



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

**“Reducción del tiempo promedio por orden de producción en  
una fábrica de productos químicos de limpieza mediante la  
implementación de la metodología DMAIC”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:**

**MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS**

**Presentado por:**

**Marlon Alexander Urquizo Contreras**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2025**

## DEDICATORIA

A mi padre, quien con su esfuerzo, dedicación y amor incondicional ha sido mi mayor apoyo a lo largo de este camino. Gracias por brindarme la oportunidad de estudiar, por tu respaldo inquebrantable y por impulsarme siempre a dar lo mejor de mí. Tu confianza en mis capacidades y tu constante aliento han sido fundamentales para alcanzar esta meta. Este logro también es tuyo.

A mi amor, por ser mi apoyo incondicional en este camino, por comprender cada noche de estudio y cada fin de semana dedicado a mis proyectos. Gracias por asumir tantas responsabilidades para que nada faltara en casa y para que yo pudiera concentrarme en alcanzar esta meta. Tu paciencia, amor y compañía han sido clave en este logro, y no hay palabras suficientes para expresar cuánto valoro todo lo que has hecho por mí.

A mi amada hija, mi mayor inspiración y el motor que guía cada uno de mis pasos. Desde que llegaste a mi vida, todo tiene un propósito más grande, y cada esfuerzo, cada sacrificio y cada logro están dedicados a ti. No hay decisión que tome sin pensar en tu bienestar, y todo lo que he construido es para darte un futuro mejor. Eres mi mayor motivación y la razón por la que siempre busco superarme.

Aunque nuestros caminos hayan tomado rumbos distintos, siempre llevaré conmigo tu apoyo incondicional y el aliento que me brindó en este recorrido. Tu presencia, aún en la distancia, fue un faro de motivación en momentos clave, y por ello, siempre te guardaré gratitud, respeto y amor. Que pudimos y, aunque no fuimos, siempre seremos.

## TRIBUNAL DE TITULACIÓN

---

**María Retamales G., M.Sc.**

Profesora de Materia

---

**María López S., M.Sc.**

Tutora de proyecto

## DECLARACIÓN EXPRESA

Yo Marlon Alexander Urquizo Contreras acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 5 de marzo del 2025.

## RESUMEN

El presente proyecto se enfocó en la reducción del tiempo promedio necesario para completar una orden de producción en una fábrica de insumos químicos para limpieza ubicada en Ambato. Para ello, se aplicó la metodología DMAIC, un enfoque estructurado dentro del marco Six Sigma que consta de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (Define, Measure, Analyze, Improve, Control por sus siglas en inglés).

El problema central identificado fue el elevado tiempo promedio por orden de producción, estimado en 126.6 minutos, lo que generaba acumulación de pedidos, retrasos en las entregas y una baja eficacia operativa. Esta situación impactaba negativamente en el cumplimiento del plan semanal de producción, afectando la satisfacción del cliente y aumentando los costos operativos. Por ello, el objetivo del proyecto fue reducir estos tiempos para mejorar la productividad, garantizar entregas puntuales y optimizar los niveles de cumplimiento de la producción programada.

El desarrollo del proyecto se basó en el análisis de datos históricos y la recolección de nueva información, empleando diversas herramientas para la definición del problema. Durante la fase de medición, se implementó un plan de recolección de datos para evaluar la situación actual del proceso. En la fase de análisis, se identificaron las causas raíz del problema, lo que permitió diseñar soluciones efectivas. Todas las etapas fueron comunicadas a los niveles de gerencia para asegurar alineación y respaldo en la toma de decisiones.

Como resultado de la implementación de las mejoras propuestas, se logró reducir el tiempo promedio por orden de producción a 93.1 minutos, lo que representa una disminución del 26.4% en comparación con el valor inicial. Si bien no se alcanzó el límite objetivo de 90 minutos establecido por gerencia, se logró superar la meta del proyecto, que consistía en cerrar el GAP entre el promedio inicial y el benchmark gerencial en un 70% lo que representaba llegar a 101 minutos.

Este proyecto no solo permitió mejorar el proceso productivo, sino que también estableció una metodología de análisis de problemas dentro de la empresa, fomentando un enfoque basado en datos y decisiones estratégicas. Adicionalmente, se implementaron indicadores clave de rendimiento (KPIs) para monitorear y controlar la eficiencia operativa, asegurando la sostenibilidad de las mejoras alcanzadas y sentando las bases para futuras optimizaciones.

# ÍNDICE GENERAL

## CAPÍTULO 1

|                                           |   |
|-------------------------------------------|---|
| 1. ANTECEDENTES .....                     | 1 |
| 1.1. Descripción de la organización ..... | 1 |
| 1.2. Problema por resolver .....          | 1 |
| 1.3. Objetivos .....                      | 2 |
| 1.3.1. Objetivo general.....              | 2 |
| 1.3.2. Objetivos específicos .....        | 2 |
| 1.4. Descripción de la metodología .....  | 3 |

## CAPÍTULO 2

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 2. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA .....                            | 6  |
| 2.1. Definición .....                                            | 6  |
| 2.1.1. Justificación del benchmark.....                          | 6  |
| 2.1.2. SIPOC.....                                                | 7  |
| 2.1.3. Establecimiento del objetivo .....                        | 7  |
| 2.1.4. Impacto financiero .....                                  | 8  |
| 2.1.5. Project Charter.....                                      | 9  |
| 2.2. Medición .....                                              | 9  |
| 2.2.1. Diagrama OTIDA .....                                      | 9  |
| 2.2.2. Plan de recolección de datos.....                         | 10 |
| 2.2.3. Problema enfocado.....                                    | 11 |
| 2.2.4. Resultados de la estratificación .....                    | 11 |
| 2.2.5. Análisis de estabilidad para la Y primaria .....          | 16 |
| 2.2.6. Análisis de capacidad .....                               | 17 |
| 2.3. Análisis .....                                              | 19 |
| 2.3.1. Diagrama de causa raíz.....                               | 19 |
| 2.3.2. Matriz causa efecto.....                                  | 20 |
| 2.3.3. Análisis impacto esfuerzo de las causas potenciales ..... | 22 |
| 2.3.4. Plan de verificación de causas .....                      | 23 |
| 2.3.5. Herramienta 5 por qué.....                                | 26 |
| 2.4. Mejora.....                                                 | 27 |
| 2.4.1. Soluciones anidadas por causa raíz .....                  | 27 |
| 2.4.2. Plan de acción 5W2H .....                                 | 29 |
| 2.4.3. Implementación para la solución C1.....                   | 30 |

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.4. Implementación de la solución A2 .....                              | 34 |
| 2.5. Control .....                                                         | 35 |
| 2.5.1. Plan de control y reacción.....                                     | 36 |
| <b>CAPÍTULO 3</b>                                                          |    |
| 3. RESULTADOS.....                                                         | 38 |
| 3.1. Análisis de los resultados de la solución C1.....                     | 38 |
| 3.2. Análisis de los resultados de la solución A2 .....                    | 39 |
| 3.3. Impacto de las mejoras en la Y primaria .....                         | 40 |
| 3.3.1. Antes vs Después .....                                              | 40 |
| 3.3.2. Análisis de capacidad de la Y primaria después de las mejoras ..... | 41 |
| 3.4. Análisis financiero.....                                              | 44 |
| <b>CAPÍTULO 4</b>                                                          |    |
| 4. Conclusiones y recomendaciones .....                                    | 45 |
| 4.1. Conclusiones .....                                                    | 45 |
| 4.2. Recomendaciones .....                                                 | 46 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                    |                                                                                                                                 |    |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.1</b>  | Tiempo de producción por orden (marzo 2024).....                                                                                | 2  |
| <b>Figura 2.1</b>  | Gráfica de caja de tamaños de lote (marzo 2024).....                                                                            | 6  |
| <b>Figura 2.2</b>  | SIPOC de la elaboración de una OP .....                                                                                         | 7  |
| <b>Figura 2.3</b>  | Project charter .....                                                                                                           | 9  |
| <b>Figura 2.4</b>  | Diagrama de OTIDA para la elaboración de una OP.....                                                                            | 10 |
| <b>Figura 2.5</b>  | Diagrama de Pareto de tiempos promedio en minutos de las actividades desarrolladas durante una OP .....                         | 11 |
| <b>Figura 2.6</b>  | Diagrama de caja para mezclado automático y manual .....                                                                        | 12 |
| <b>Figura 2.7</b>  | Diagrama de caja para lavado de canecas y tanques .....                                                                         | 13 |
| <b>Figura 2.8</b>  | Diagrama de Pareto para envasado por tipo de envase .....                                                                       | 15 |
| <b>Figura 2.9</b>  | Diagrama de caja para envasado según tipo de envase.....                                                                        | 15 |
| <b>Figura 2.10</b> | Gráfica de I-MR de tiempos de producción por orden.....                                                                         | 16 |
| <b>Figura 2.11</b> | Prueba de normalidad para la Y primaria .....                                                                                   | 17 |
| <b>Figura 2.12</b> | Gráfica de probabilidad para la Y primaria .....                                                                                | 18 |
| <b>Figura 2.13</b> | Análisis de capacidad de la Y primaria con modelo lognormal.....                                                                | 19 |
| <b>Figura 2.14</b> | Diagrama causa raíz para el problema enfocado .....                                                                             | 20 |
| <b>Figura 2.15</b> | Diagrama de Pareto para causas potenciales del problema enfocado ....                                                           | 21 |
| <b>Figura 2.16</b> | Diagrama esfuerzo impacto para la ubicación de las 3 causas potenciales .....                                                   | 23 |
| <b>Figura 2.17</b> | Diagrama de caja para etiquetado y envasado de 100 unidades con 1 y 2 operadores.....                                           | 25 |
| <b>Figura 2.18</b> | Diagrama de caja de envasado utilizando jarra con y sin medida.....                                                             | 26 |
| <b>Figura 2.19</b> | Diagrama de priorización para las soluciones propuestas por causa raíz                                                          | 29 |
| <b>Figura 2.20</b> | Número de OP agrupadas por rango de pesos en Kg(septiembre - octubre 2024).....                                                 | 31 |
| <b>Figura 2.21</b> | Número de OP agrupadas por rango de pesos (noviembre - diciembre 2024).....                                                     | 32 |
| <b>Figura 2.22</b> | Requerimientos por semana en Kg para noviembre y diciembre de 2023 vs 2024 .....                                                | 33 |
| <b>Figura 2.23</b> | Esquema de repartición de actividades entre 2 operadores .....                                                                  | 34 |
| <b>Figura 2.24</b> | Plan de reacción para la causa raíz 1 .....                                                                                     | 37 |
| <b>Figura 2.25</b> | Plan de reacción para la causa raíz 2 .....                                                                                     | 37 |
| <b>Figura 3.1</b>  | Desarrollo del KPI Cumplimiento de OP generadas semanalmente, evaluado desde noviembre 2024 hasta mediados de febrero 2025..... | 38 |
| <b>Figura 3.2</b>  | KPI de Cumplimiento de Kg solicitados semanalmente, evaluado desde noviembre hasta mediados de febrero de 2025 .....            | 39 |
| <b>Figura 3.3</b>  | Unidades producidas por día de la presentación de 250 ml entre diciembre y enero de 2025.....                                   | 40 |
| <b>Figura 3.4</b>  | Antes y después de los tiempos en minutos por OP entre diciembre 2024 y enero 2025.....                                         | 41 |
| <b>Figura 3.5</b>  | Prueba de normalidad para Y primaria después de las mejoras .....                                                               | 42 |
| <b>Figura 3.6</b>  | Análisis de capacidad para los datos de tiempo en minutos por OP después de las mejoras .....                                   | 43 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1</b> Plan de muestreo .....                                                                                             | 10 |
| <b>Tabla 2</b> Estadísticos descriptivos de mezclado automático y manual .....                                                    | 12 |
| <b>Tabla 3</b> Método para la hipótesis de t de dos medias .....                                                                  | 12 |
| <b>Tabla 4</b> Prueba de hipótesis para envasado automático y manual .....                                                        | 13 |
| <b>Tabla 5</b> Estadísticos descriptivos para lavado de canecas y tanques .....                                                   | 14 |
| <b>Tabla 6</b> Método para la hipótesis de t de dos medias .....                                                                  | 14 |
| <b>Tabla 7</b> Prueba de hipótesis para lavado de canecas y tanques .....                                                         | 14 |
| <b>Tabla 8</b> Tabla de prueba de bondad del ajuste .....                                                                         | 17 |
| <b>Tabla 9</b> Causas raíz analizadas con el código asignado para gráfica de Pareto .....                                         | 21 |
| <b>Tabla 10</b> Matriz de criterios para el análisis de esfuerzo impacto sobre las causas<br>potenciales.....                     | 22 |
| <b>Tabla 11</b> Plan de verificación de causas potenciales .....                                                                  | 23 |
| <b>Tabla 12</b> Estadísticos descriptivos para etiquetado y envasado con 1 y 2 operadores                                         | 24 |
| <b>Tabla 13</b> Método para prueba t de dos medias .....                                                                          | 24 |
| <b>Tabla 14</b> Prueba de hipótesis.....                                                                                          | 24 |
| <b>Tabla 15</b> Estadísticos descriptivos para envasado con y sin medida .....                                                    | 25 |
| <b>Tabla 16</b> Método para prueba de t de dos medias.....                                                                        | 25 |
| <b>Tabla 17</b> Hipótesis para prueba de envasado utilizando jarra con y sin medida .....                                         | 26 |
| <b>Tabla 18</b> Herramienta 5 por qué de las causas verificadas .....                                                             | 27 |
| <b>Tabla 19</b> Soluciones anidadas por causa raíz.....                                                                           | 28 |
| <b>Tabla 20</b> Matriz de prioridad para las soluciones propuestas .....                                                          | 28 |
| <b>Tabla 21</b> Plan de acción 5W2H para la solución C1 y A2 .....                                                                | 29 |
| <b>Tabla 22</b> Consumo del producto A y cantidad producida por mes en Kg .....                                                   | 31 |
| <b>Tabla 23</b> Cuadro de stocks mínimos y máximos .....                                                                          | 33 |
| <b>Tabla 24</b> Toma de tiempos por unidad envasada de 250 ml con 2 operadores .....                                              | 34 |
| <b>Tabla 25</b> Evaluación de KPI durante los días que en los que se trabajó con la<br>presentación de 250 ml durante enero ..... | 35 |
| <b>Tabla 26</b> Ideas de control anidadas por causa raíz.....                                                                     | 35 |
| <b>Tabla 27</b> Plan de control por cada causa raíz .....                                                                         | 36 |
| <b>Tabla 28</b> Identificación de la distribución para los datos de tiempos en minutos por OP<br>después de las mejoras.....      | 42 |
| <b>Tabla 29</b> Costos expresados en porcentaje .....                                                                             | 44 |
| <b>Tabla 30</b> Flujo de caja de 1 año del proyecto.....                                                                          | 44 |

## ABREVIATURAS

|       |                                                           |
|-------|-----------------------------------------------------------|
| DMAIC | Define, Measure, Analyze, Improve, Control                |
| MP    | Materia prima                                             |
| OP    | Orden de producción                                       |
| OTIDA | Operación, transporte, inspección, demora, almacenamiento |
| SIPOC | Suppliers, input, process, output, costumers              |
| 5W2H  | What, why, who, where, when, how, how much                |

## SIMBOLOGÍA

|    |            |
|----|------------|
| Kg | Kilogramo  |
| mL | Mililitros |

# CAPÍTULO 1

## 1. ANTECEDENTES

### 1.1. Descripción de la organización

El presente proyecto se realizó en una empresa dedicada a la fabricación de productos químicos de limpieza e industriales, ubicada en Ambato, Tungurahua, con más de 20 años de trayectoria en el mercado. La empresa cuenta con un portafolio de más de 100 productos, de los cuales aproximadamente 23 representan el 80% de sus ventas. Las operaciones se centran en el manejo de una bodega de producto terminado, la cual es abastecida semanalmente por la planta de producción. Las requisiciones incluyen tanto el reabastecimiento de inventarios como la atención de pedidos emergentes de productos de baja rotación, para los cuales no se mantiene inventario.

