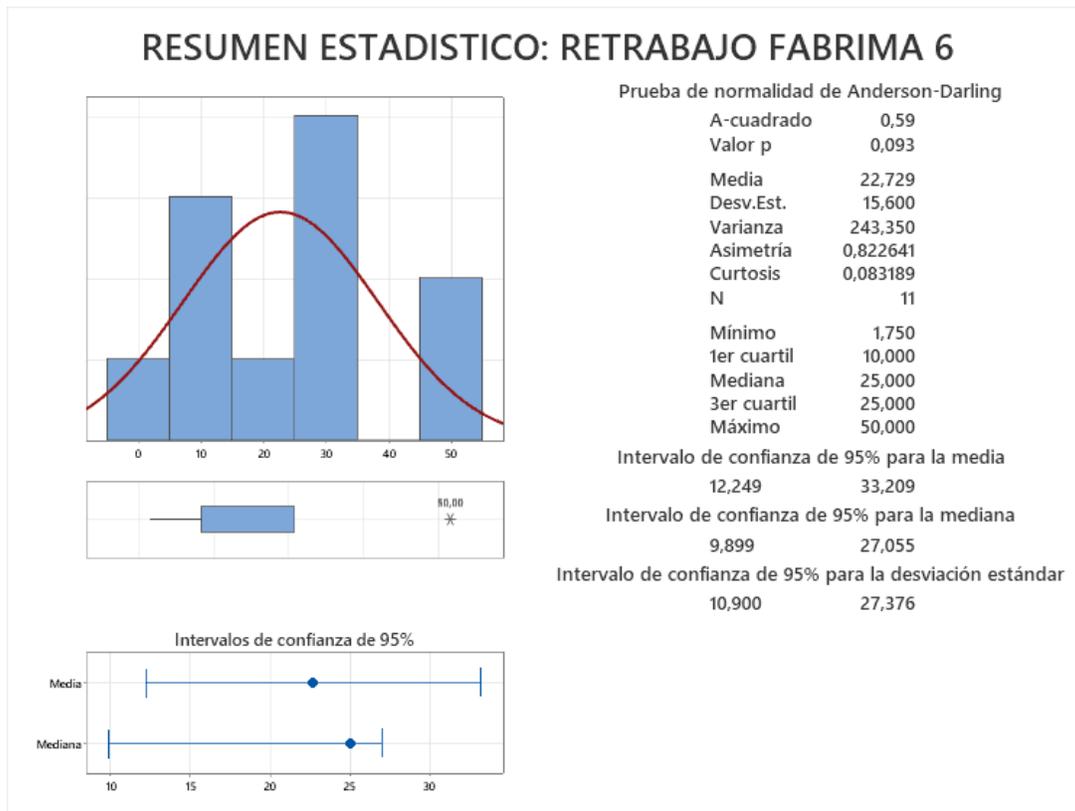
**Figura 6** Cantidad de desperdicios Fabrima 7

Nota. Elaborado con software Minitab.

#### 4.2.2 Análisis descriptivo de los datos.

Al extraer el resumen estadístico de los datos con el software minitab, se puede concluir que el retrabajo en la línea Fabrima 6 se ajustan a una distribución normal ya que el valor de  $p$  es igual a 0,093 pese a que los datos no están organizados simétricamente bajo la curva de la distribución normal. Pese a que el boxplot del resumen estadístico para el retrabajo en la línea Fabrima 6 (**Figura 7**) muestra datos atípicos, se decide no eliminarlo debido a la cantidad de datos recolectados.

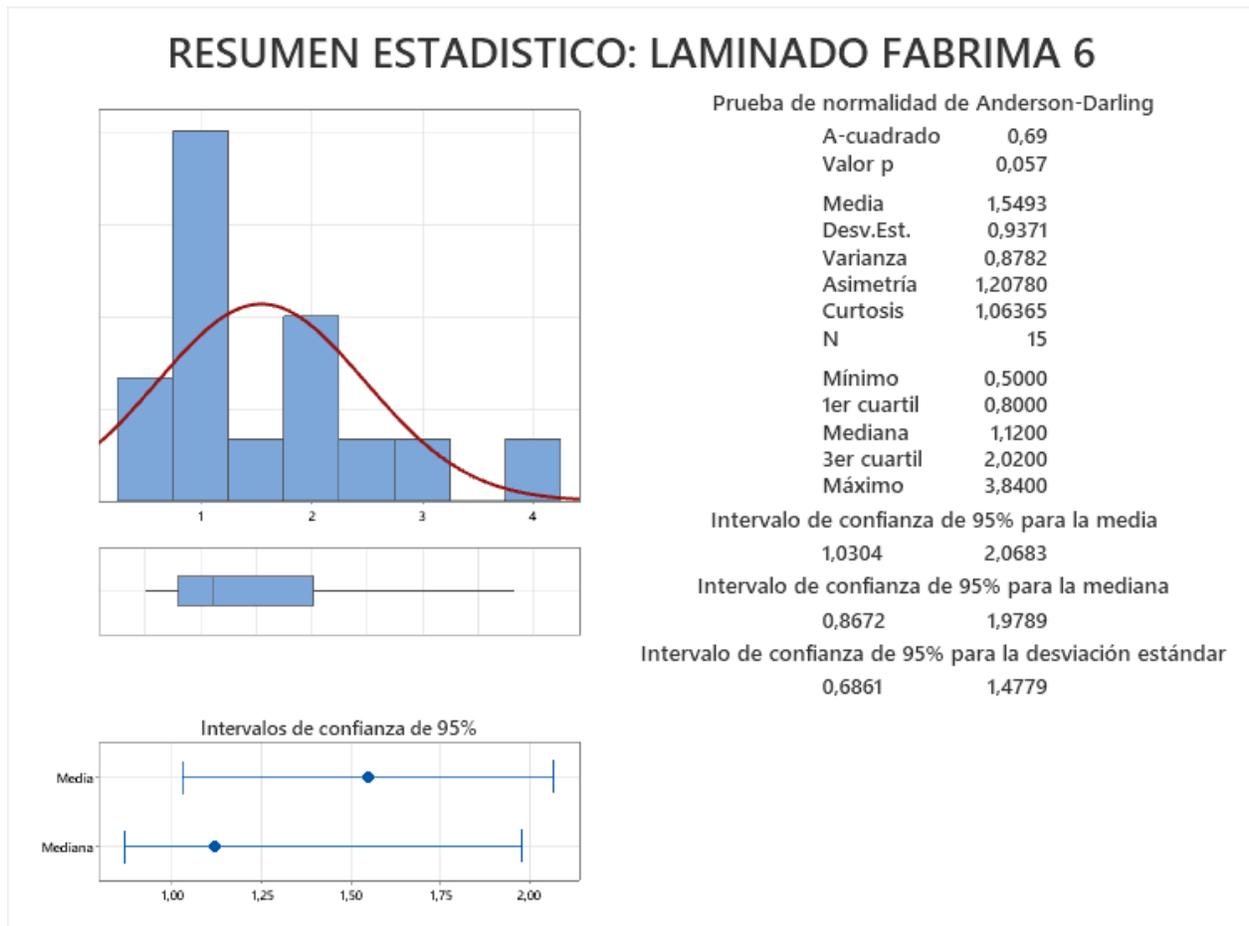
**Figura 7** Resumen estadístico retrabajo Fabrима 6



Nota. Elaborado con software Minitab.

Para el desperdicio de laminado para la línea Fabrима 6, el análisis estadístico (**Figura 8**) arroja que los datos no son significativos para estimar la naturaleza de los datos bajo estandarización normal esto se debe a que el valor de p es igual a 0,57 sin embargo se decide realizar análisis de capacidad bajo parámetros normales pues dicho valor de p puede deberse a la cantidad de datos analizados. La grafica también muestra que los datos están un poco sesgados a la derecha y no hay presencia de puntos atípicos.