En la planta de producción laboran tres operadores encargados de todas las actividades relacionadas con la ejecución de las órdenes de producción, bajo la supervisión del jefe de producción, quien se encarga de planificar y programar el trabajo semanalmente. La planta presenta un requerimiento promedio de 10 toneladas de productos por semana, aunque solo logra completar entre el 70% y 80% de ese volumen, lo que genera retrasos y acumulación de órdenes de una semana a otra.

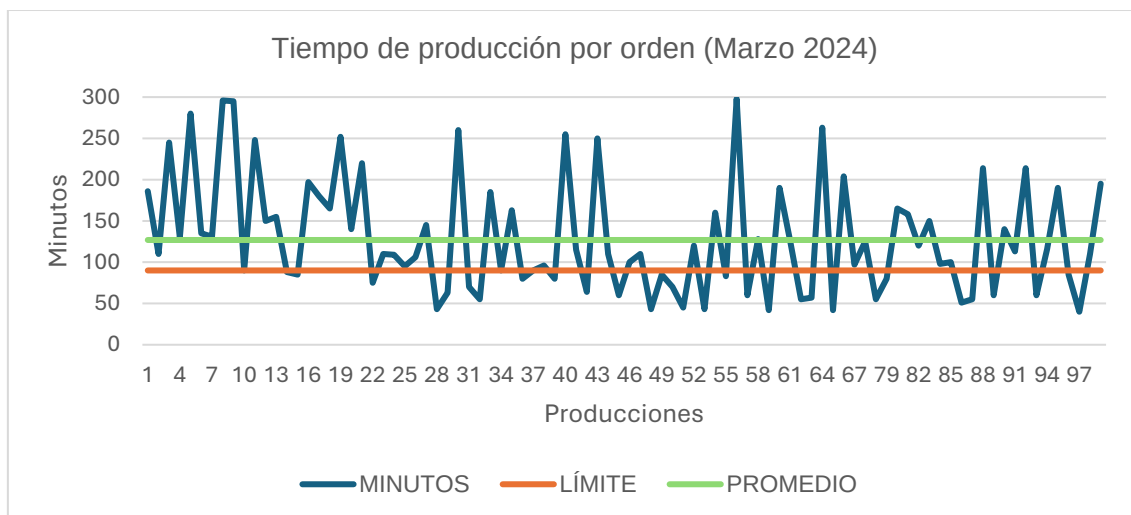
El proceso de fabricación sigue cuatro etapas principales: pesaje de materias primas, mezclado, lavado de envases, y envasado de productos. Si bien el equipo, el método de mezclado y el proceso de envasado varían según el tipo de producto, estas cuatro etapas estructuran el flujo diario de producción. Se ha identificado que algunas de estas fases generan tiempos improductivos que prolongan los ciclos de producción y causan los mencionados retrasos.

### 1.2. Problema por resolver

Gracias a que la información de las producciones realizadas se almacena, es posible determinar que el tiempo promedio por cada orden de producción con el que la planta viene trabajando es de 126,6 minutos, ante lo cual gerencia pide que el tiempo máximo por orden sea de 90 minutos. Se ha definido este tiempo considerando varios factores, principalmente que las operaciones diarias asociadas a la realización de una orden de producción no representan una labor compleja que pueda conllevar mucho tiempo.

Además, la gerencia ha indicado que espera un mejor tiempo de respuesta, ya que existen pedidos que son ingresados diariamente y se desea mantener un buen tiempo de respuesta, es decir, que la planta sea capaz de entregar el pedido el mismo día. Por otro lado, al reducir el tiempo de producción se espera el reconocimiento de los cuellos de botella del proceso y poder abordarlos proponiendo soluciones para optimizarlos.

A continuación, en la Figura 1.1 se muestra el comportamiento de los tiempos por orden de 99 producciones evaluadas en minutos, se ve adicionalmente el tiempo promedio de 126,6 minutos y el benchmark de 90 minutos solicitado por gerencia.



**Figura 1.1** Tiempo de producción por orden (marzo 2024)

Fuente: Autor

En la Figura 1.1 se observan varios picos por sobre 250 minutos, los cuales son motivo de estudio y análisis.

El problema se define de la siguiente manera: Desde enero de 2024, la planta de producción presenta tiempos de ejecución elevados por cada orden de producción, con un promedio de 126,6 minutos por orden. Esto supera significativamente el estándar establecido por la gerencia, que ha fijado un límite máximo de 90 minutos por orden, en promedio. Estos tiempos excesivos afectan la capacidad de la planta para cumplir con la demanda semanal y provocan acumulación de órdenes, generando retrasos en la entrega.

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo general

Reducir el tiempo promedio por orden de producción mediante la implementación de la metodología DMAIC de 126.6 a 100.9 minutos, garantizando el cumplimiento de los volúmenes de producción semanales establecidos por la empresa.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

Por otro lado, se establecen los siguientes objetivos específicos, con el fin de complementar la realización de este proyecto mediante un análisis más profundo y la utilización de herramientas clave en el desarrollo de un proyecto de mejora.

- Analizar y medir los tiempos del proceso, identificando cuellos de botella y las ineficiencias mediante el uso de herramientas estadísticas y la recolección de datos detallados.
- Implementar las soluciones identificadas para optimizar las etapas críticas del proceso de envasado, asegurando una distribución eficiente de los recursos, y establecer un plan de control con indicadores de rendimiento clave para monitorear la estabilidad y sostenibilidad de las mejoras implementadas.

- Verificar el impacto de las mejoras implementadas mediante la comparación de los resultados obtenidos con los objetivos establecidos, asegurando la sostenibilidad de las mejoras a largo plazo.

#### **1.4. Descripción de la metodología**

En la búsqueda de la mejora de un proceso, producto o servicio se utiliza la metodología DMAIC, la cual provee un marco muy útil al convertir el proceso en un proyecto compuesto por varias fases, además de proveer herramientas útiles para entender y abordar un proyecto de mejora (Pyzdek y Keller, 2018). DMAIC es la metodología de desarrollo de proyectos de nivel seis sigmas (Gutiérrez, 2020).

El proyecto se desarrolló mediante la metodología DMAIC, que consta de cinco etapas: definir, medir, analizar, mejorar (improve en inglés) y controlar, las herramientas usadas en este proyecto forman parte de las más utilizadas por compañías alrededor del mundo, estas herramientas ofrecen una representación visual importante además de su facilidad de uso (Uluska, 2016).

Como Feijóo (2021) concluye en su tesis, la implementación de un proyecto de mejora basado en la metodología DMAIC sobre un proceso que no ha sido evaluado permite controlar el proceso y generar una mejora significativa, obteniendo un beneficio para la organización.

En otro caso de estudio, González (2021) concluye en su estudio que la implementación de herramientas DMAIC permiten analizar y encontrar las causas raíz de un problema estudiado y atacarlas, logrando resultados positivos.

A continuación, se desarrolla cada una de las etapas y los entregables respectivos:

##### **Definir**

El proyecto debe responder las preguntas: qué, dónde, qué tanto, desde cuándo y cómo lo sé (Pyzdek y Keller, 2018), estas preguntas se responden con base a los datos históricos que la empresa posee, gracias al sistema informático donde se puede encontrar datos de producciones de todo el año en curso, además de la visualización directa GEMBA del flujo de producción, con esta información se desarrolla la herramienta que ayuda a la identificación de los procesos, entradas y salidas además de los proveedores y clientes del proceso, SIPOC (supplier, input, process, output, customer) (George, 2002).

##### **Medir**

En esta etapa se recolectan los datos del proceso (Garza, González, Rodríguez, y Hernández, 2016), además se usan herramientas para interpretar los datos encontrados.

En esta etapa se busca reconocer las etapas clave envueltas en el desarrollo de una orden de producción, y en las cuales se pueden identificar factores de estratificación, demostrando las variaciones que el proceso pueda tener y recopilando toda la información correspondiente. Con la ayuda de un diagrama de Pareto se podrá determinar el problema enfocado. En este apartado se buscará demostrar toda la información y conclusiones generadas mediante el uso de herramientas estadísticas.

Con el problema enfocado, debidamente justificado se establece el objetivo Smart ya que responde a cinco características para validar su pertinencia, estas son: específico, medible, asignable, realista y temporalmente definido (Steffens y Cadiat, 2016).

Utilizando un software estadístico, se determina si el proceso se encuentra bajo control estadístico. Además, se determina si el proceso es capaz de cumplir con los requerimientos o límites establecidos.

## **Analizar**

En este apartado se busca identificar la causa raíz, entendiendo cómo se genera el problema, es decir, entender cómo y por qué se da el problema, buscando la causa o causas más profundas y confirmarlas de manera adecuada con datos (Gutiérrez, 2020).

Con el fin de identificar, organizar y visualizar las posibles causas del problema se utiliza el diagrama de Ishikawa. Para cuantificar la relación entre las posibles causas y sus efectos se usa la herramienta matriz causa-efecto, con esto se puede ponderar las posibles causas y determinar las que mayor impacto tengan sobre el problema.

Luego, se planifica el proceso de verificación de las causas con mayor ponderación obtenidas de la matriz causa efecto, mediante el uso de herramientas estadísticas para demostrar si tienen impacto sobre la variable principal del proyecto, además de Gemba. Finalmente, con la herramienta 5 por qué se busca profundizar en el análisis, preguntando por qué ocurre la causa, realizando este proceso en alrededor de cinco repeticiones o hasta obtener la respuesta que se necesita para determinar la verdadera causa raíz del problema (Gutiérrez, 2020).

## **Mejora**

El propósito de la mejora es implementar el nuevo sistema, priorizando las ideas que se plantearán según las causas encontradas. Estas mejoras podrán ser evaluadas posterior a su implementación para medir su impacto (Pyzdek y Keller, 2018).

Mediante una reunión con las gerencias y el personal involucrado con las causas raíz que se hayan determinado en la fase de análisis, aquí se determinarán la o las mejores opciones de implementación mediante una matriz de prioridad. Para poner en acción las propuestas analizadas y aprobadas en la reunión, se implementará la herramienta 5W2H, que busca responder las preguntas: qué, por qué, dónde, cuándo, quién, cómo y cuánto, con el fin de determinar quién y cómo se realizarán las propuestas además de dar un seguimiento de fechas límites y evaluar el cumplimiento de las medidas tomadas.

Se debe validar estadísticamente que el nuevo proceso cumple con el objetivo establecido, comparando los estados antes y después con los cuales se podrá determinar el éxito de la implementación (Pyzdek y Keller, 2018).

## **Control**

Una vez comprobadas las acciones de mejora, será necesario implementar acciones de control mediante la estandarización del proceso, documentación del plan de control y monitoreo del proceso (Gutiérrez, 2020). Con el fin de controlar las causas raíz determinadas previamente, será necesario implementar controles específicos, de igual manera se programará una reunión con las partes involucradas para determinar las medidas a tomar.

Para garantizar que los cambios implementados sigan dando resultados a lo largo del tiempo, se definirá los indicadores claves de desempeño pertinentes para medir la

eficacia del nuevo proceso, será importante identificar variaciones en los tiempos, realizar un plan de reacción ante puntos fuera de especificación, de tal manera que la variable de respuesta retome su comportamiento aceptable.



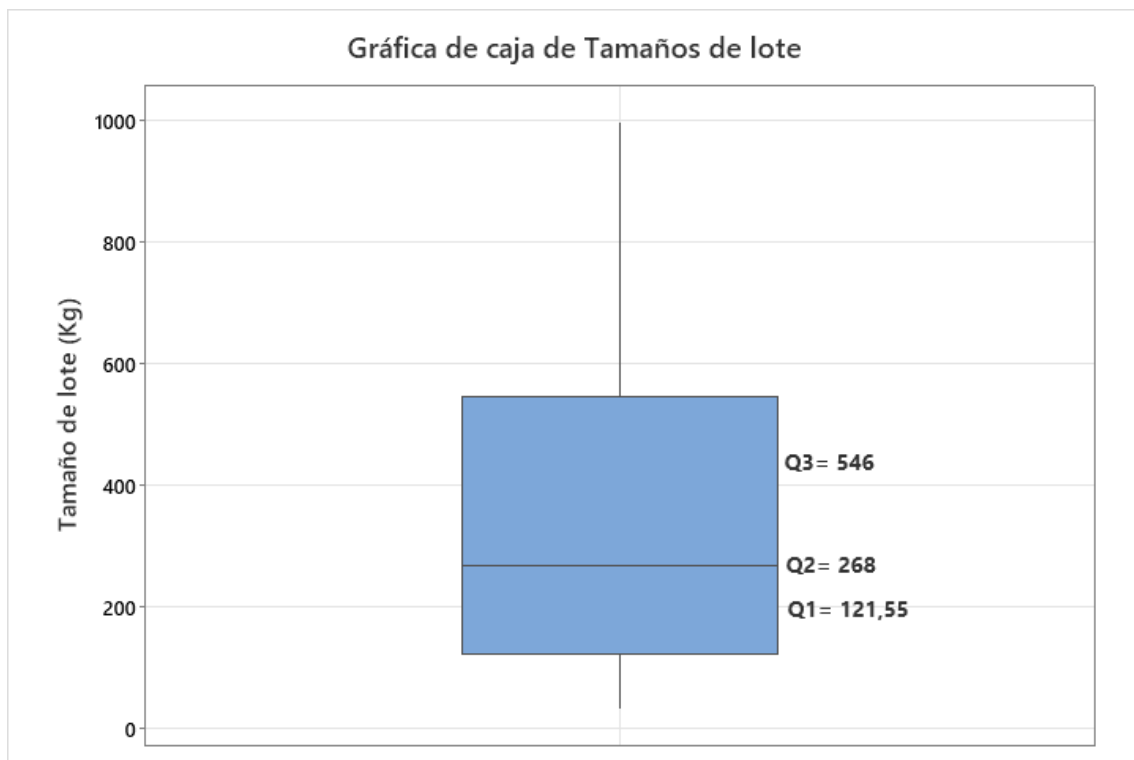
## CAPÍTULO 2

### 2. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

#### 2.1. Definición

##### 2.1.1. Justificación del benchmark

Partiendo de la declaración del problema expuesta en el capítulo uno, que plantea la necesidad de reducir el tiempo promedio de una orden de producción de 126.6 minutos al benchmark establecido por gerencia de 90 minutos, se realizó un análisis preliminar para justificar la factibilidad de este objetivo. Este análisis consideró el tamaño promedio de las órdenes de producción y su impacto en los tiempos de procesamiento. Se recopiló un histórico de órdenes de producción (OP) realizadas desde enero de 2024, utilizando estos datos para construir una gráfica de caja que permite visualizar la dispersión y tendencias de los tiempos actuales. Dicha gráfica se presenta a continuación en la figura 2.1.



**Figura 2.1** Gráfica de caja de tamaños de lote (marzo 2024)

Fuente: Autor

Para este análisis de homogeneidad se excluyeron datos atípicos de producciones menores a 30 Kg que corresponden principalmente a pruebas piloto de productos desarrollados por el departamento de investigación y desarrollo que busca comparar los resultados generados en laboratorio y también las producciones mayores a 1000 Kg que

corresponden a pedidos muy específicos de clientes que generalmente no guardan periodicidad.

Por otro lado, se sabe que las producciones que superan los 600 Kg generalmente son envasadas en la presentación de tanques de 200 Kg, que reducen significativamente el tiempo de envasado, haciendo alcanzable sin dificultad el tiempo de 90 minutos. La planta productiva cuenta con maquinaria para los diferentes tamaños de lote, específicamente se cuenta con 2 máquinas de 600 Kg, 1 de 300 Kg y 2 mezcladoras de 200 Kg cada una.

Con una muestra de 80 datos, los diferentes tamaños de lote se ubican distribuidos entre el primer cuartil de 121 Kg y el tercero de 546 Kg, por lo que, considerando los puntos expuestos previamente, se concluye que es factible realizar una OP en el tiempo establecido.

### 2.1.2. SIPOC

Para entender el proceso de elaboración de una OP de mejor manera se realizó un diagrama SIPOC, como se muestra en la figura 2.2, que incluye los proveedores, las entradas físicas, las diferentes etapas, las salidas y los clientes del proceso.

| S                   | SUPPLIERS                | I                     | INPUT                | P       | PROCESS                                           | O      | OUTPUT                                        | C       | CUSTOMER                     |
|---------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|---------|---------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------|---------|------------------------------|
| TÍTULO DEL PROCESO: |                          | Elaboración de una OP |                      |         |                                                   |        |                                               |         |                              |
| PROVEEDORES         |                          | ENTRADA               |                      | PROCESO |                                                   | SALIDA |                                               | CLIENTE |                              |
| 1                   | Supervisor de producción | 1                     | Orde de producción   | 1       | Pesaje de materia prima                           | 1      | Producto terminado                            | 1       | Bodega de producto terminado |
| 2                   | Bodega de materia prima  | 2                     | Materias primas      | 2       | Carga de MP a mezcladora                          | 2      | Reprocesos                                    | 2       | Control de calidad           |
|                     |                          | 3                     | Envases nuevos       | 3       | Mezclado                                          | 3      | Materias primas                               | 3       | Supervisor de producción     |
|                     |                          | 4                     | Maquinaria de mezcla | 4       | Lavado de envases                                 | 4      | Muestras de producto para análisis de calidad | 4       | Contabilidad                 |
|                     |                          | 5                     | Envases usados       | 5       | Envasado                                          | 5      | Orden de producción llena                     | 5       | Cliente                      |
|                     |                          |                       |                      | 6       | Movimiento de producto terminado a zona designada |        |                                               | 6       | Departamento de compras      |

**Figura 2.2** SIPOC de la elaboración de una OP

Fuente: Autor

El levantamiento de esta información fue posible gracias a la apertura de los diferentes departamentos involucrados.

### 2.1.3. Establecimiento del objetivo

A pesar de que el benchmark es de 90 minutos, se entiende que reducir el tiempo promedio actual de 126,6 minutos a 90 minutos es un proceso complejo, ya que no se tiene información de las causas de este problema, por lo cual es necesario determinar un objetivo real, para lo cual se identificó la brecha (GAP) existente entre el desempeño actual del proceso y el objetivo deseado o benchmark establecido. Esta medición no solo cuantifica el nivel de mejora necesario, sino que también proporciona un punto de partida para enfocar los esfuerzos de mejora. Además, el análisis del GAP facilitó la

comunicación de la situación actual y los objetivos propuestos a todas las partes interesadas, fortaleciendo la alineación organizacional hacia el logro de las metas planteadas.

El GAP calculado es:

$$126.6 - 90 = 36.6 \text{ minutos}$$

Se pretende reducir esta diferencia en un 70%, por lo que el objetivo real se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Objetivo} = \text{Situación actual} - (\% \text{disminución} \times \text{GAP})$$

$$\text{Objetivo} = 126.6 - (0.7 \times 36.6) = 100.9 \text{ minutos}$$

Con el objetivo de 100.9 minutos el porcentaje de reducción del tiempo promedio actual es de:

$$\frac{\text{Situación act.} - \text{Objetivo}}{\text{Situación act.}} \times 100 = \frac{126.6 - 100.9}{126.6} \times 100 = 20.3\%$$

La reducción en un 20.3% mediante la mejora de las etapas críticas del proceso, así como la eliminación de ineficiencias y cuellos de botella permite cumplir con los volúmenes de producción semanales sin retrasos, garantizando una mayor productividad y reduciendo costos operativos.

#### **2.1.4. Impacto financiero**

Los costos de fabricación por kilogramo de producto se estiman en \$1, mientras que el precio de venta incrementa en un 50%, alcanzando \$1.50 por kilogramo, lo que genera una ganancia de \$0.50 por kilogramo vendido. Al reducir los tiempos de producción de 126.6 a 100.9 minutos, se liberarían 25.7 minutos por orden de producción. Este tiempo mejorado, junto con la asignación de tres operadores, permitiría completar una orden diaria, equivalente a cinco órdenes por semana.

Con un promedio de 450 Kg por orden de producción, se estima 2 250 Kg semanales y considerando 52 semanas laborales:

$$2\,250 \times 52 = 117\,000 \text{ kg anuales}$$

Este valor por la ganancia:

$$117\,000 \times 0.5 = \$58\,500 \text{ anuales}$$

La producción adicional de 2,250 kilogramos por semana resulta crítica, ya que actualmente la planta enfrenta incumplimientos en su plan semanal, que requiere 10,000 kilogramos. Actualmente, se producen entre 6,500 y 7,000 kilogramos, dejando un déficit significativo. Este incremento no solo justifica la mejora, sino que también aborda directamente los incumplimientos existentes en la capacidad de producción.

2.1.5. Project Charter

A continuación, se muestra el project charter, que es un documento de alto nivel donde destaca el objetivo del proyecto y otros factores clave que conducen a su iniciación, ya que formaliza la existencia del proyecto y empodera al líder del proyecto para asignar los recursos para lograr los objetivos establecidos (Martins, 2024).

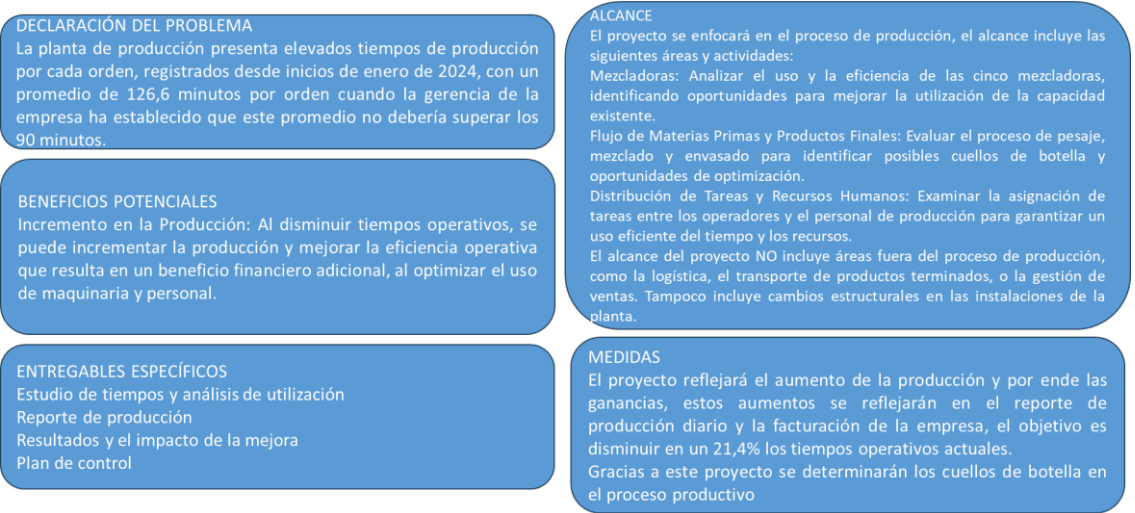


Figura 2.3 Project charter

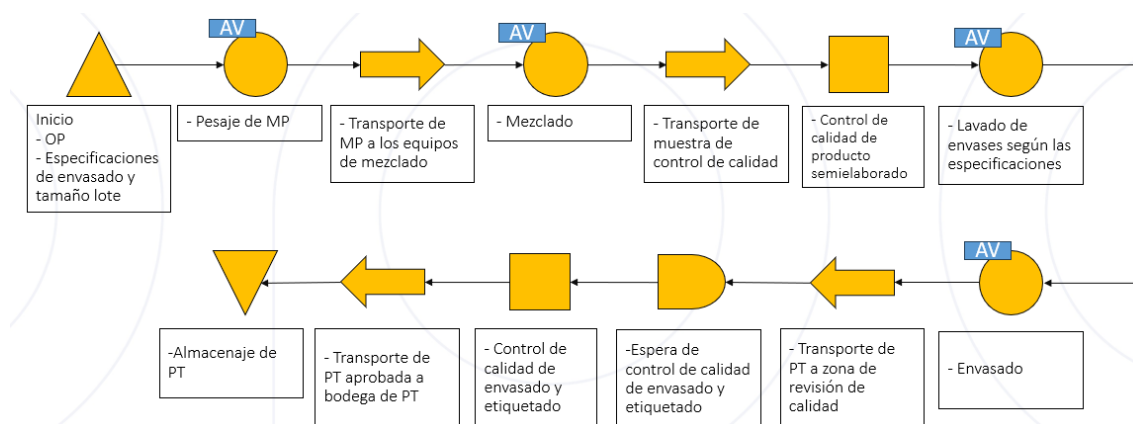
Fuente: Autor

2.2. Medición

2.2.1. Diagrama OTIDA

En este apartado se buscó como primer paso detallar las diferentes etapas en la elaboración de una OP, para lo cual se muestra el diagrama de OTIDA, que es una ejemplificación sencilla y fácil de entender (Reyes, 1978).

En la Figura 2.4 se presenta el diagrama OTIDA correspondiente a la elaboración de una OP. El objetivo de esta sección es identificar los procesos que generan valor, es decir, aquellos que constituyen los pilares fundamentales en la producción de una OP y cuya ausencia imposibilitaría la obtención del producto final.



**Figura 2.4** Diagrama de OTIDA para la elaboración de una OP

Fuente: Autor

Se identifica 4 procesos que agregan valor y que son el eje principal del desarrollo de una OP: pesaje de materia prima, mezclado, lavado de envases y envasado.

Existen varias operaciones que no agregan valor al producto, principalmente actividades de transporte que no son tomadas en cuenta para el análisis de tiempos de este proyecto, se tiene además operaciones de control de calidad que si bien son procesos que agregan valor, no están situadas en las operaciones productivas de la planta por lo que tampoco son tomadas en cuenta para el desarrollo de este proyecto.

### 2.2.2. Plan de recolección de datos

El plan de recolección de datos fue diseñado con el objetivo de obtener información precisa y representativa de las diferentes etapas del proceso de producción. Este plan incluyó la identificación de las variables clave a medir, su estratificación de ser el caso, el muestreo y cómo se registrará la información.

En la Tabla 1 se muestra el plan de recolección de datos.