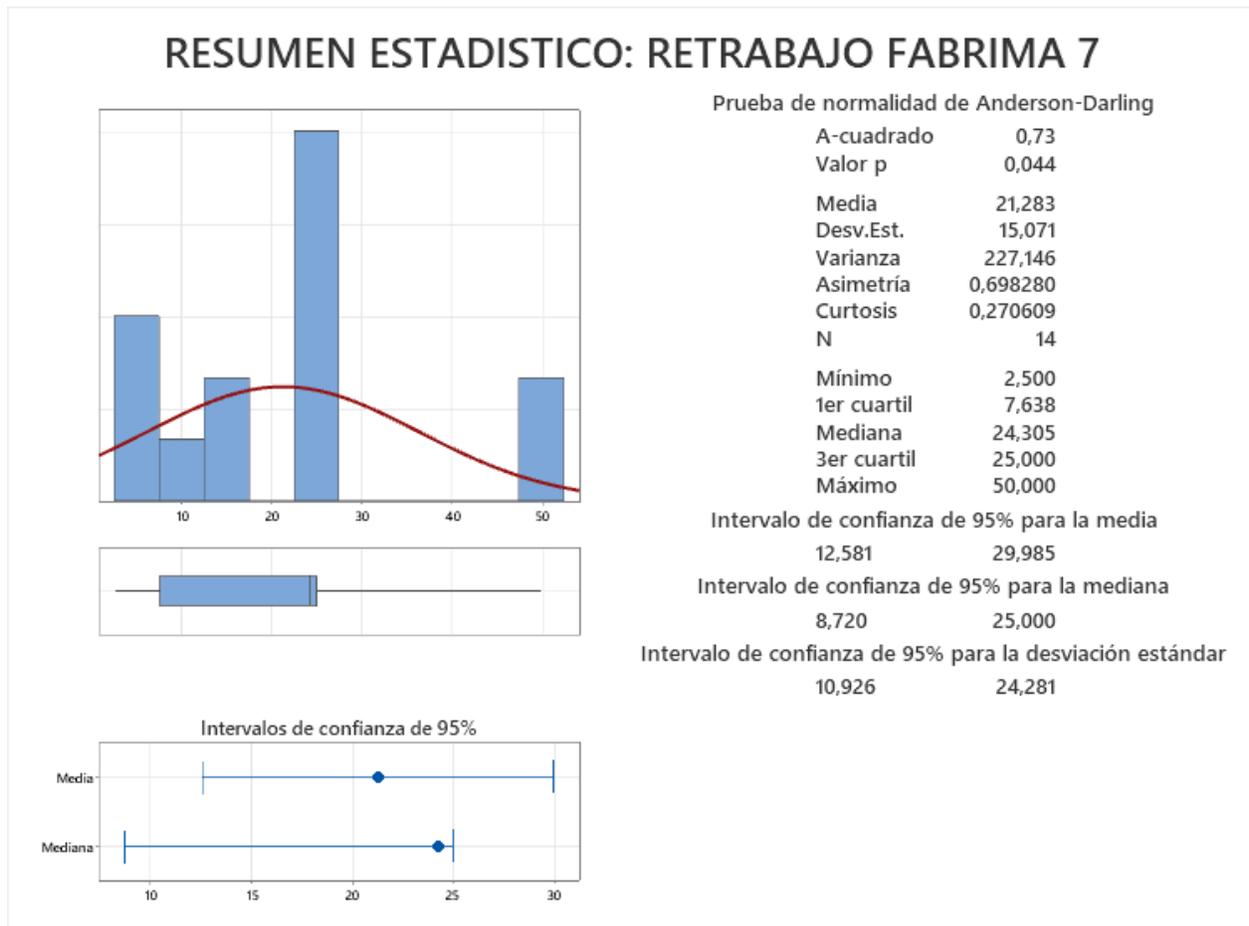
**Figura 8** Resumen estadístico laminado Fabrima 6



Nota. Elaborado con software Minitab.

En cuanto a la línea Fabrima 7, el análisis estadístico arrojó que para el retrabajo (**Figura 9**) los datos no son normales con un valor p igual a 0,044; es decir menor al nivel de significancia, sin embargo, esto puede deberse a que la cantidad de datos es menor al mínimo requerido. A su vez los datos del retrabajo en la línea Fabrima 7 son asimétricos y presentan un sesgo hacia la izquierda pues la mayoría de los datos están concentrados entre el primer y segundo cuartil.

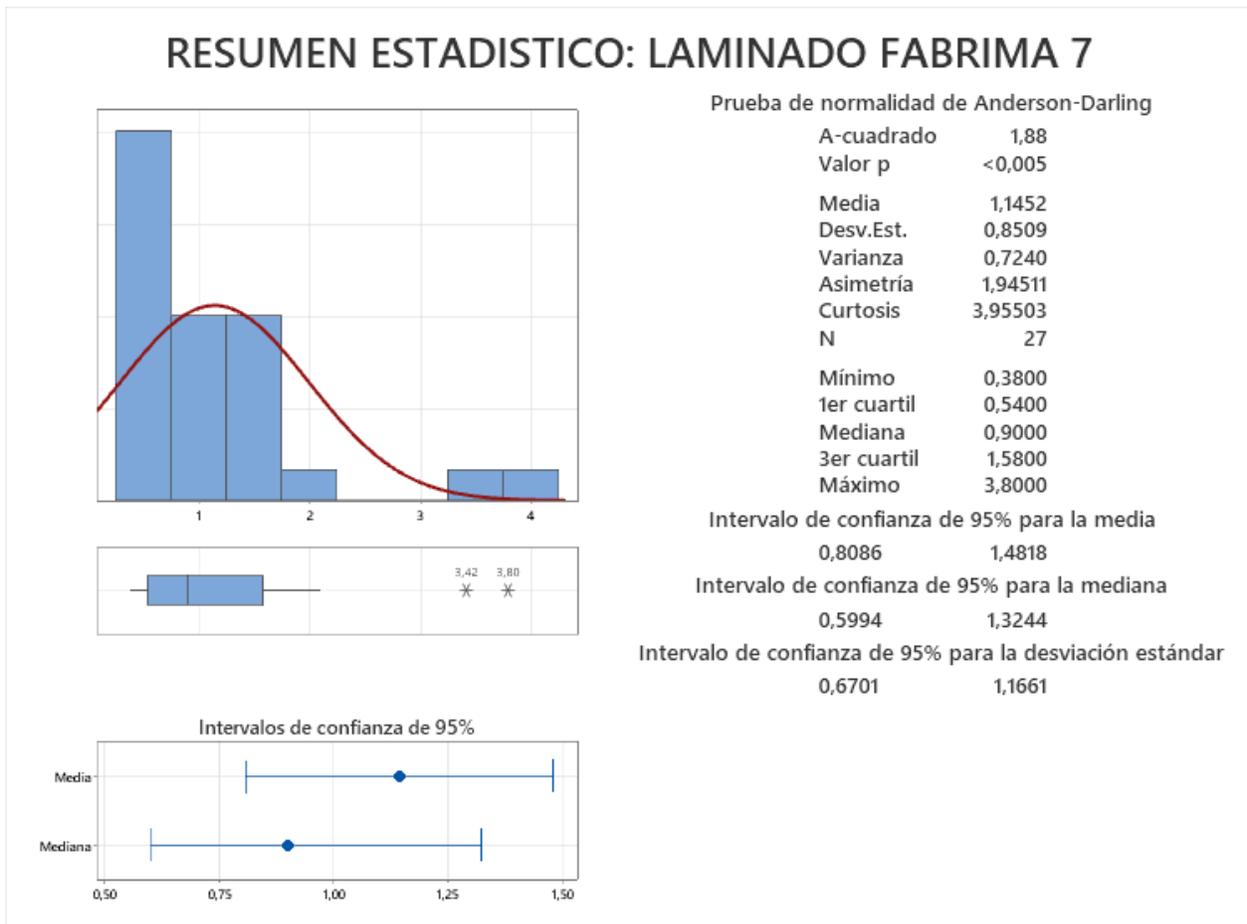
**Figura 9** Resumen estadístico retrabajo Fabrима 7



Nota. Elaborado con software Minitab.

Por ultimo, para el desperdicio de laminado (**Figura 10**) para la linea fabrима 7 el valor de p es menor que 0,05 lo que permite concluir que los datos no se ajustan a una distribución normal, tambien se evidencia que los datos estan sesgados hacia la izquierda y siguen una tendencia no normal, sin embargo dicha tendencia puede deberse a la presencia de puntos atipicos.

**Figura 10** Resumen estadístico laminado Fabrimea 7



Nota. Elaborado con software Minitab.

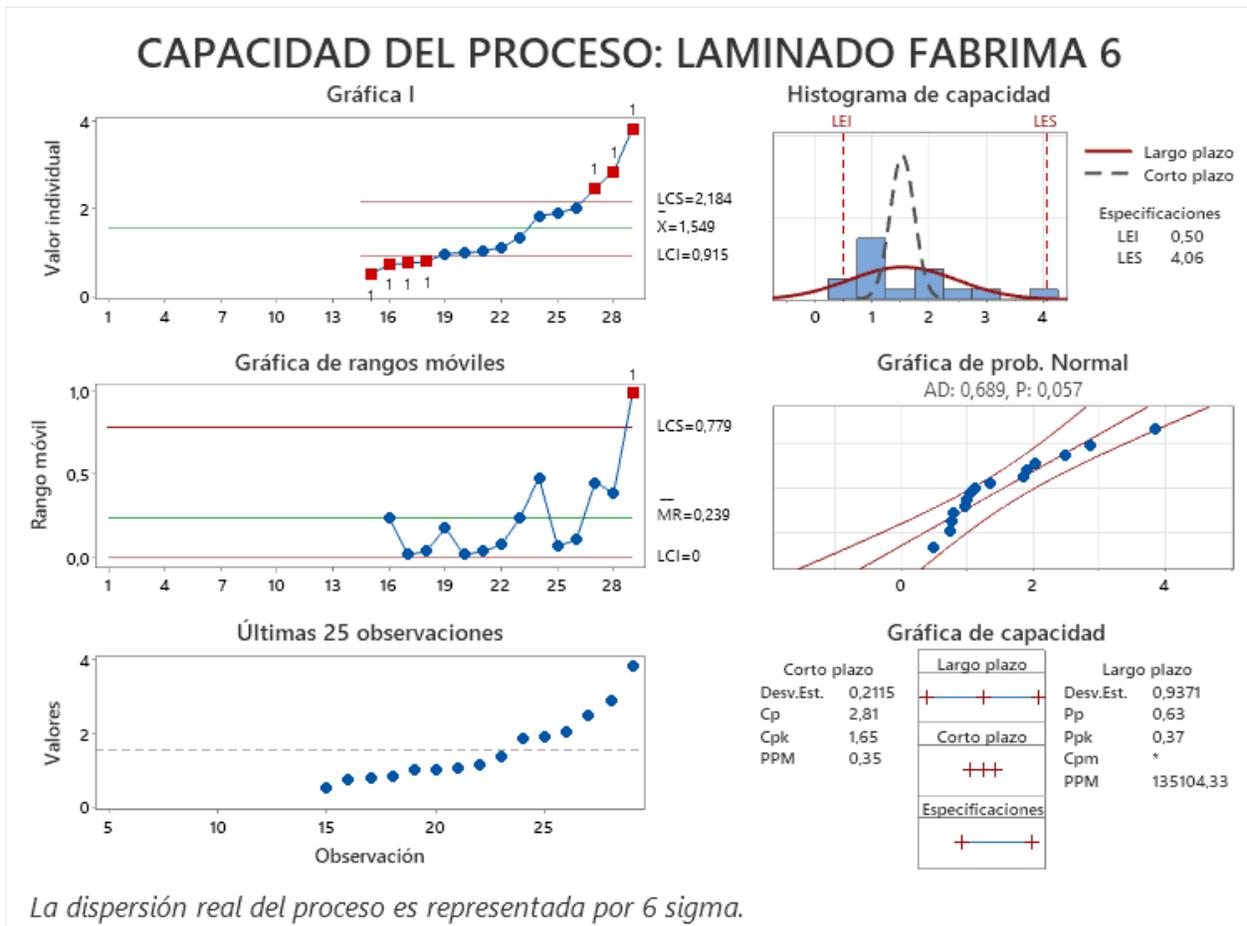
### 4.2.3 Análisis de capacidad del proceso

Una vez conocida la naturaleza de los datos, se procede a realizar el análisis de capacidad del proceso, este análisis tiene como finalidad conocer si el proceso está bajo control estadístico.