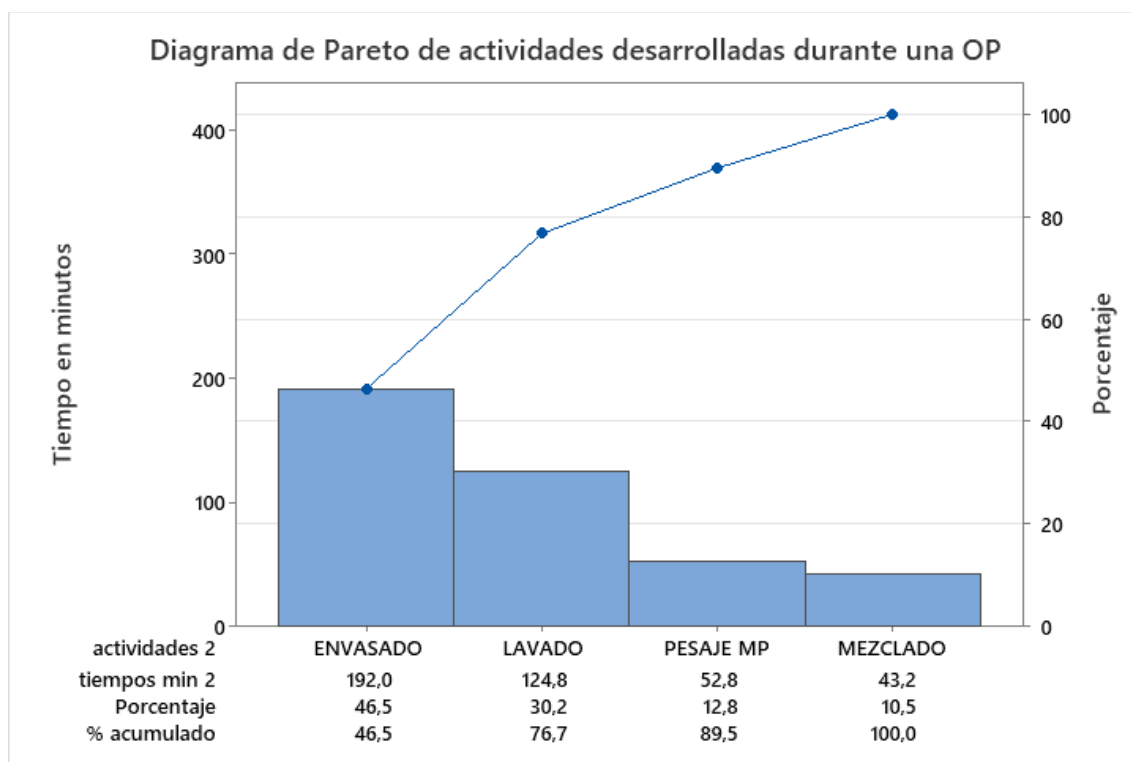
**Tabla 1** Plan de muestreo

| INFORMACIÓN                           |              | DEFINICIONES OPERACIONALES Y PROCEDIMIENTOS                                                  |                                                                 |                                                                                                                             |                                                                                                               |
|---------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Qué                                   | Tipo de dato | Cómo medimos                                                                                 | Factores de estratificación                                     | Muestreo                                                                                                                    | Cómo, dónde se registrará                                                                                     |
| Tiempo de pesaje de MP (minutos)      | Continuo     | Diario, se medirá el tiempo desde el inicio de la tarea hasta su finalización con cronómetro | Toda MP se controla de la misma manera                          | Se registrará toda la información, se cuenta con 3 operadores y no representa un problema levantar la información requerida | Se levantará toda la información de tiempos en una matriz creada específicamente para este proyecto (Anexo A) |
| Tiempo de mezclado (minutos)          | Continuo     |                                                                                              | Manual o con equipo                                             |                                                                                                                             |                                                                                                               |
| Tiempo de lavado de envases (minutos) | Continuo     |                                                                                              | Tipo de envase: caneca o tanque                                 |                                                                                                                             |                                                                                                               |
| Tiempo de envasado (minutos)          | Continuo     |                                                                                              | Envases de 250 ml, galones, canecas de 30 Kg, tanques de 200 Kg |                                                                                                                             |                                                                                                               |

Fuente: Autor

### 2.2.3. Problema enfocado

De los datos recolectados durante 1 mes, se ha identificado mediante un diagrama de Pareto los tiempos promedio utilizados en cada una de las 4 etapas principales establecidas.



**Figura 2.5** Diagrama de Pareto de tiempos promedio en minutos de las actividades desarrolladas durante una OP

Fuente: Autor

Se concluye que el proceso de envasado es el más elevado de todos con un promedio de 192 minutos por OP siendo este el 46,5% del total, aunque el proceso de lavado representa un 30,2% se estableció trabajar sobre el proceso de envasado para este proyecto por la variedad de enfoques que puede tener.

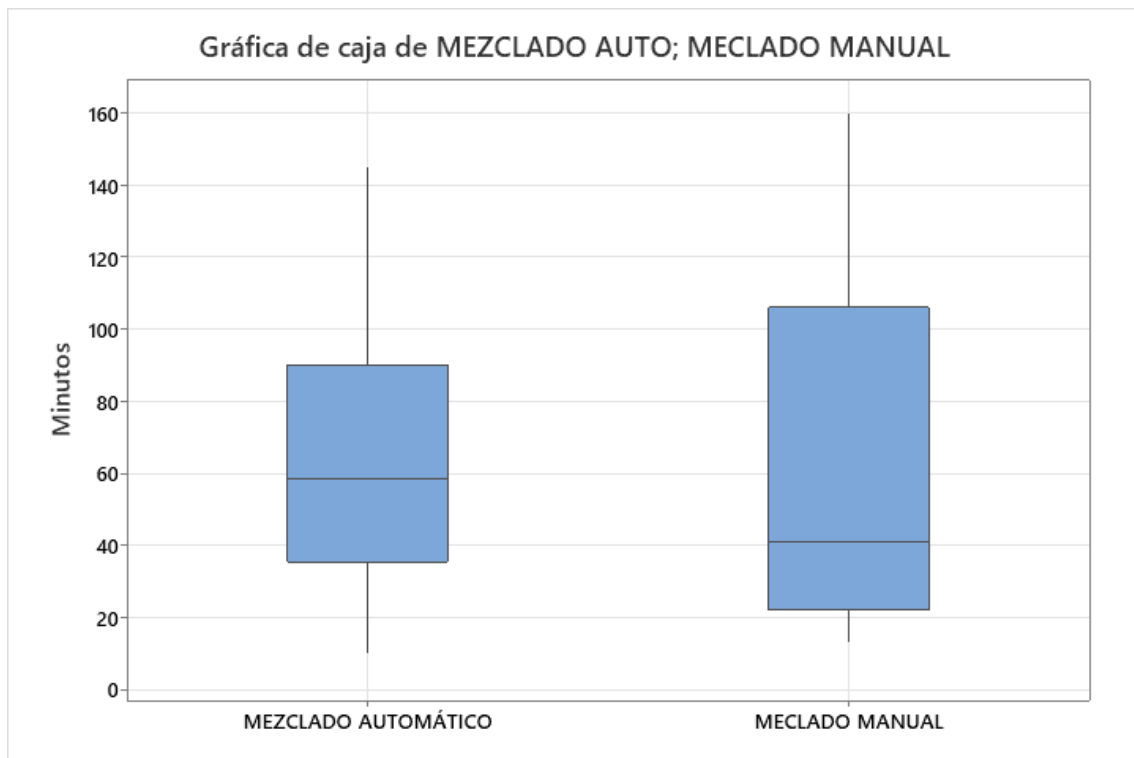
### 2.2.4. Resultados de la estratificación

En el plan de muestreo presentado en la Tabla 1, se explicaron los factores de estratificación considerados relevantes, bajo la suposición de que estos podrían influir en el comportamiento del proceso. A continuación, se revisarán los factores descritos para evaluar su relevancia en el manejo y análisis de la información del proceso.

- Mezclado manual o con equipo

Existen procesos en donde las mezclas se pueden realizar manualmente, principalmente porque la cantidad es muy pequeña como para trabajarla en una máquina, sin embargo, pasa por las 4 etapas principales de producción y es necesario evaluarlo.

En la figura 2.6 que es un diagrama de caja se ve el comportamiento de ambos procesos.



**Figura 2.6** Diagrama de caja para mezclado automático y manual

Fuente: Autor

Dado que en la gráfica ambas cajas se ven muy cercanas, se puede concluir que no existe una diferencia marcada entre ambos procesos, por lo que se implementó una prueba de hipótesis de t de 2 muestras mediante software estadístico para determinar si las medias son significativamente diferentes o no.

**Tabla 2** Estadísticos descriptivos de mezclado automático y manual

| Variable            | N  | N* | Media | Desv.Est. | Mínimo | Q1    | Mediana | Q3    | Máximo |
|---------------------|----|----|-------|-----------|--------|-------|---------|-------|--------|
| Mezclado Automático | 20 | 5  | 64,25 | 35,23     | 10,00  | 35,50 | 58,50   | 90,00 | 145,00 |
| Mezclado Manual     | 20 | 0  | 60,5  | 48,7      | 13,0   | 22,0  | 41,0    | 106,0 | 160,0  |

Fuente: Autor

**Tabla 3** Método para la hipótesis de t de dos medias

| Método                      |                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| $\mu_1$ :                   | media de población de MEZCLADO AUTO  |
| $\mu_2$ :                   | media de población de MECLADO MANUAL |
| Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$ |                                      |

Fuente: Autor

**Tabla 4** Prueba de hipótesis para envasado automático y manual

| Prueba            |           |                             |
|-------------------|-----------|-----------------------------|
| Hipótesis nula    |           | $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$    |
| Hipótesis alterna |           | $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ |
| <b>Valor T</b>    | <b>GL</b> | <b>Valor p</b>              |
| 0,28              | 34        | 0,782                       |

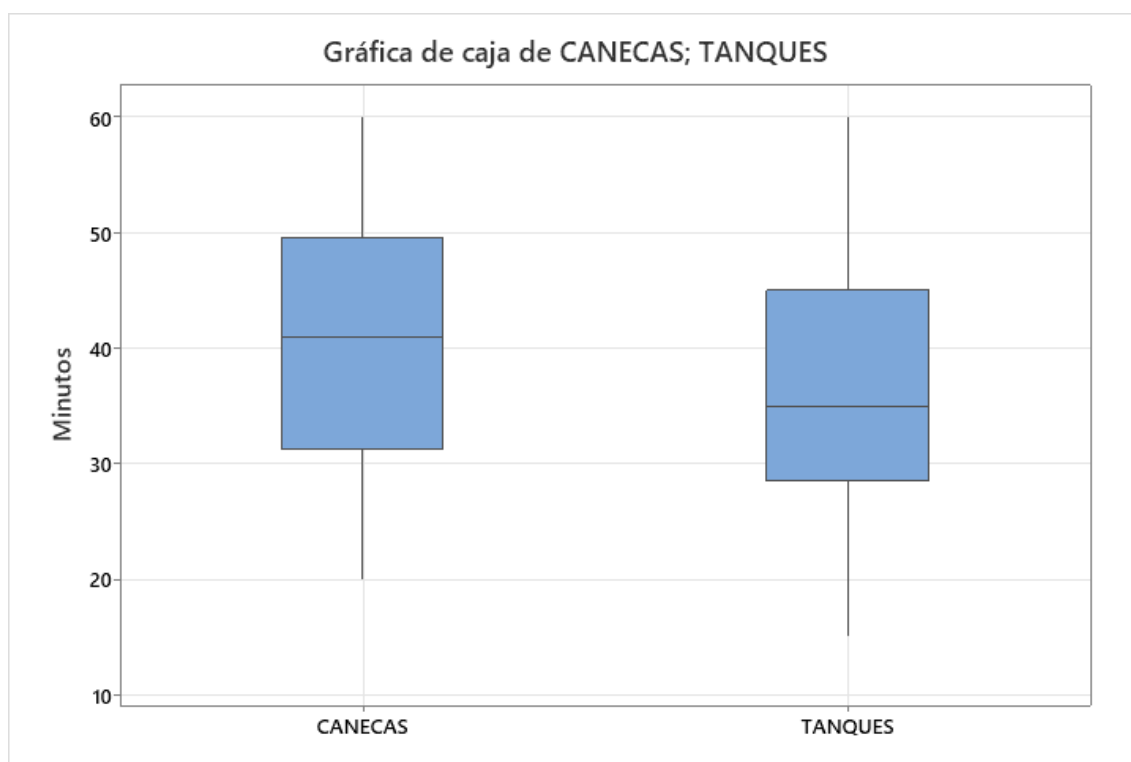
Fuente: Autor

Con un valor de  $p = 0,782$  se concluye que no existe suficiente evidencia estadística para concluir que las medias difieren con un nivel de significancia de 0,05. Con este resultado el factor de estratificación de mezclado con equipo y manual no se consideró para un posterior análisis.

- Lavado por tipo de envase

En este apartado se realizó el análisis de estratificación para dos tipos de envases en el proceso de lavado, canecas y tanques, bajo el supuesto de que al lavar envases más grandes el tiempo utilizado puede ser influyente.

De la misma manera que en el análisis de mezclado, se realizó un diagrama de caja y posteriormente una prueba de hipótesis para determinar la influencia de la estratificación propuesta.

**Figura 2.7** Diagrama de caja para lavado de canecas y tanques

Fuente: Autor

En la figura 2.7 se aprecia que ambas cajas se encuentran muy cercanas. A continuación, se presenta el análisis estadístico correspondiente.



**Tabla 5** Estadísticos descriptivos para lavado de canecas y tanques

| Variable | N  | N* | Media | Desv.Est. | Mínimo | Q1    | Mediana | Q3    | Máximo |
|----------|----|----|-------|-----------|--------|-------|---------|-------|--------|
| CANECAS  | 20 | 0  | 40,65 | 12,50     | 20,00  | 31,25 | 41,00   | 49,50 | 60,00  |
| TANQUES  | 20 | 0  | 36,95 | 12,99     | 15,00  | 28,50 | 35,00   | 45,00 | 60,00  |

Fuente: Autor

**Tabla 6** Método para la hipótesis de t de dos medias

| Método                      |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| $\mu_1$ :                   | media de población de CANECAS |
| $\mu_2$ :                   | media de población de TANQUES |
| Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$ |                               |

Fuente: Autor

**Tabla 7** Prueba de hipótesis para lavado de canecas y tanques

| Prueba            |                             |                |
|-------------------|-----------------------------|----------------|
| Hipótesis nula    | $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$    |                |
| Hipótesis alterna | $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ |                |
| <b>Valor T</b>    | <b>GL</b>                   | <b>Valor p</b> |
| 0,92              | 37                          | 0,365          |

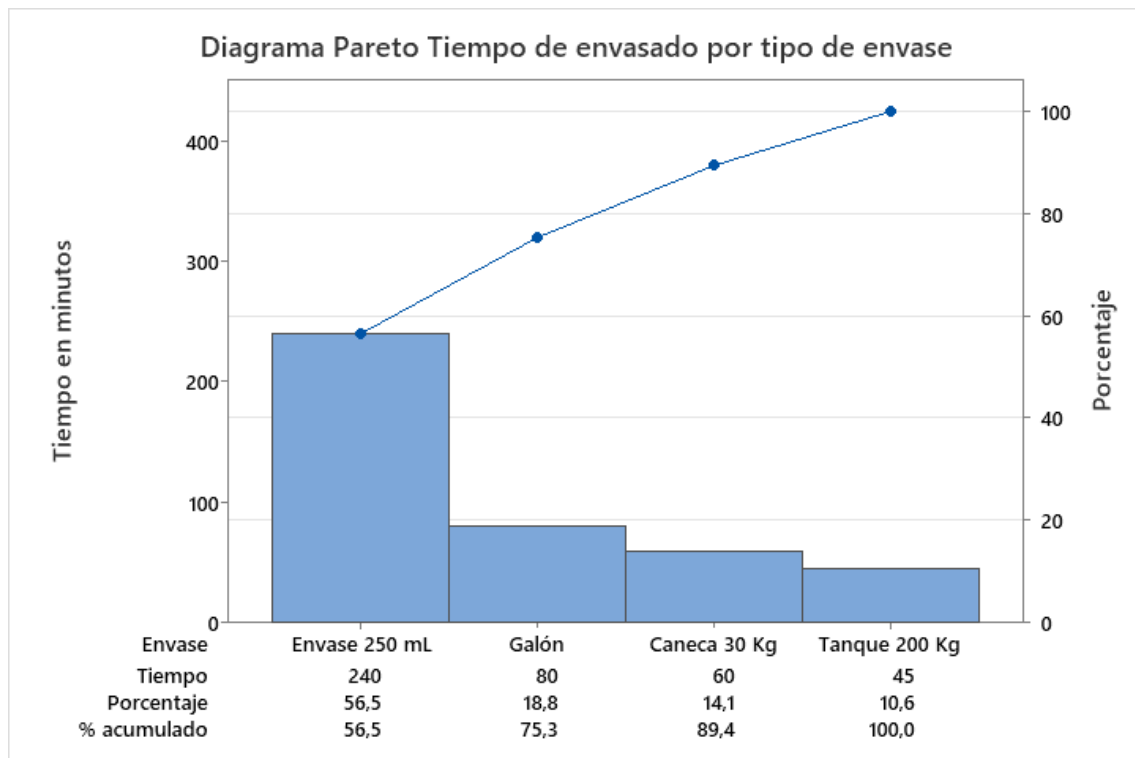
Fuente: Autor

Con una prueba t de dos muestras y con un valor de  $p = 0,365$  se concluye que no existe suficiente evidencia estadística para concluir que las medias difieren con un nivel de significancia de 0,05. Con este resultado, la estratificación de tipo de envases no fue considerado para un análisis posterior.

- Envasado por tipo de envase

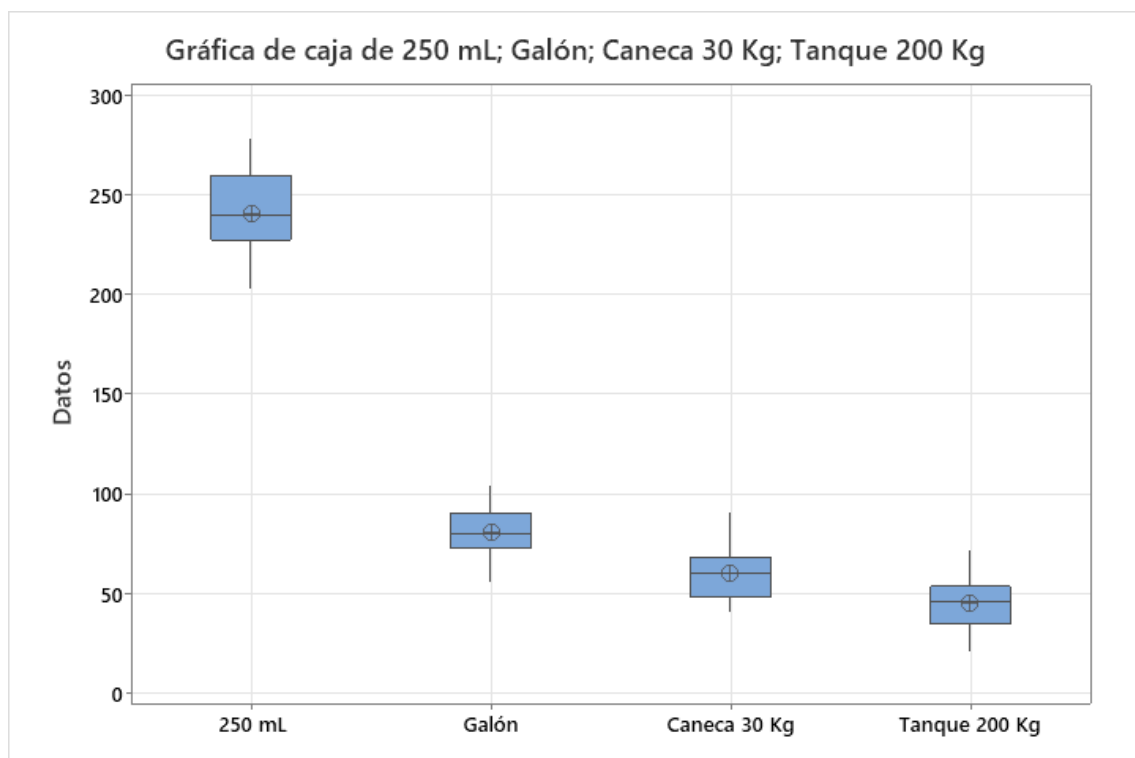
La empresa presenta una variedad de tipos de envasados que incluyen: envases de 250 ml, galones, canecas de 30 Kg y tanques de 200 Kg.

La estratificación de envasado según el tipo de envase si es relevante, la variación se basa en la cantidad de envases según el requerimiento de producción y según el diagrama de Pareto, el proceso de envasado debe ser evaluado. Se muestra a continuación en la figura 2.8 un diagrama de Pareto sobre los tiempos de envasado por tipo de envase.



**Figura 2.8** Diagrama de Pareto para envasado por tipo de envase

Fuente: Autor



**Figura 2.9** Diagrama de caja para envasado según tipo de envase

Fuente: Autor

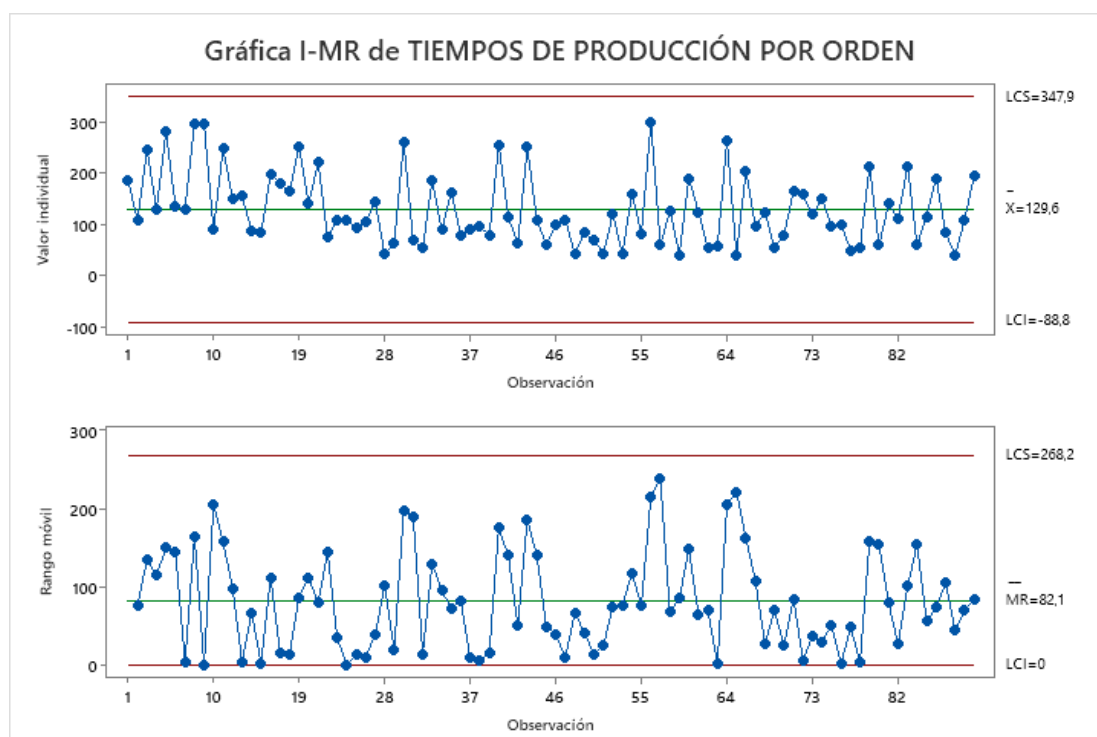
Con una media de 240 minutos para la presentación de 250 ml, se concluye que existe una diferencia notable con las presentaciones de galón, 30 y 200 Kg, cuyas medias no superan ni los 100 minutos.

Aunque los tiempos de envasado son altos, gracias a la estratificación realizada se concluye que el proceso de envasado y etiquetado de los envases de 250 ml representa el mayor tiempo, en promedio 240 minutos por orden, debido a sus requerimientos específicos. A diferencia de otros procesos, este implica procesos adicionales.

A la semana se envasan en promedio 700 botellas de 250 ml, representando un tiempo importante de procesamiento.

### 2.2.5. Análisis de estabilidad para la Y primaria

Se muestra la figura 2.10 de control que analiza la variabilidad para la Y primaria. Utilizando un software estadístico, se desarrolló una gráfica I-MR para datos individuales.



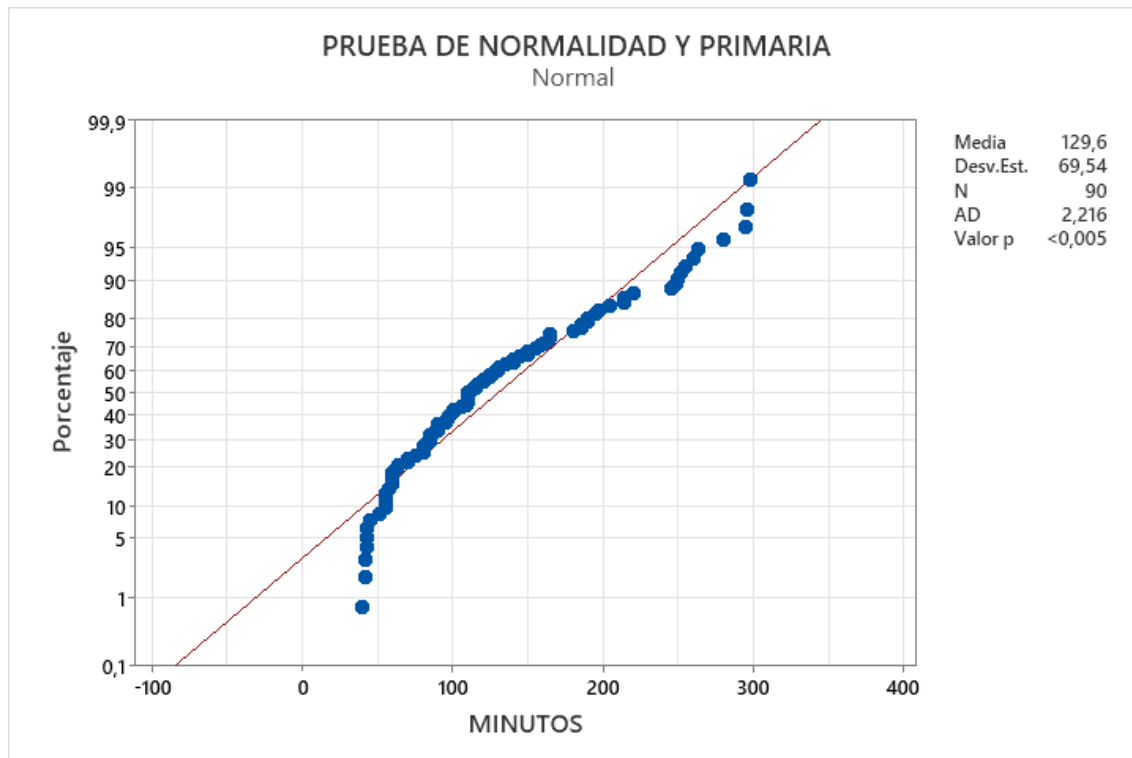
**Figura 2.10** Gráfica de I-MR de tiempos de producción por orden

Fuente: Autor

Todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control. Se concluye que el proceso se encuentra bajo control estadístico, es decir, su variación se debe a causas comunes.

### 2.2.6. Análisis de capacidad

Con la finalidad de determinar si el proceso es capaz o no de cumplir con las especificaciones de este, se desarrolló con la ayuda de un software estadístico el análisis de capacidad, para lo cual primero se identificó si la Y primaria cumplía con una distribución normal, mediante una prueba de normalidad se obtuvo la figura 2.11.



**Figura 2.11** Prueba de normalidad para la Y primaria

Fuente: Autor

Siendo  $H_0$  la hipótesis en la que se considera que los datos siguen una distribución normal y  $H_1$  la hipótesis donde los datos no siguen una distribución normal, Con un valor de  $p < 0,005$  se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_1$ , es decir, los datos no siguen una distribución normal.

En este caso, fue necesario determinar el tipo de distribución de los datos, por lo que se utilizó el software para determinarlo. De las múltiples gráficas, se escogió la siguiente como la mejor distribución para la gráfica.

**Tabla 8** Tabla de prueba de bondad del ajuste

| Distribución                | AD    | P      | LRT P |
|-----------------------------|-------|--------|-------|
| Normal                      | 2,216 | <0,005 |       |
| Transformación Box-Cox      | 0,451 | 0,269  |       |
| Lognormal                   | 0,451 | 0,269  |       |
| Lognormal de 3 parámetros   | 0,508 | *      | 0,560 |
| Exponencial                 | 9,341 | <0,003 |       |
| Exponencial de 2 parámetros | 1,302 | 0,045  | 0,000 |
| Weibull                     | 0,957 | 0,016  |       |
| Weibull de 3 parámetros     | 0,476 | 0,246  | 0,000 |
| Valor extremo más pequeño   | 4,330 | <0,010 |       |
| Valor extremo por máximos   | 0,812 | 0,035  |       |
| Gamma                       | 0,614 | 0,122  |       |
| Gamma de 3 parámetros       | 0,411 | *      | 0,004 |

|                              |       |        |       |
|------------------------------|-------|--------|-------|
| Logística                    | 1,807 | <0,005 |       |
| Loglogística                 | 0,546 | 0,116  |       |
| Loglogística de 3 parámetros | 0,633 | *      | 0,292 |
| Transformación de Johnson    | 0,254 | 0,725  |       |