Los resultados obtenidos para el retrabajo en la línea Fabrimea 6 (**Figura 11**) muestran que el proceso está fuera de control debido a que en el gráfico de control se observan puntos fuera de los límites y los datos no se distribuyen homogéneamente. El índice Cp es igual a 2,05 lo que permite concluir que el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones del cliente, así mismo al tener un Cpk y Cp son diferentes bebemos implementar mejorar ya que el proceso se



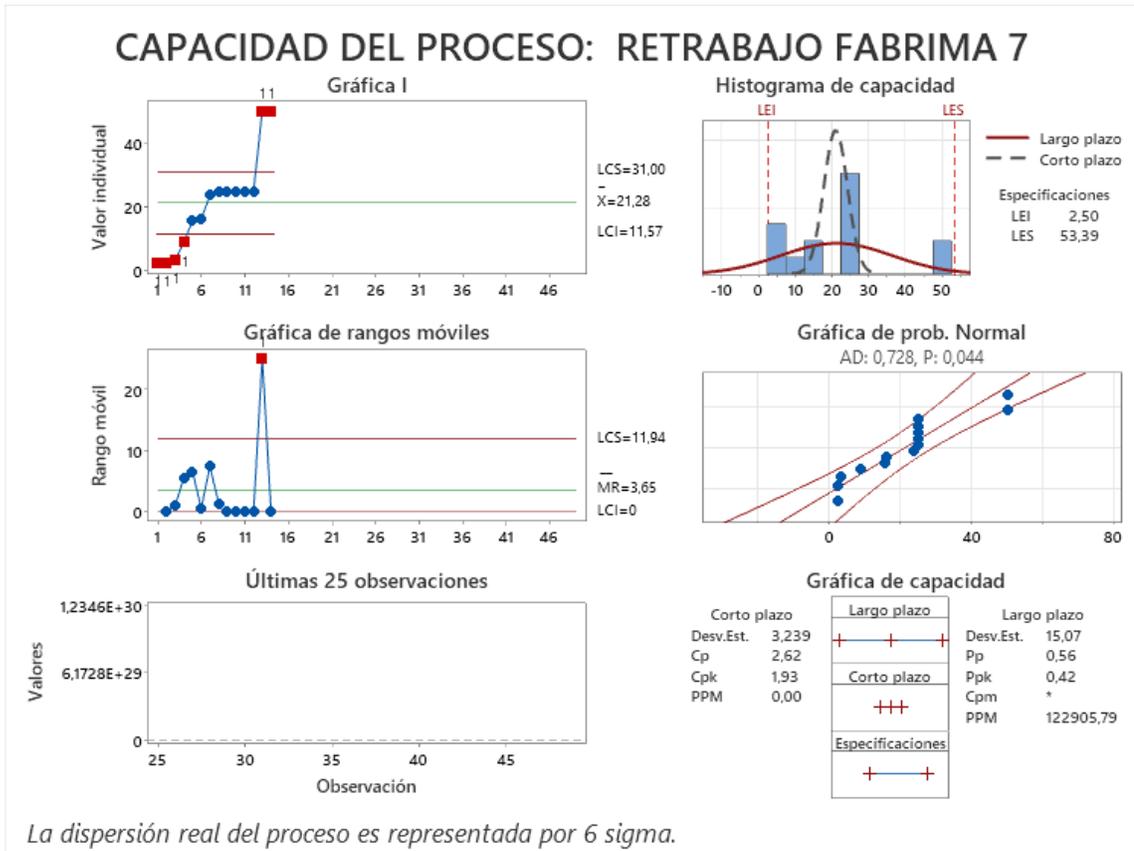
**Figura 12** Capacidad del proceso laminado Fabrима 6



Nota. Elaborado con software Minitab.

Para la línea Fabrима 7 se decide realizar el análisis de capacidad para distribuciones normales pese a que el resultado del índice p fuera inferir al nivel de significancia de 0.05, esto debido a que la cantidad de datos no fueran significativos y no se tuviera un ajuste con distribuciones no normales. El grafico del análisis de capacidad para el retrabajo en la línea Fabrима 7 (**Figura 13**) muestra que el proceso está fuera de control pues la mayoría de los puntos se encuentran fuera de los límites y hay dispersión de los datos, sin embargo, el índice Cp muestra que el proceso es capaz ya que es superior al 1,33 lo que significa que al proceso se puede adaptar a cambios de manera que pueda cumplir con las especificaciones del cliente en corto plazo

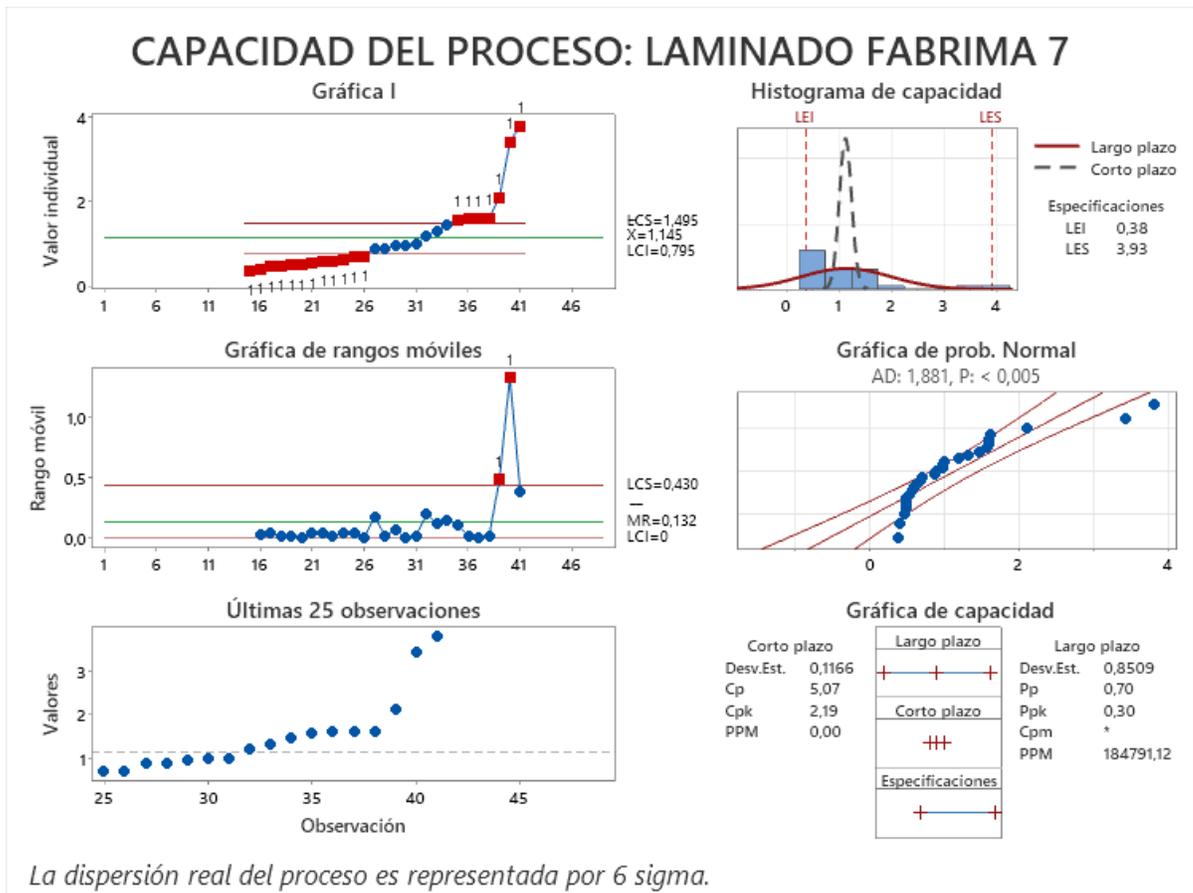
**Figura 13** Capacidad del proceso retrabajo Fabrima 7



Nota. Elaborado con software Minitab.

En cuanto a los desperdicios por laminado en la línea Fabrima 7 se concluye que se encuentra fuera de control pues la mayoría de los datos sobresalen los límites y el proceso no es centrado. El índice Cp es superior a 1,33 lo que permite concluir que el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones del cliente (**Figura 14**).

**Figura 14** Capacidad del proceso laminado Fabrима 7



Nota. Elaborado con software Minitab.

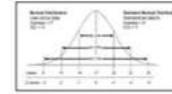
**4.2.4 Nivel sigma del proceso.**

El nivel sigma se calcula de acuerdo con la cantidad de datos recolectados, donde los 78 datos son todos de defectos que se tuvieron en las líneas, la cantidad total de muestras procesadas son la cantidad de productos que salieron por las líneas durante los 15 días y las oportunidades de defectos por unidad son los desperdicios de laminado, retrabajo y consumo animal.

**Figura 15** *Calculo nivel sigma*

**No. De oportunidad de defecto por unidad= 3**  
**No. De unidades procesadas= 498,024**  
**No. De defectos= 78**

1.Retrabajo 2.Barredura 3.Laminado



$$\text{Oportunidad por defecto (DPO)} = \frac{78}{498,024 \times 3} = 0.0005221$$

$$\text{Yield} = (1 - \text{DPO}) \times 100 = 99.947$$

**Proceso sigma = 4.8**

**TABLA DE EQUIVALENCIAS SIX SIGMA**

RENDIMIENTO	DPMS	SIGMA	RENDIMIENTO	DPMS	SIGMA	RENDIMIENTO	DPMS	SIGMA
84.8%	124689	0	81.2%	208000	2	91.6%	4218	4
87.0%	52000	0.1	72.6%	274000	2.1	92.3%	4840	4.1
10.0%	920000	0.2	75.0%	242000	2.2	92.7%	2440	4.2
12.0%	480000	0.3	76.4%	212000	2.3	92.75%	2250	4.3
14.0%	300000	0.4	81.6%	144000	2.4	92.81%	1860	4.4
16.0%	180000	0.5	84.2%	100000	2.5	92.87%	1330	4.5
18.0%	110000	0.6	86.1%	70000	2.6	92.90%	780	4.6
20.0%	70000	0.7	88.0%	50000	2.7	92.93%	480	4.7
22.0%	45000	0.8	89.2%	35000	2.8	92.95%	280	4.8
24.0%	28000	0.9	91.0%	25000	2.9	92.97%	150	4.9
31.0%	10000	1	93.3%	14000	3	92.977%	230	5
33.0%	6000	1.1	94.3%	9000	3.1	92.985%	130	5.1
35.0%	3500	1.2	95.2%	5500	3.2	92.992%	70	5.2
41.0%	1200	1.3	96.4%	3000	3.3	92.995%	30	5.3
48.0%	400	1.4	97.1%	2000	3.4	92.996%	15	5.4
50.0%	200	1.5	97.7%	1200	3.5	92.997%	8	5.5
54.0%	80	1.6	98.0%	700	3.6	92.998%	4	5.6
58.0%	30	1.7	98.6%	400	3.7	92.999%	2	5.7
81.8%	10	1.8	99.7%	100	3.8	92.9995%	1	5.8
93.4%	3	1.9	99.9%	30	3.9	92.9997%	0.5	5.9
						92.9997%	0.4	6

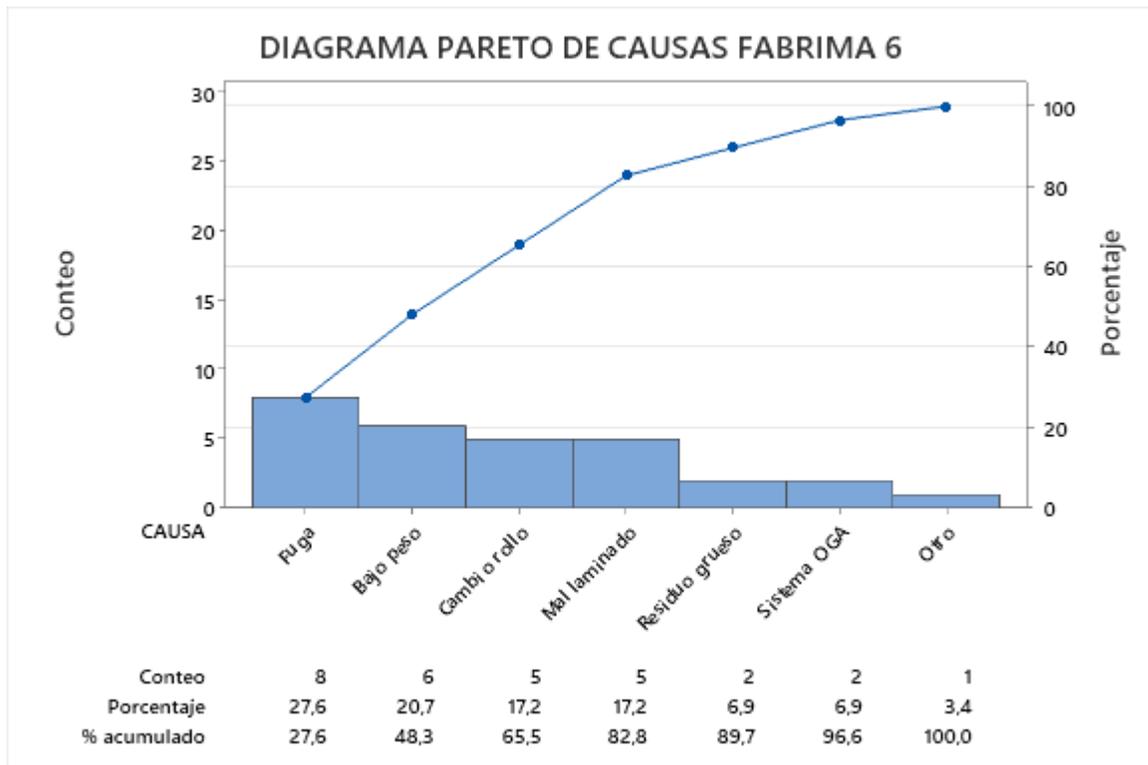
El resultado fue de 4.8 lo que quiere decir que el rendimiento del proceso es de 99,95% muy cercano al ideal de 6 sigma (**Figura 15**).

### 4.3 Etapa de análisis

Identificada la naturaleza de los datos y el estado del proceso se realiza la etapa de análisis con la finalidad de encontrar la causa raíz que origina el desperdicio en las líneas Fabrima 6 y Fabrima7. Durante la recolección de datos se registró la razón por la cual se originó el desperdicio y en base a estas causas se realizó un diagrama de Pareto para cada una de las líneas.

En la línea Fabrima 6 se detectó que el 48,3% de las causas fueron contribuidas por fuga y bajo peso por lo tanto se decide analizar a profundidad estas dos causas de acuerdo con el principio Pareto (**Figura 16**).

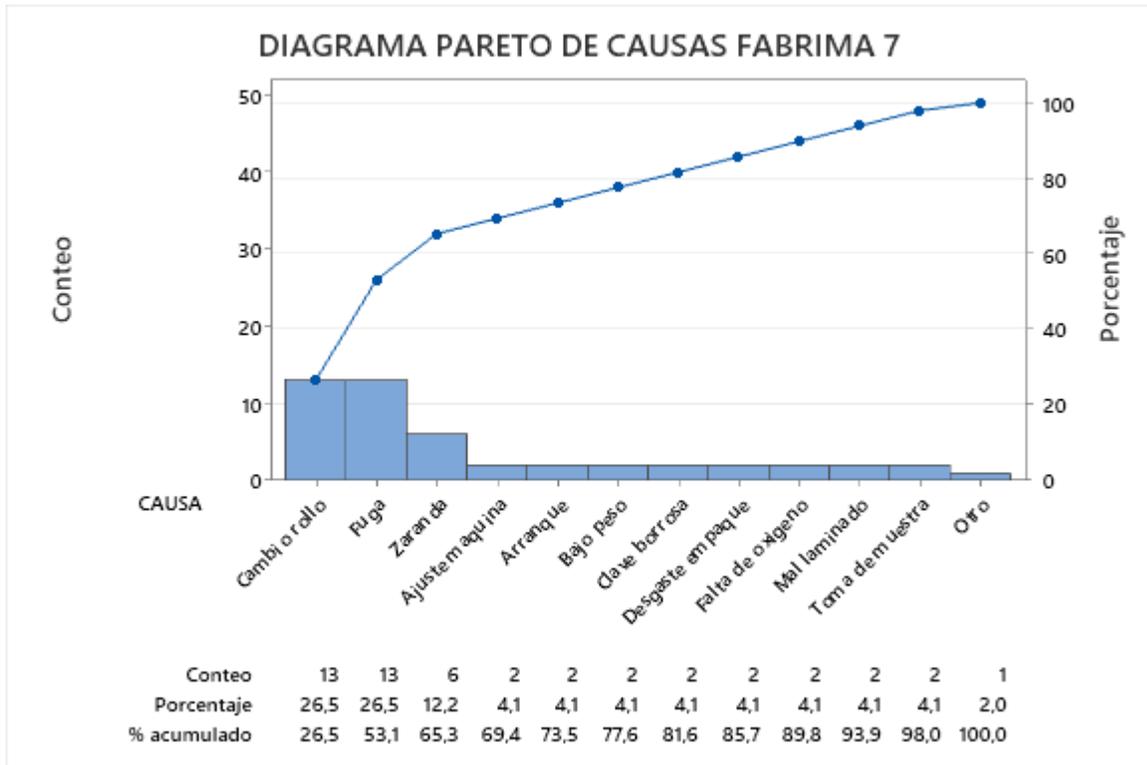
**Figura 16** Diagrama Pareto Fabrimea 6



Nota. Elaborado con software Minitab.

Del mismo modo en la línea Fabrimea 7 se detectó que las causas de cambio de rollo y fuga originan el 53,1% de los desperdicios en esta línea por lo que se decide analizar estas dos causas (**Figura 17**).