Fuente: Autor

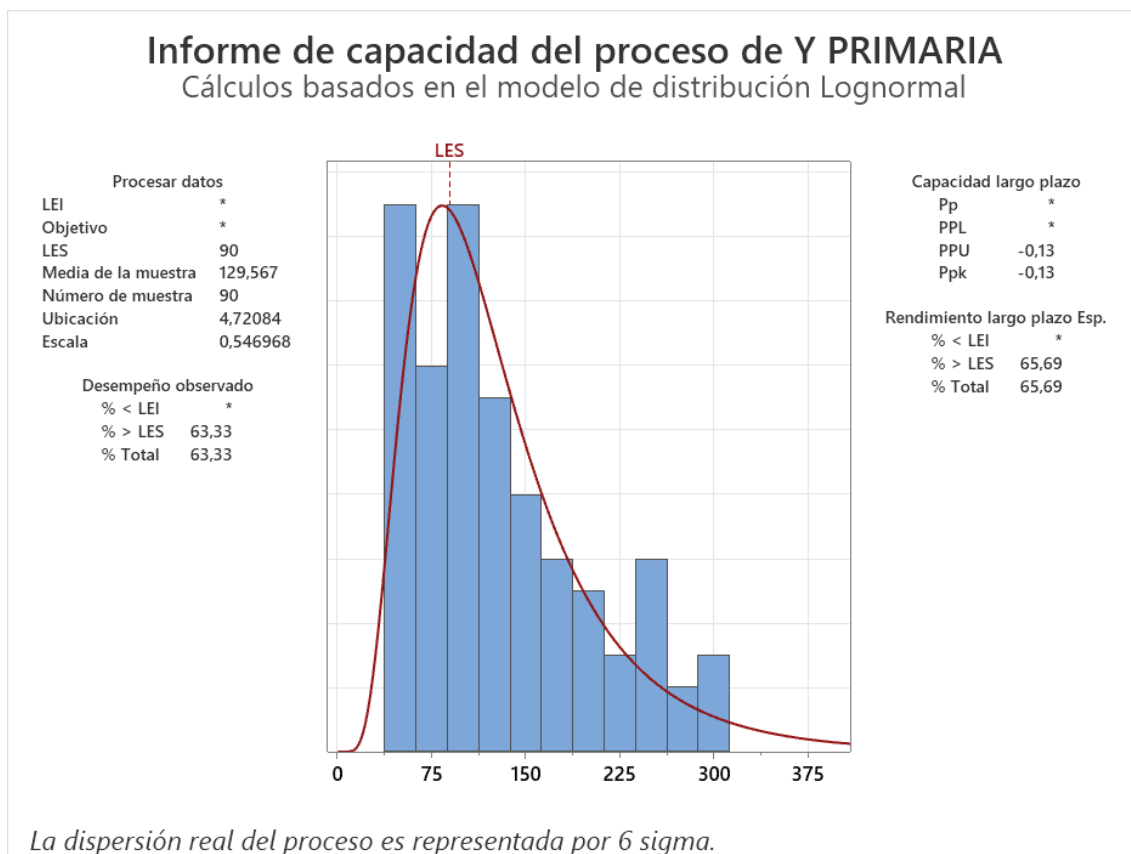
Con el valor de  $p=0.269$  y un  $AD=0.451$  se escoge a la distribución lognormal como la adecuada para representar los datos de la Y primaria del proyecto.



**Figura 2.12** Gráfica de probabilidad para la Y primaria

Fuente: Autor

Con la distribución adecuada determinada, se procedió a realizar el análisis de capacidad.



**Figura 2.13** Análisis de capacidad de la Y primaria con modelo lognormal

Fuente: Autor

Los porcentajes de desempeño actual y futuro son cercanos, esto indica que la distribución escogida es correcta.

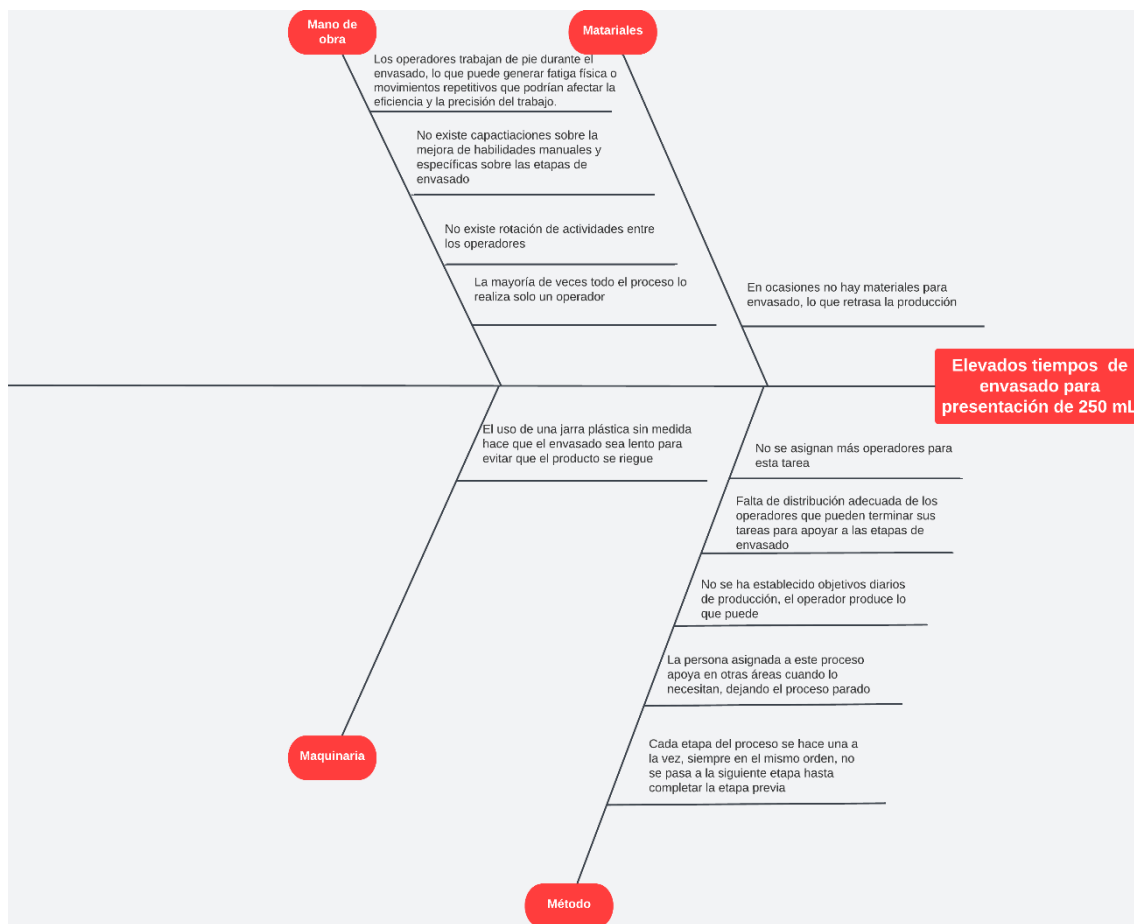
El valor de  $Ppk = -0.13$  indica que la media del proceso está fuera del límite de especificación y el proceso no es capaz de cumplir con la misma; es necesario implementar mejoras inmediatas para lograrlo, justificando la realización de este proyecto.

## 2.3. Análisis

### 2.3.1. Diagrama de causa raíz

Para la búsqueda de las causas raíz en este proyecto se ha escogido el diagrama de Ishikawa pues permite analizar los principales problemas que intervienen en la calidad de un producto, utilizando la interacción causa y efecto, ordenando la relación entre las causas potenciales (Burgasí, Cobo, Pérez, Pilacuan, & Rocha, 2021).

A continuación, en la figura 2.14 se muestra el análisis de causa raíz para el problema enfocado.



**Figura 2.14** Diagrama causa raíz para el problema enfocado

Fuente: Autor

Como muestra la figura 2.14 se escogieron 4 grupos en donde se ubicaron todas las causas potenciales, los cuales incluyen mano de obra, materiales, maquinaria y método. Hay que recordar que todas las causas se levantaron mediante Gemba, realizando el seguimiento del proceso de principio a fin.

### 2.3.2. Matriz causa efecto

Para la elaboración de esta matriz se realizó una reunión con los operarios, gerencia y jefatura de producción, es decir, se buscó la opinión de 5 expertos, se les asignó una hoja con las causas establecidas en el diagrama de causa raíz expuesto en la Figura 2.14, en esta actividad se pidió que se asignara un valor a cada causa, determinando qué tanto incidía en el proceso, los posibles valores fueron>

- 0 si no tiene ninguna relación
- 1 si la relación es mínima
- 3 si la relación es media
- 9 si la causa es relevante para el problema

Con esta rúbrica se procedió a establecer la moda para obtener la matriz causa efecto final (Anexo B).

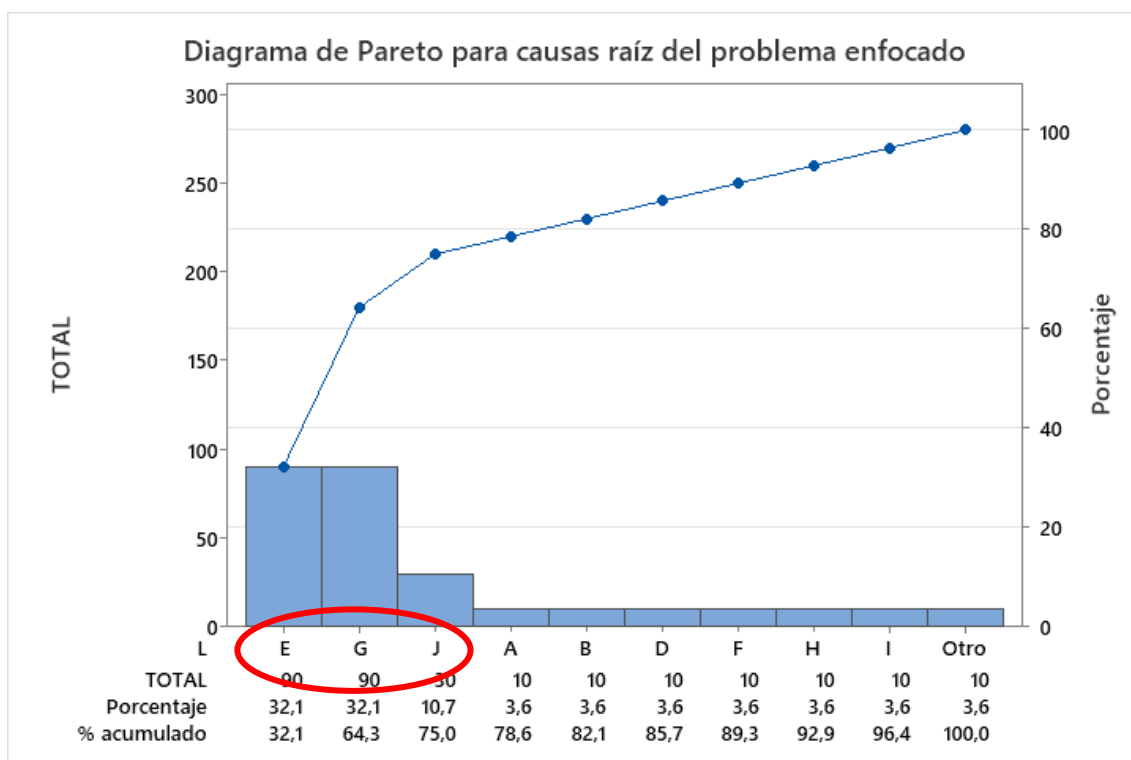
Para evitar la aglomeración de palabras en la gráfica se estableció un código por causa en el diagrama de causa raíz, detallado a continuación.

**Tabla 9** Causas raíz analizadas con el código asignado para gráfica de Pareto

| Causa raíz                                                                                                    | Código |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Proceso de tipo batch, se hace todo un proceso completo antes de pasar al siguiente                           | A      |
| Trabajo estático del operador, se realiza de pie por tiempos prolongados                                      | B      |
| Falta de capacitación sobre mejora de habilidades manuales específicas para las diferentes etapas de envasado | C      |
| No existe rotación de actividades entre los operadores                                                        | D      |
| Todo el proceso de envasado lo realiza un solo operador                                                       | E      |
| No existe materiales suficientes para terminar una orden completa                                             | F      |
| El envasado con una jarra sin medida causa retraso porque se puede regar el producto                          | G      |
| No se asignan más operadores a estas tareas                                                                   | H      |
| Falta de distribución adecuada para dejar tiempos en los que se pueda ayudar a estas tareas                   | I      |
| No se tienen objetivos de producción, para que el operador trate de cumplir                                   | J      |
| La persona designada a este proceso normalmente deja de hacerlo para apoyar a otras áreas                     | K      |

Fuente: Autor

Una vez establecido los valores, se realizó el diagrama de Pareto, como se muestra en la figura 2.15.

**Figura 2.15** Diagrama de Pareto para causas potenciales del problema enfocado

Fuente: Autor



De la Figura 2.15 se identifica que las causas E, G y J son las que mayormente contribuyen según la opinión de los expertos, acumulando el 75%. Estas son:

- E: Todo el proceso de envasado es realizado por un solo operador
- G: Se envasa con una jarra sin medida, causando retrasos porque el producto se puede regar.
- J: No se tienen objetivos de producción.

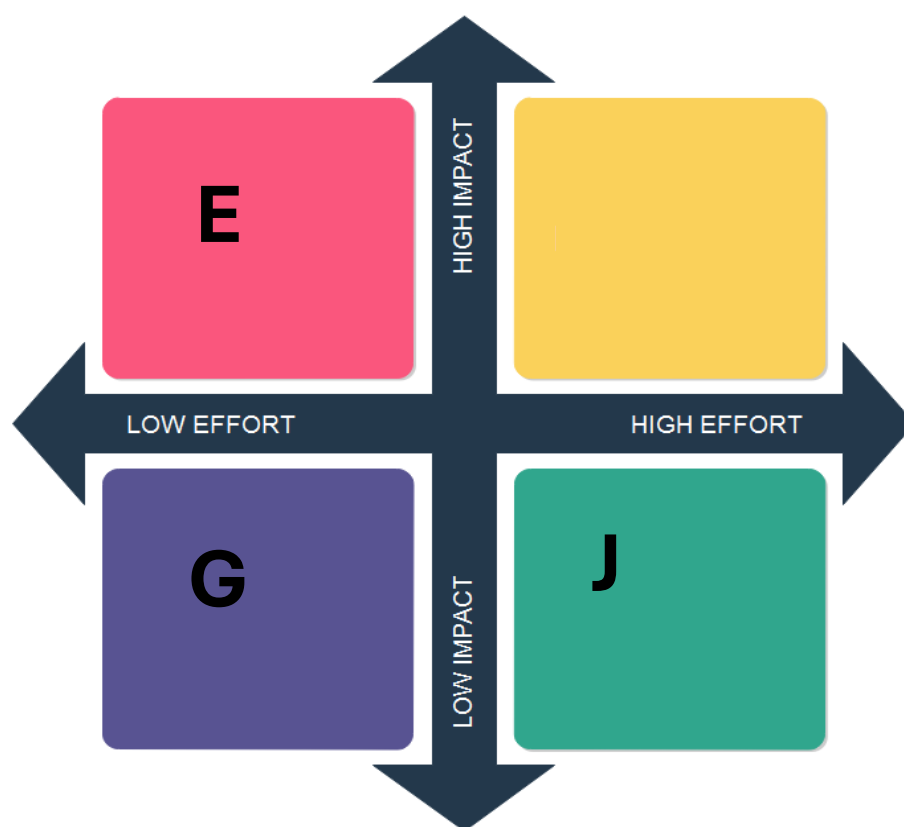
### 2.3.3. Análisis impacto esfuerzo de las causas potenciales

Utilizando una matriz de criterios para analizar el esfuerzo-impacto que conllevaría trabajar sobre las causas potenciales encontradas, donde la columna “fácil” representa la facilidad con la que una causa potencial puede ser analizada, ya sea por la cantidad de datos que existan, si las condiciones para replicar o analizar este trabajo son sencillas o no. La columna “rápida” se refiere a que tan rápido podemos obtener datos, si el proceso a analizar presenta resultados medibles inmediatos o existe un periodo de espera en obtenerlos, la columna “técnica” se refiere a que tan técnico el levantamiento de datos debe ser, puede ser algo tan simple como utilizar un cronómetro o se requiere de un equipo y personal capacitado para medir o procesar los datos encontrados, estas tres columnas hacen referencia a “esfuerzo” mientras que el impacto representa qué tan importante es la relación de la causa encontrada con el problema enfocado, por último la columna “clientes” se refiere a que para el cliente del proceso qué tan útil resulta la evaluación de estas causas potenciales. Todas estas columnas forman la matriz impacto-esfuerzo que sirve para categorizar las causas potenciales encontradas.