**Figura 17** Diagrama Pareto Fabrimea 7

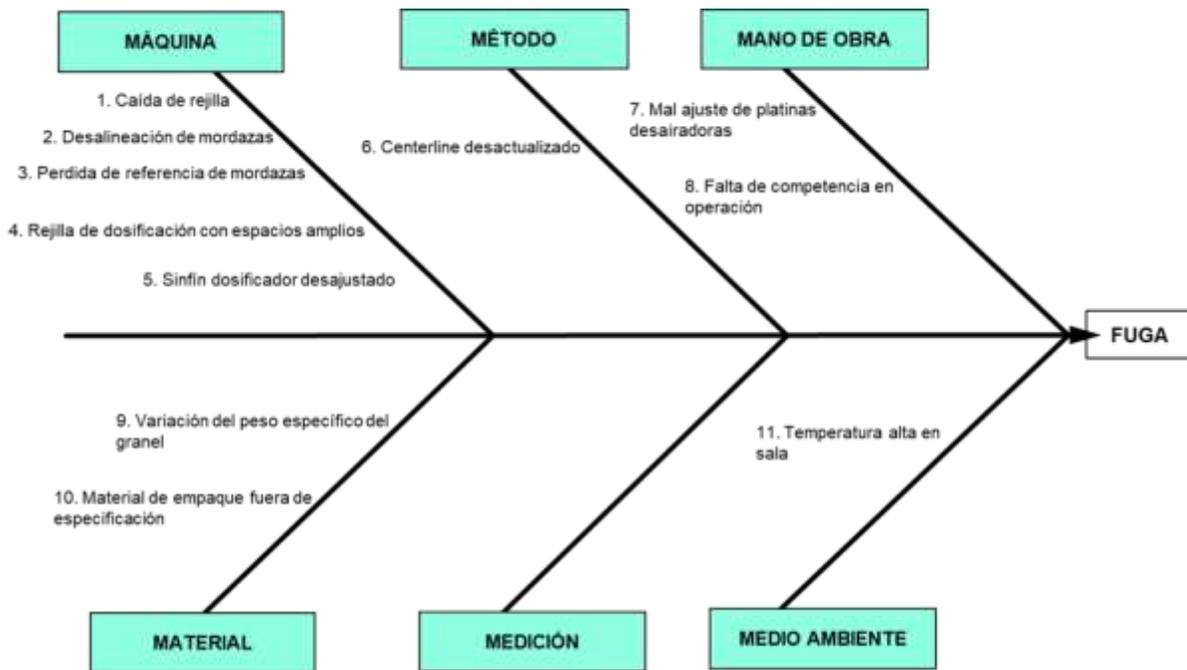


Nota. Elaborado con software Minitab.

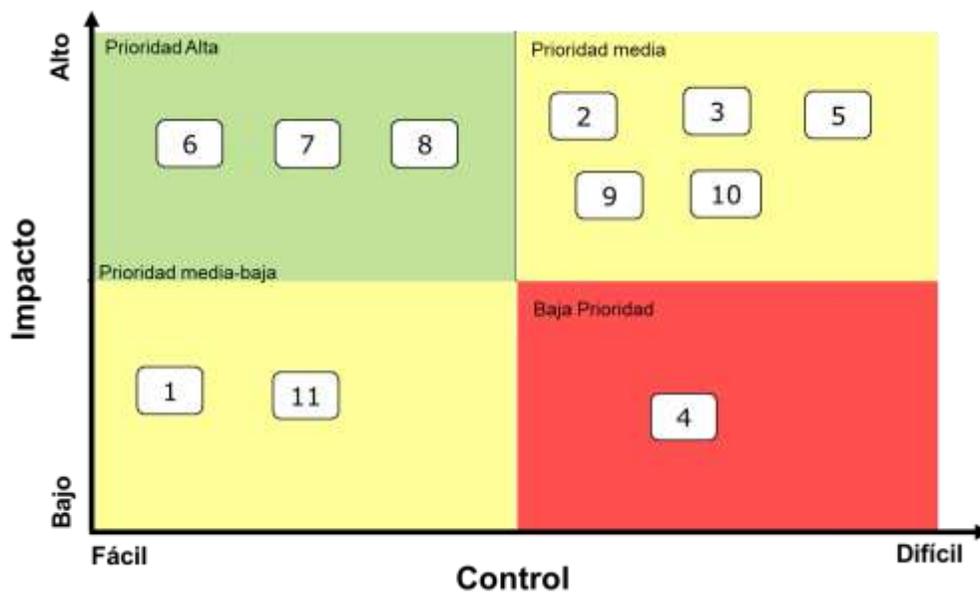
Teniendo en cuenta que en ambas líneas los desperdicios son generados por fuga, bajo peso y cambio de rollo se hace un diagrama causa efecto para cada efecto y se enumeraron las causas para posteriormente clasificarla según el control y el impacto que tienen.

Para el efecto de fuga (*Figura 18*) se detectaron 11 causas, de las cuales las causas 6, 7 y 8 son de alta prioridad (*Figura 19*).

**Figura 18** Diagrama causa efecto - Fuga

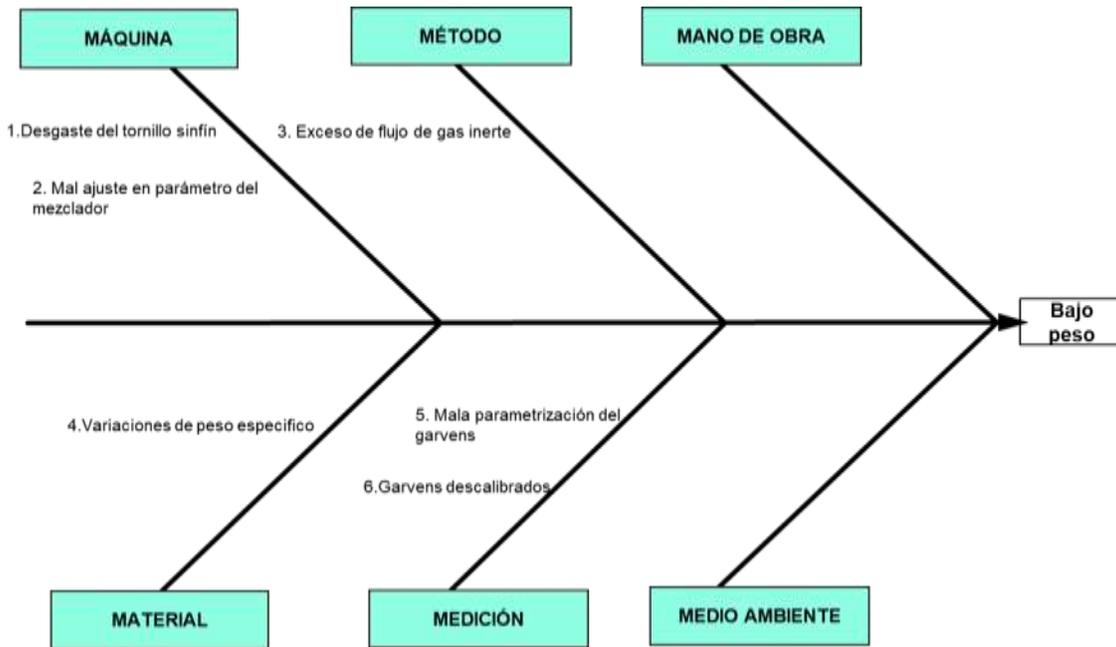


**Figura 19** Priorización de causas fuga

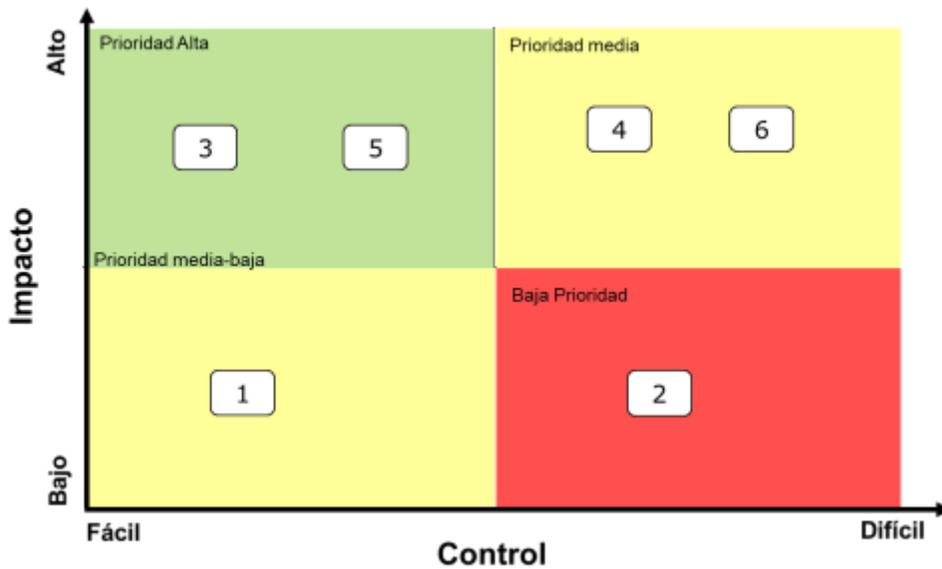


Para el efecto de bajo peso se identificaron 6 causas (*Figura 20*) de las cuales las causas 3 y 5 son de alta prioridad (*Figura 21*).

**Figura 20** Diagrama causa efecto - Bajo peso



**Figura 21** Priorización de causas bajo peso



Finalmente, para el efecto de cambio de rollo se identificaron 4 causas (*Figura 22*) de las cuales las causas 1 y 2 son de prioridad alta (*Figura 23*).

Figura 22 Diagrama causa efecto- Cambio rollo

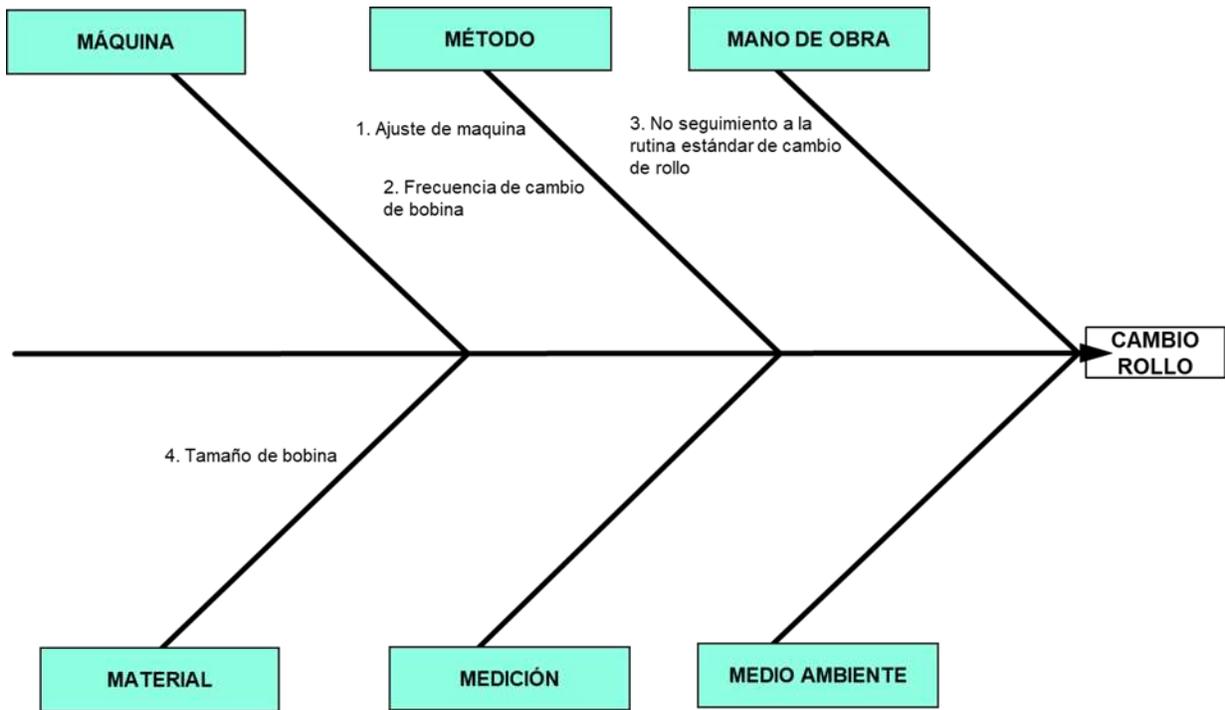
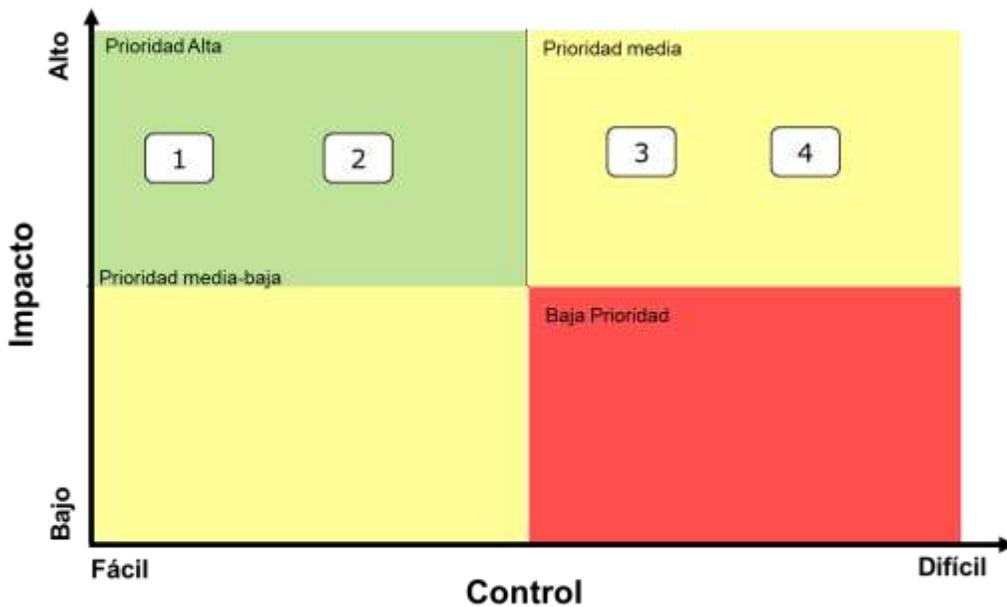


Figura 23 Priorización de causas cambio rollo



En vista de que los efectos de fuga, bajo peso y cambio de rollo estaban en ambas líneas, se realizó el siguiente análisis de varianza para retrabajo y laminado para verificar la correlación de los datos con cada una de las líneas. El resultado del ANOVA para retrabajo (*Tabla 2*) y laminado (*Tabla 3*) permite concluir que con un valor p superior al nivel de significancia las

medias de ambas líneas para los desperdicios son iguales, lo que evidencia que la línea no tiene influencia sobre la generación de los desperdicios.

**Tabla 2 ANOVA de un solo factor: Retrabajo F6. Retrabajo F7**

### Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	2	Retrabajo F6. Retrabajo f7

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	12,88	12,88	0,06	0,817
Error	23	5386,39	234,19		
Total	24	5399,28			

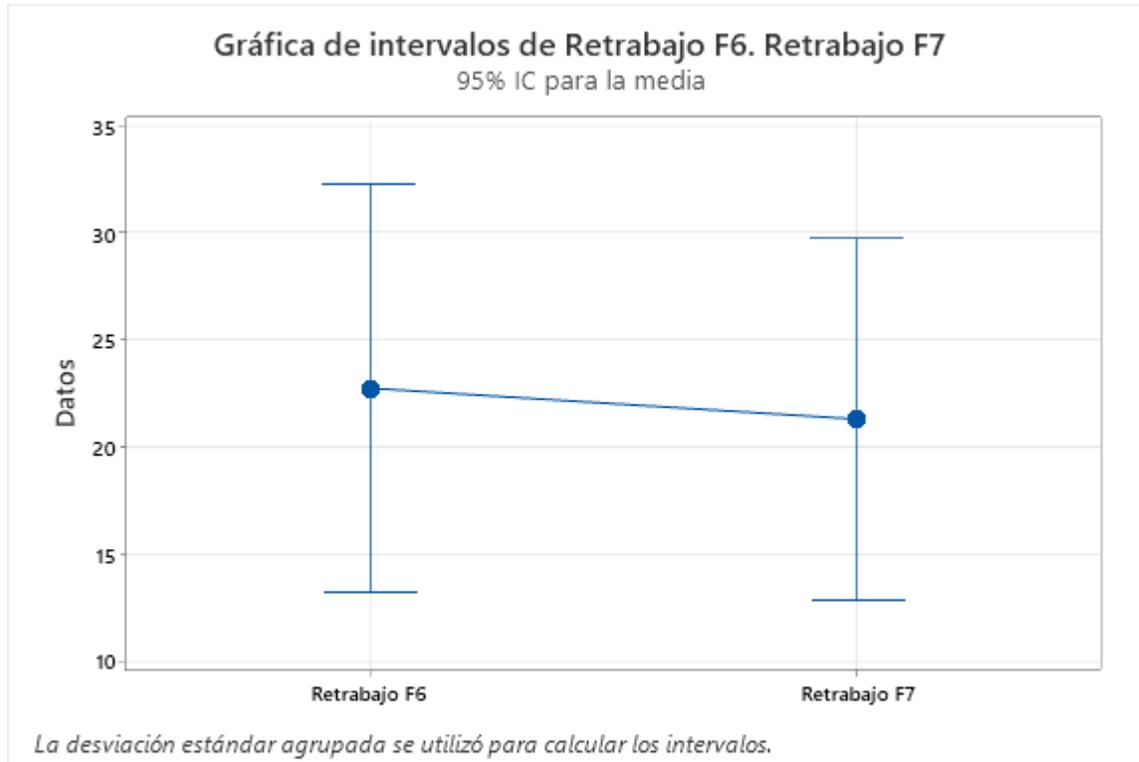
### Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
15,3033	0,24%	0,00%	0,00%

### Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Retrabajo F6	11	22,73	15,60	(13,18. 32,27)
Retrabajo f7	14	21,28	15,07	(12,82. 29,74)

*Desv.Est. agrupada = 15,3033*



**Tabla 3 ANOVA de un solo factor: Laminado F6. Laminado F7**

**Método**

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales  
 Hipótesis alterna      No todas las medias son iguales  
 Nivel de significancia       $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

**Información del factor**

Factor	Niveles	Valores
Factor	2	Laminado F6. Laminado F7

**Análisis de Varianza**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	1,575	1,5750	2,02	0,163
Error	40	31,120	0,7780		
Total	41	32,695			