**Tabla 10** Matriz de criterios para el análisis de esfuerzo impacto sobre las causas potenciales

|         | FÁCIL | RÁPIDA | TÉCNICA | ALTO IMPACTO | CLIENTES |       |
|---------|-------|--------|---------|--------------|----------|-------|
| ENTRADA | 0,2   | 1,25   | 0,3     | 1,65         | 0,6      | TOTAL |
| E       | 4     | 3      | 2       | 4            | 3        | 13,55 |
| G       | 4     | 4      | 3       | 2            | 3        | 11,8  |
| J       | 2     | 1      | 3       | 2            | 2        | 7,05  |

Utilizando los códigos establecidos en la Tabla 9, se concluye que: la causa potencial E es de bajo esfuerzo y alto impacto, por lo que será evaluada. La causa potencial G requiere de un bajo esfuerzo, aunque presente un bajo impacto, se analizará esta causa potencial para encontrar si existe o no un impacto. La causa potencial J presenta un alto esfuerzo y tiempo, además de bajo impacto, por lo que esta no será evaluada en la siguiente etapa.



**Figura 2.16** Diagrama esfuerzo impacto para la ubicación de las 3 causas potenciales

Fuente: Autor

#### 2.3.4. Plan de verificación de causas

Con el fin de mantener, auditar y realimentar datos importantes sobre las causas potenciales se establece un plan de verificación de causas (Sotelo & De Jesús, 2016).

Una vez determinadas las causas potenciales del problema enfocado, se desarrolló un plan de verificación de causas detallado a continuación.

**Tabla 11** Plan de verificación de causas potenciales

| Causa potencial                                    | Teoría acerca del impacto                                                                                             | ¿Cómo verificarlo?                                                                                                                                                                               | Estatus                    |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Un solo operador realiza todas las etapas de la OP | Al ser un solo operador, realiza una etapa a la vez, elevando los tiempos en el envasado de la presentación de 250 ml | Comparar el impacto de tiempos de producción entre 1 y 2 operadores con estadística descriptiva, además se realizará una prueba de hipótesis y diagramas de caja por cada etapa de envasado y un | Verificado - Significativo |

|                                                                                         |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                   |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|                                                                                         |                                                                                                                                                 | análisis global de todo el proceso                                                                                                                                |                            |
| Se envasa con una jarra sin medida, causando retrasos porque el producto se puede regar | Al no medir la cantidad a envasar, el operador vierte el contenido de manera lenta para no regar el producto, retrasando el proceso de envasado | Comparar los tiempos de producción de la etapa de envasado utilizando un recipiente con medida de 250mL, se realizará una prueba de hipótesis y diagramas de caja | Verificado – Significativo |

Fuente: Autor

En la verificación del número de operadores se tomó en cuenta una OP estándar de 100 unidades a producir, en el envasado de la presentación de 250 ml existen dos procesos, el etiquetado del envase y el envasado del producto, se separa de esta manera porque el proceso normal es preparar los envases con las etiquetas para su posterior envasado. Cada etapa fue evaluada con 1 y 2 operadores, que para efectos de este análisis trabajaron en paralelo para la toma de tiempos.

**Tabla 12** Estadísticos descriptivos para etiquetado y envasado con 1 y 2 operadores

| Variable   | Media (s) | Desv.Est. (s) | Mediana (s) |
|------------|-----------|---------------|-------------|
| Etq. 1 op. | 1739,7    | 221,6         | 1721,9      |
| Env. 1 op. | 2921,1    | 491,2         | 2972,0      |
| Etq. 2 op. | 615,95    | 46,47         | 609,62      |
| Env. 2 op. | 1395,1    | 110,1         | 1368,1      |

Fuente: Autor

Se realizó una prueba de diferencia de medias para determinar si la diferencia es relevante.

**Tabla 13** Método para prueba t de dos medias

| Método                      |                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| $\mu_1$ :                   | media de población para 1 operador   |
| $\mu_2$ :                   | media de población para 2 operadores |
| Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$ |                                      |

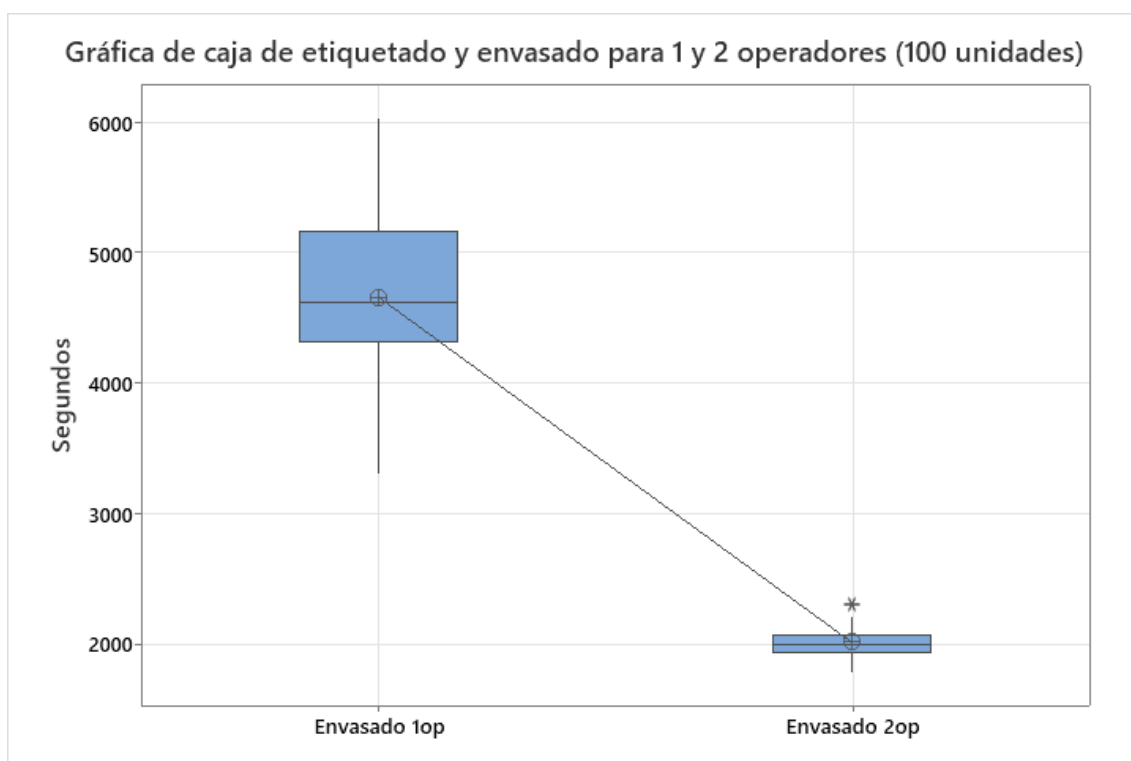
Fuente: Autor

**Tabla 14** Prueba de hipótesis

| Prueba            |                             |                |
|-------------------|-----------------------------|----------------|
| Hipótesis nula    | $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$    |                |
| Hipótesis alterna | $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ |                |
| <b>Valor T</b>    | <b>GL</b>                   | <b>Valor p</b> |
| 26.65             | 36                          | 0,000          |

Fuente: Autor

Con el valor de  $p=0$  se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_1$ , es decir, existe suficiente evidencia estadística para determinar que las medias son diferentes y que la causa potencial ha sido verificada.



**Figura 2.17** Diagrama de caja para etiquetado y envasado de 100 unidades con 1 y 2 operadores

Fuente: Autor

Para verificar la segunda causa potencial se realizó un análisis en una OP de 100 unidades, utilizando la jarra que normalmente se usa y una nueva con medida de 250 ml. El proceso se detalla a continuación.

**Tabla 15** Estadísticos descriptivos para envasado con y sin medida

| Muestra        | Media (s) | Desv.Est. (s) |
|----------------|-----------|---------------|
| ENV SIN MEDIDA | 2921      | 491           |
| ENV CON MEDIDA | 2434      | 347           |

Fuente: Autor

**Tabla 16** Método para prueba de t de dos medias

| Método                      |                                          |
|-----------------------------|------------------------------------------|
| $\mu_1$ :                   | media de población para jarra sin medida |
| $\mu_2$ :                   | media de población para jarra con medida |
| Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$ |                                          |

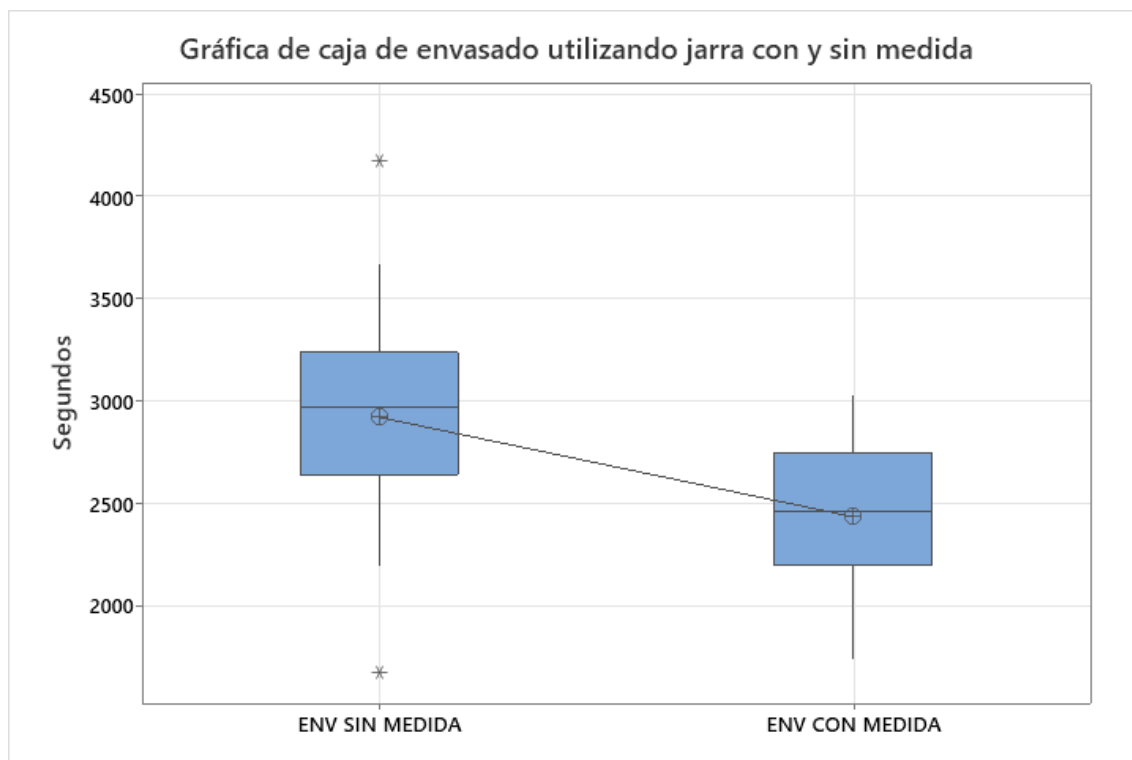
Fuente: Autor

**Tabla 17** Hipótesis para prueba de envasado utilizando jarra con y sin medida

| Prueba            |           |                             |
|-------------------|-----------|-----------------------------|
| Hipótesis nula    |           | $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$    |
| Hipótesis alterna |           | $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ |
| <b>Valor T</b>    | <b>GL</b> | <b>Valor p</b>              |
| 4.79              | 61        | 0,000                       |

Fuente: Autor

Con el valor de  $p=0$  se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_1$ , es decir, existe suficiente evidencia estadística para determinar que las medias son diferentes y que la causa potencial ha sido verificada.

**Figura 2.18** Diagrama de caja de envasado utilizando jarra con y sin medida

Fuente: Autor

### 2.3.5. Herramienta 5 por qué

Con el fin de encontrar la causa raíz asociado a la causa potencial hallada y verificada, se desarrolló la herramienta 5 por qué, detallada a continuación.