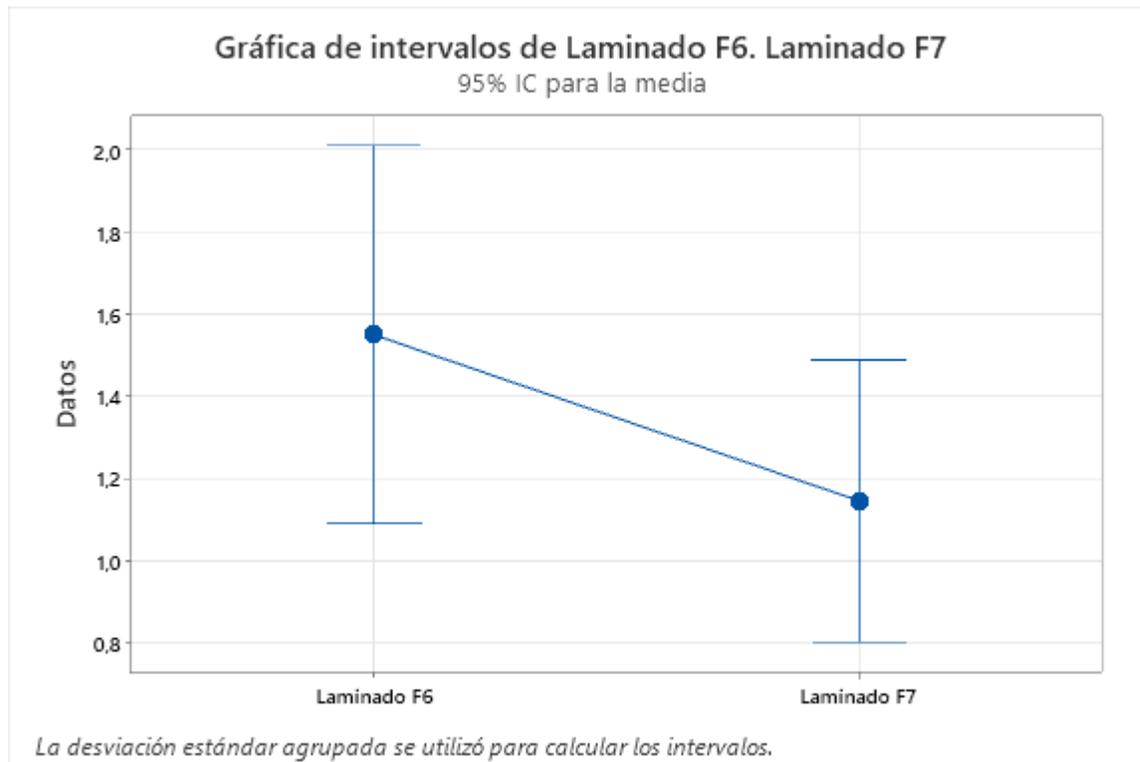
**Resumen del modelo**

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0,882045	4,82%	2,44%	0,00%

**Medias**

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Laminado F6	15	1,549	0,937	(1,089. 2,010)
Laminado F7	27	1,145	0,851	(0,802. 1,488)

*Desv.Est. agrupada = 0,882045*



#### 4.4 Etapa de mejora

En la etapa de mejora se desarrollan e implementan las ideas para las causas identificadas en la etapa de análisis, esto se hace con el fin de encontrar alternativas que sirvan para minimizar o eliminar los efectos por el cual se implementó el proyecto.

Con la finalidad de desarrollar ideas, se implementa un AMEF (*Figura 24*) y este arrojó que para el efecto de cambio rollo tiene el índice NPR más alto donde se recomienda ampliar el tamaño de la bobina y socializar la rutina estándar.

En el caso del efecto de fuga, se tienen dos acciones recomendadas por índice NPR medio y para el efecto de bajo peso no se tiene NPR alarmantes, sin embargo, también se incluyen recomendaciones.

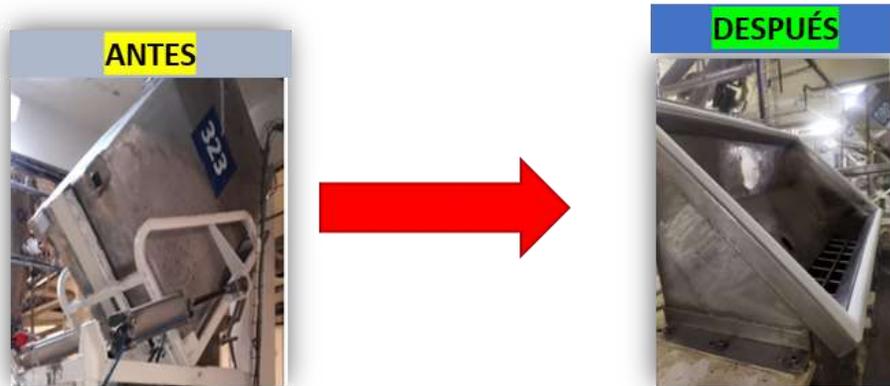
**Figura 24** *Análisis de modos y efectos de falla (AMEF)*

MODO DE FALLA POTENCIAL	EFFECTO DE FALLA POTENCIAL	SEVERIDAD	CAUSAS POTENCIALES	OCURRENCIA	CONTROLES DE OCURRENCIA	DETECCION	NPRI	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABILIDAD Y FECHA PROMETIDA
Fuga	Queja o devolución del medicamento por parte del cliente	5	Calidad de material de empaque	4	Muestreo de lotes de laminado	4	80	Ampliar el muestreo por lote a una mayor cantidad de bobinas	En proceso (31/08/2023)
			Desajuste de parámetros de máquina	3	Seguimiento a centerline y puntos de ajuste	3	45	Validación trimestral a parámetros de centerline	Vilson Trillos (31/08/2023)
			Peso específico del granel	8	Control de calidad durante la fabricación	2	80	Reducir el margen del peso específico	Juan Lobo (31/08/2023)
	Pérdida de imagen	6	Producto terminado fuera de especificación	2	Inspección producto final	4	48	No aplica mejoras	N/A
	Sobrecosto	2	Reposición del producto terminado	3	No aplica	7	42	No aplica mejoras	N/A
Cambio rollo	Pérdida de material	2	Ajustes de máquina	8	Rutina Estándar	7	10	Socialización con operadores de rutina estándar	Vilson Trillos (31/08/2023)
	Pérdida de productividad	2	Paros planeados					Sumario de tamaño de bobina	Agustín Maestre / Carlos Cabeza (31/08/2023)
Bajo peso	Sobrecosto	4	Reproceso	4	No aplica	1	5	Ajuste de centerline y condiciones básicas para evitar fugas	Vilson Trillos (31/08/2023)
	Pérdida de material	3	Reproceso	4	No aplica	1	12		

Basados en el gráfico anterior, se implementaron las siguientes mejoras con el fin de reducir los desperdicios de barredura, retrabajo y laminado.

- Mejora en empaques volteador de totes:** Esta mejora consistió en Aumentar el tamaño del engranaje donde se une el tote y el volteador logrando que al quedar más juntas estas partes no se filtrara el granel (**Figura 25**).

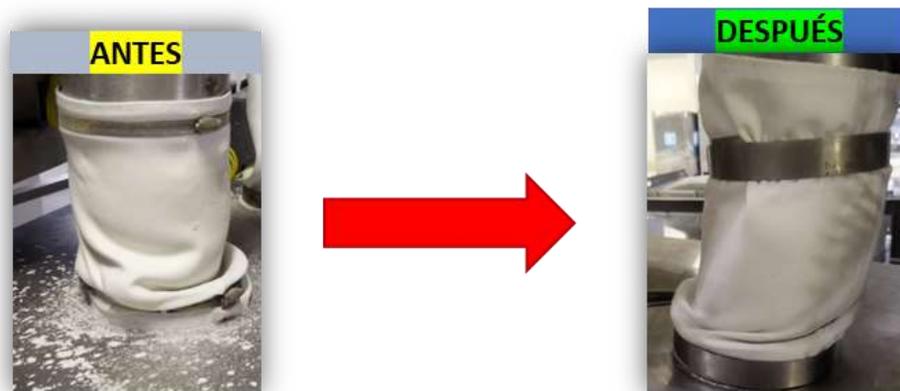
**Figura 25** Mejora implementada en tote



*Nota. Material fotográfico Fuente: Dairy Partners Americas-Nestlé*

- **Mejora y cambio de mangas:** Esta mejora consistió en adaptar un soporte de silicona a la manga logrando un mejor ajuste entre el ducto y la manga para el llenado del tote (**Figura 26**).

**Figura 26** Mejora implementada en mangas



*Nota. Material fotográfico Fuente: Dairy Partners Americas-Nestlé*

- **Reciclaje de bolsas de retrabajo:** Con el reciclaje de la bolsa se logró reducir el desperdicio de material (

- **Figura 27).**

**Figura 27** Mejora implementada en material



*Nota. Material fotográfico Fuente: Dairy Partners Americas-Nestlé*

- **Refuerzo con operadores en principio de operación:** Se dictaron inducciones y se realizó una retroalimentación de los estándares de operación.
- **Ajuste en rangos de parámetros centerline:** Se ajustaron los parámetros en los cuales el llenado de los pouches es óptimo y hay menos posibilidad de fuga de granel.
- **Aumento en diámetro y peso de rollos:** Con esta mejora se logra que el cambio de la bobina sea menor y no se interrumpa el proceso por paros planeados en la línea y se reduce el desperdicio de laminado.

#### **4.5 Etapa de control.**

En esta etapa se implementan controles para mantener las mejoras implementadas a largo plazo y se realizan planes de estandarización. De acuerdo con las mejoras implementadas y en base a las causas identificadas se recomienda:

- Revisar y reforzar los estándares de rutina especialmente al realizar cambio de rollo en la máquina, esta se puede implementar trimestral para identificar falla de mano de obra futuras y crear LUP'S para comunicar al personal los hallazgos que surjan en cada revisión.
- Validación trimestral de los parámetros de centerline para realizar seguimiento y control de los ajustes realizados en la máquina para evitar fugas.
- Revisar y ajustar los márgenes del peso específico del granel de forma bimestral, de manera que puedan detectarse cambios que puedan alterar los ajustes de la maquina y del proceso.

## 5 Análisis

Basados en los resultados obtenidos, se pudo evidenciar que existe cierta diferencia en los datos recolectados versus los datos obtenidos en el histórico del año 2022, pues en el histórico la línea que mayor contribución tiene en los desperdicios es la línea Fabrima 6 con el 1,16% y en los datos recolectados la línea Fabrima 7 se tuvo el 62,82%, debido a que trabajó la mayoría de las veces en comparación de la línea Fabrima 6 lo que mostro una diferencia en el análisis de los datos en la implementación del ciclo DMAIC. Con lo anterior se realizarán verificaciones en las recetas y versiones de los productos con la finalidad de:

- Validar reducción de rangos en los Garvens, es decir evaluar la sobredosificación en los productos.
- Evaluar la configuración de consumo de materiales en las recetas para verificar que cada orden de producción este cumpliendo con el consumo previsto de material de cada receta.

Pese a que los datos recolectados no fueron significativos, se acordó con el equipo trabajar con estos debido a que el tiempo de ejecución no alcanzaba para alargar más la recolección de más datos. Además, la caída del volumen de producción es baja por caídas en ventas lo que influye en que las líneas no trabajen todos los días como se hacía anteriormente. Las mejoras aplicadas para la reducción de los desperdicios en estas líneas fueron:

- Mejora en empaques volteador de totes.
- Mejora y cambio de mangas.
- Reciclaje de bolsas de retrabajo.
- Refuerzo con operadores en principio de operación.
- Ajuste en rangos de parámetros centerline.
- Aumento en diámetro y peso de rollos.

Cada una de estas mejoras fueron explicadas en el capítulo anterior y se encuentra en evaluación la ejecución de ampliar el muestreo por lote a una mayor cantidad de bobina.



## 6 Conclusiones

- Se encontraron notorias diferencias en los resultados obtenidos de la muestra recolectada, en comparación con el histórico de datos del 2022. El estudio arrojó que la línea que mayor contribución tiene en los desperdicios es la línea Fabrima 7 con un 62,82% en contraste con el 1,12% que se obtuvo con la ficha del histórico de datos en la línea Fabrima 6, siendo esta la de mayor contribución. Resultado que se puede explicar, al comparar el tiempo de trabajo de ambas líneas, donde es evidente que se utilizó por más tiempo la línea Fabrima 7. Los desperdicios generados en las líneas Fabrima 6 y Fabrima 7 en la fábrica Dairy Partners Americas-Nestlé, se presentan debido a las causas relacionadas con fuga de granel, el cambio de rollo en la maquina y el bajo peso de los pouches, ocasionado los siguientes desperdicios: Retrabajo, Barredura y Laminado.
- En cada una de las fases del ciclo DMAIC se aplicaron diferentes herramientas de Lean Manufacturing, que permitieron identificar oportunidades de mejora, lo que posibilitó, entender el proceso desde diferentes perspectivas y aplicar las respectivas mejoras, con el propósito de ajustar los procedimientos y estándares, impactando positivamente las rutinas de operación en el corto o mediano plazo.
- Las mejoras implementadas en el desarrollo de este proyecto en las líneas Fabrima 6 y Fabrima 7 están relacionadas con: Reciclaje de bolsas de retrabajo, mejora en empaques del volteador de totes, mejora y cambio de mangas, aumento en diámetro y peso de rollos, refuerzo con operadores en principio de operación y ajuste en rangos de parámetros centerline. La implementación de estas mejoras en el proyecto generó un ahorro efectivo de \$50.827.939, para los meses de junio-julio en ambas líneas intervenidas, lo que significó, un 50% de ahorro por encima del resultado esperado (\$16.949.481,08 mensual), demostrando que el proyecto puede generar un ahorro mayor a los \$203.393.773, estimados a mayo del 2024. Estos resultados logrados son muy favorables para la sostenibilidad de la operación de la fábrica Dairy Partners Americas-Nestlé, pese a las limitaciones y barreras encontradas en el desarrollo del proyecto, por la resistencia al cambio de algunos operarios y el bajo volumen de producción de la fábrica por caídas en ventas.
- Se establecieron y ejecutaron jornadas de capacitación e inducción (Refuerzos) para los operarios en el principio de operación, con el objetivo de verificar y evaluar el nivel de

estandarización en la rutina de cada operario, encontrándose diferencias marcadas en las actividades ejecutadas por cada trabajador. Adicional, se socializó a cada operador el procedimiento del principio de operación de la rutina estándar, haciendo énfasis en la importancia de minimizar los tiempos y desperdicios en el proceso, y de esta forma impactar positivamente en la sostenibilidad de la operación de las líneas Fabrima 6 y Fabrima 7.

- Es pertinente que los operarios de las líneas F6 y F7 adquieran las competencias necesarias para la recolección y clasificación de los desperdicios generados en la operación, con miras a cuantificar el porcentaje de pérdidas en el ejercicio.

### **7 Recomendaciones**

- Es necesario que en la fábrica Dairy Partners Americas-Nestlé se establezcan controles para cuantificar de forma eficiente los desperdicios generados en las líneas Fabrima 6 y Fabrima 7 lo que podría ayudar a tener una operación sostenible y más limpia.
- Se recomienda que se sigan desarrollando estrategias que permitan recolectar información estadística que facilite el análisis y la toma de decisiones para la identificación y establecimiento de mejoras en el proceso productivo de llenaje y embalaje de producto a mayo de 2024.

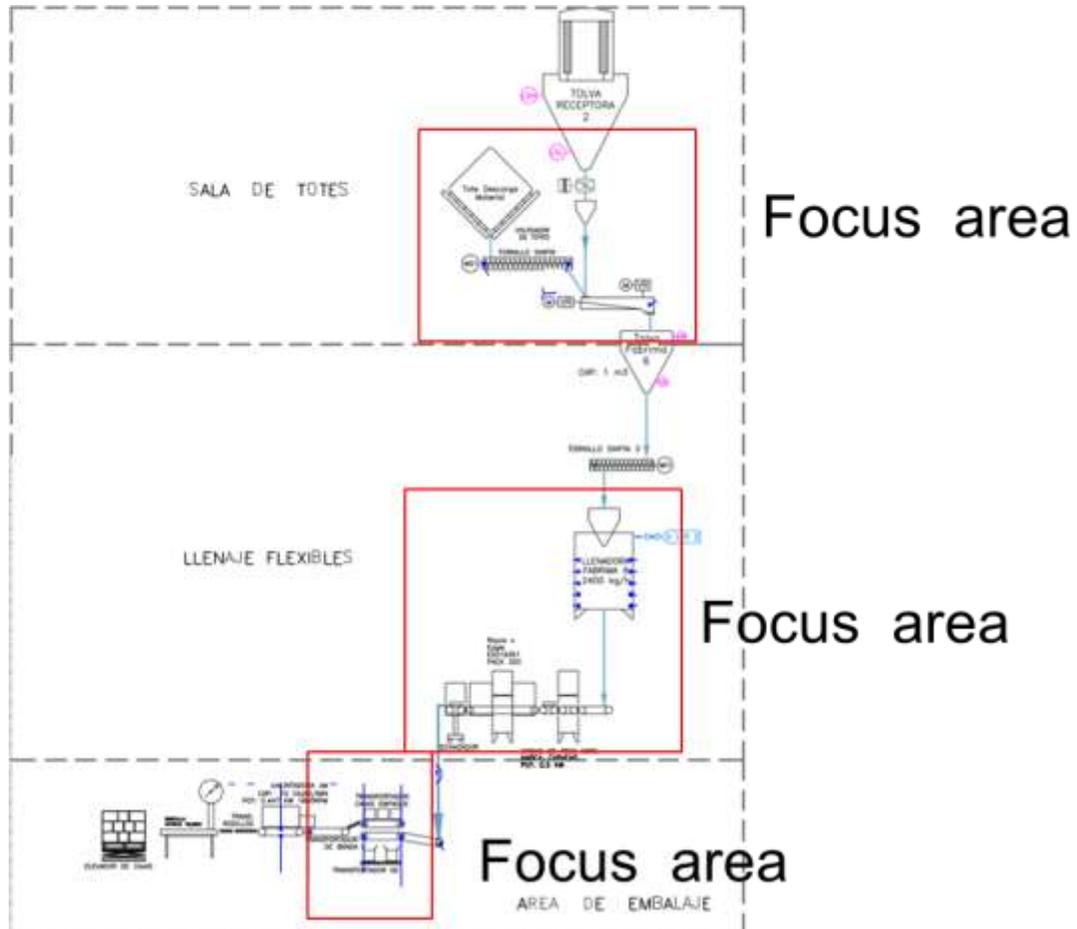
### Referencias

- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*.  
<https://www.researchgate.net/publication/313931573>
- Lugo, F. J. F. (2015). Aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en un proceso de producción de concreto. *Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*, IV(15), 7–24.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215047546002>
- Rodrigo Oltra M. D. L. Á., & Gisbert Soler V. (2016). Qué Es Seis Sigma, Barreras Y Claves De Funcionamiento En Las Pymes. *3C Tecnología\_Glosas de Innovación Aplicadas a La Pyme*, 5(1), 13–24. <https://doi.org/10.17993/3ctecno.2016.v5n1e17.13-24>
- Vidal, B. P., Soler, V. G., & Molina, A. I. P. (n.d.). *Metodología Six Sigma. Comparación entre ciclo PDCA y DMAIC*. In *Cuadernos de investigación aplicada*.

**Anexos**

**Anexo 1**

*Diagrama de áreas involucradas*



*Nota.* Fuente: Dairy Partners Americas-Nestlé.

## Anexo 2

*Material fotográfico: Tote de almacenamiento*



### Anexo 3

*Material fotográfico: Volteador de tote*