**Tabla 18** Herramienta 5 por qué de las causas verificadas

| <b>Causa Verificada</b>                                                                 | <b>¿Por qué? (Ronda 1)</b>                                                                                                                                                                                                            | <b>¿Por qué? (Ronda 2)</b>                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>¿Por qué? (Ronda 3)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>¿Por qué? (Ronda 4)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Causa Raíz</b>                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Un solo operador realiza todas las etapas de la OP                                      | ¿Por qué cada operador realiza una orden completa por su cuenta? Porque el trabajo está organizado de manera que cada operario se encarga de todas las etapas de una orden para evitar confusión en la responsabilidad de las tareas. | ¿Por qué se organiza el trabajo de esa manera, asignando una orden completa a cada operario? Porque no hay un sistema establecido que permita dividir las tareas entre varios operarios en paralelo o secuencialmente, lo que asegura que una persona termine todo el proceso. | ¿Por qué no hay un sistema para dividir las tareas entre varios operarios? Porque no se ha optimizado la asignación de recursos ni se ha evaluado la posibilidad de implementar un flujo de trabajo más eficiente, en parte debido a que se cree que el proceso actual es manejable para un solo operario. | ¿Por qué no hay un sistema para dividir las tareas entre varios operarios? Porque no se ha realizado un análisis formal de tiempos y movimientos para identificar cuellos de botella y oportunidades de mejora en el proceso, considerando el impacto de una mejor distribución de tareas en el rendimiento global del sistema. | Porque no se ha realizado un análisis formal de tiempos y movimientos para identificar cuellos de botella y oportunidades de mejora en el proceso, considerando el impacto de una mejor distribución de tareas en el rendimiento global del sistema. |
| Se envasa con una jarra sin medida, causando retrasos porque el producto se puede regar | ¿Por qué se está utilizando una jarra sin medida para el envasado? Porque son recursos con los que cuenta la empresa y no se ha evaluado comprar otra adecuada                                                                        | ¿Por qué no se ha evaluado comprar otra jarra adecuada? Es un proceso que se ha manejado desde siempre así, el operador está acostumbrado a trabajar de esta manera                                                                                                            | ¿Por qué se ha manejado el proceso de esta manera desde siempre? Porque nunca se hizo análisis de tiempos al usar la jarra de siempre y una con medida que sea más eficiente para el proceso                                                                                                               | ¿Por qué nunca se hizo un análisis de tiempos al usar la jarra? Porque no se ha priorizado la mejora continua en los procesos de la empresa, y no se han establecido métricas o indicadores para evaluar la eficiencia en el envasado                                                                                           | Porque no se ha priorizado la mejora continua en los procesos de la empresa, y no se han establecido métricas o indicadores para evaluar la eficiencia en el envasado                                                                                |

Fuente: Autor

## 2.4. Mejora

### 2.4.1. Soluciones anidadas por causa raíz

Una vez determinadas las causas raíz se procede a establecer ideas de mejora, para esto se realizó una reunión con el equipo de trabajo, incluyendo a operadores y gerencias, para realizar una lluvia de ideas anidadas a las causas raíz verificadas.

De la misma manera que en la Tabla 9 se clasificó las soluciones propuestas mediante una codificación para que el trabajo sea más sencillo.

**Tabla 19** Soluciones anidadas por causa raíz

| Causa raíz verificada                                                                                                                                                                                                                        | Soluciones                                                                                                                                                                       | Categoría |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| No se ha realizado un análisis formal de tiempos y movimientos para identificar cuellos de botella y oportunidades de mejora en el proceso, considerando el impacto de una mejor distribución de tareas en el rendimiento global del sistema | Realizar un análisis formal de tiempos y movimientos de la etapa de envasado de la presentación de 250 ml                                                                        | A1        |
|                                                                                                                                                                                                                                              | Desarrollar un estudio de la distribución de tareas, con la finalidad de identificar aquellas que se puedan realizar en paralelo y se puedan ocupar 2 operadores                 | B1        |
|                                                                                                                                                                                                                                              | Desarrollar una planificación tal que permita la distribución adecuada del personal a este proceso, considerando que el resto de OP no se vean afectadas por dicha planificación | C1        |
| No se ha priorizado la mejora continua en los procesos de la empresa, y no se han establecido métricas o indicadores para evaluar la eficiencia en el envasado                                                                               | Definir indicadores clave de rendimiento (KPIs) para la etapa de envasado                                                                                                        | A2        |
|                                                                                                                                                                                                                                              | Generar reuniones con niveles de jefatura, supervisión y operadores para la revisión del desempeño                                                                               | B2        |
|                                                                                                                                                                                                                                              | Implementación de utensilios con medidas que aceleren el proceso de envasado                                                                                                     | C2        |

Las soluciones propuestas fueron analizadas en una matriz de prioridad, para establecer aquellas que presenten una fácil implementación y generen un alto impacto, este análisis se detalla a continuación.

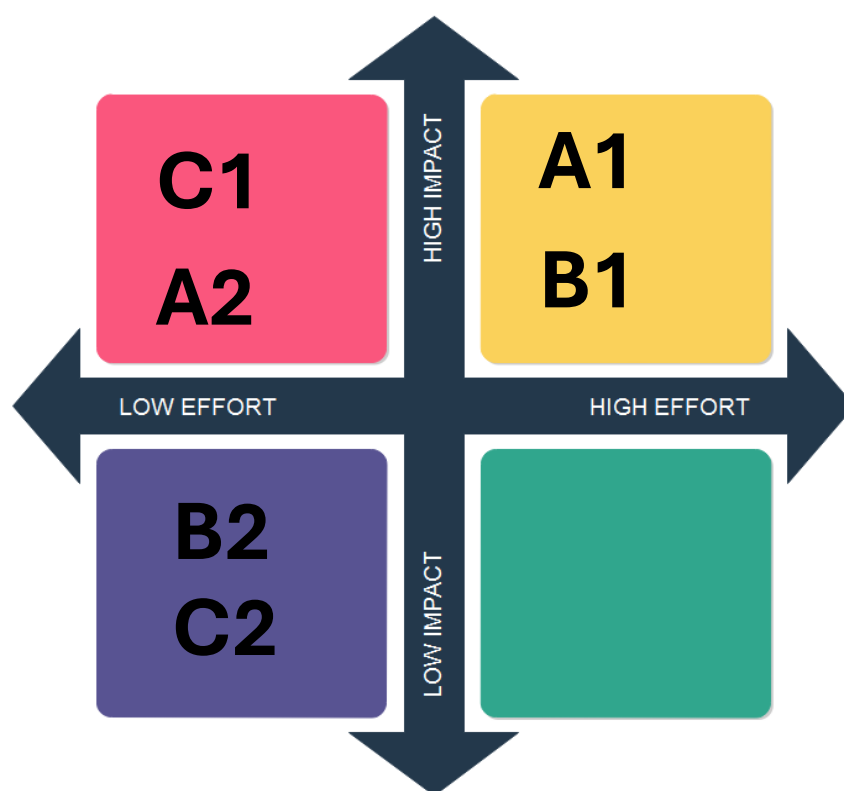
**Tabla 20** Matriz de prioridad para las soluciones propuestas

|                | FÁCIL      | RÁPIDA      | TÉCNICA    | ALTO IMPACTO | CLIENTES   |              |
|----------------|------------|-------------|------------|--------------|------------|--------------|
| <b>ENTRADA</b> | <b>0,2</b> | <b>1,25</b> | <b>0,3</b> | <b>1,65</b>  | <b>0,6</b> | <b>TOTAL</b> |
| A1             | 2          | 2           | 2          | 4            | 3          | 11,9         |
| B1             | 2          | 2           | 2          | 3            | 3          | 10,25        |
| C1             | 3          | 3           | 3          | 4            | 3          | 13,65        |
| A2             | 3          | 2           | 2          | 4            | 3          | 12,1         |
| B2             | 4          | 3           | 4          | 1            | 2          | 8,6          |
| C2             | 4          | 2           | 3          | 2            | 2          | 8,7          |

Fuente: Autor

Dado que los valores obtenidos están entre 8,6 y 13,65, la media es 11,13 con este valor los totales mayores a la media representan alto impacto como A1, B1 y C1, y los menores un bajo impacto como B2 y C2, respecto al esfuerzo se toma en cuenta las columnas fácil y rápida, de ser mayor igual a 3 significa un bajo esfuerzo y menor igual a 2 un alto esfuerzo. En este contexto se clasifican como bajo esfuerzo a C1, A2, B2 y

C2 y un alto esfuerzo a A1 y B1. Con estos criterios se ve gráficamente lo explicado en la figura 2.19.



**Figura 2.19** Diagrama de priorización para las soluciones propuestas por causa raíz

Fuente: Autor

Con esta matriz y diagrama se concluye que las soluciones C1 y A2 son las escogidas para el desarrollo de este proyecto por su bajo esfuerzo y alto impacto.

#### 2.4.2. Plan de acción 5W2H

La matriz 5W2H permite comunicar el plan de implementación a las partes interesadas, priorizando los recursos (Kuligovski, Waloski, Oliveira, Palma, & Melo, 2021). Se diseñó una matriz por solución encontrada.

**Tabla 21** Plan de acción 5W2H para la solución C1 y A2

| Causa raíz: No se ha realizado un análisis formal de tiempos para encontrar cuellos de botella considerando el impacto de una mejor distribución de tareas en el rendimiento global del sistema |                                                           |                                                            |                      |                          |           |            |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------|-----------|------------|----------|
| Qué                                                                                                                                                                                             | Por qué                                                   | Cómo                                                       | Dónde                | Quién                    | Cuánto    | Cuándo     | Estado   |
| Desarrollar una planificación tal que permita la distribución                                                                                                                                   | Optimizar el uso del personal para reducir los cuellos de | Durante la planificación semanal de producción, establecer | Planta de producción | Supervisor de producción | Sin costo | 18/11/2024 | Completo |



|                                                                                                                    |                                                                             |                                                                                  |                                                                    |                          |           |            |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------|------------|----------|
| adecuada del personal a este proceso, considerando que el resto de OP no se vean afectadas por dicha planificación | botella y mejorar la eficiencia                                             | el personal que desarrollar á las OP                                             |                                                                    |                          |           |            |          |
| Definir indicadores clave de rendimiento (KPIs) para la etapa de envasado                                          | Para monitorear y medir la eficiencia y productividad de esta etapa crítica | Implementación de KPI con un análisis previo de tiempos para establecer métricas | Planta de producción, área de envasado o de la presentación 250 mL | Supervisor de producción | Sin costo | 29/11/2024 | Completo |

Fuente: Autor

### 2.4.3. Implementación para la solución C1

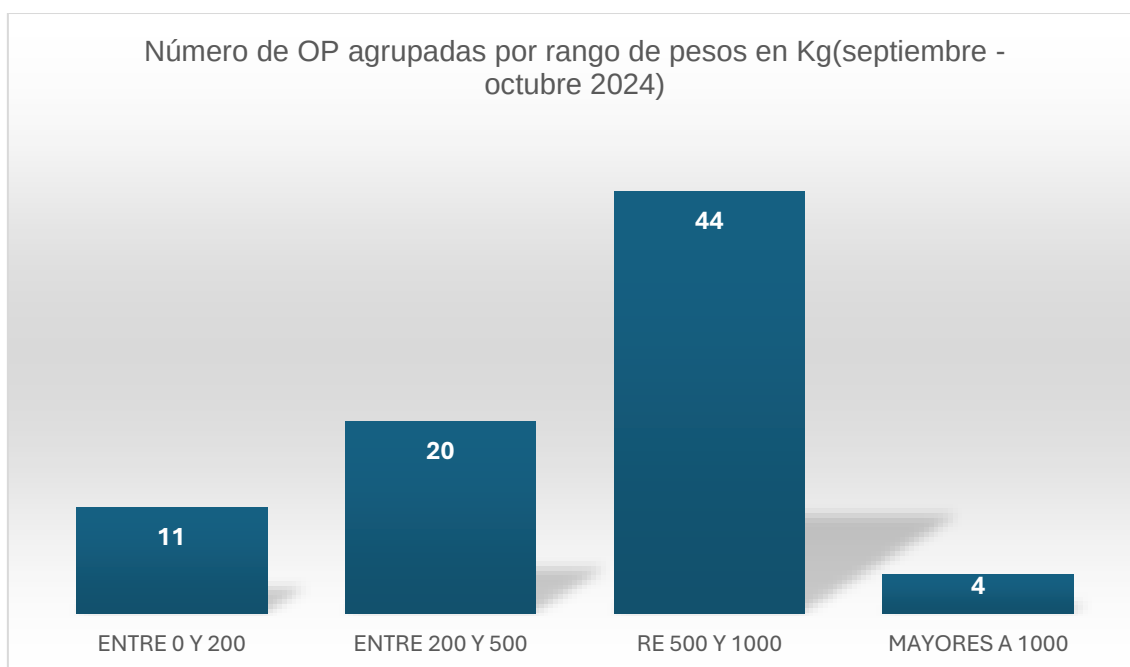
El primer paso para implementar esta solución fue entender cómo surgen los requerimientos de producción, como se mencionó en la introducción, la empresa funciona con el manejo de una bodega de producto terminado, la cual se abastece semanalmente y desde este punto se despachan los pedidos. Esta bodega emplea un sistema de mínimos y máximos, con este criterio, se planifica y se crea las OP a ser trabajadas durante la semana.

Para cumplir con este plan, se utilizan las máquinas de diferentes capacidades, el problema surge cuando la postura de gerencia es que la capacidad de las máquinas debe ser siempre utilizada al 100%, aún si no es necesario, causando lotes de producción más largos que terminan siendo innecesarios, es decir, al tener OP más grandes los operarios se ven atados inevitablemente a completar las OP asignadas, concluyendo que el tiempo que tarda un producto en pasar por todos los procesos sea muy largo (Rother & Shook, 1999).

Otro punto importante identificado fue que las tareas asignadas no siempre han sido distribuidas de tal manera que los 3 operadores puedan ayudarse, es decir, que un operador debe terminar solo la OP asignada. Todo esto contribuye a que un solo operador trabaje en las OP que requieren el envasado en la presentación de 250 ml.

Una vez identificado el porqué de las operaciones asignadas a los operadores tomen tanto tiempo, se procedió a notificar a gerencia los cambios que se realizaron.

El primer cambio fue modificar el tamaño de lote de acuerdo con las necesidades de reposición de bodega, sacrificando la capacidad de las máquinas que, aunque se perciba inicialmente como un error, esto contribuyó notablemente a mejorar la capacidad de reacción de la planta. Las OP agrupadas según su tamaño se expresan en la figura 2.20.



**Figura 2.20** Número de OP agrupadas por rango de pesos en Kg(septiembre - octubre 2024)

Fuente: Autor

La figura 2.20 analiza la cantidad de OP realizadas entre septiembre y octubre de 2024 agrupadas según el tamaño en Kg, del total de 79 OP correspondientes a 45 productos diferentes podemos ver una alta concentración en tamaños de OP entre los 500 y 1000 Kg, la bodega de productos define los stocks con un sistema de mínimos y máximos para todos los productos donde se busca mantener un stock que no se demore en rotar más de un mes, además se debe considerar el espacio disponible.

Para ilustrar este punto se analizó el caso de los productos A y B correspondientes al grupo entre 500 y 1000 Kg que corresponden a 22 productos en total (se presenta un análisis de este grupo en el anexo C), antes de este proyecto, el mínimo stock para el producto A era de 1200 Kg y para B es de 1800 Kg y la requisición de estos productos se hacía siempre en lotes de 600 Kg o su múltiplo, es decir, 1200 1800 etc. con el fin de utilizar la capacidad completa de la máquina de 600 Kg y que, sin importar, el producto no falte aunque su rotación tome más de lo planeado, además el espacio asignado para estos productos en bodega es de un pallet, lo que equivale a 800 Kg, dejando sobrantes que debían ser almacenados de cualquier forma obligando a mover otras ubicaciones y productos. Con esto en mente se analizó la rotación del producto en el mismo periodo septiembre-octubre.

**Tabla 22** Consumo del producto A y cantidad producida por mes en Kg

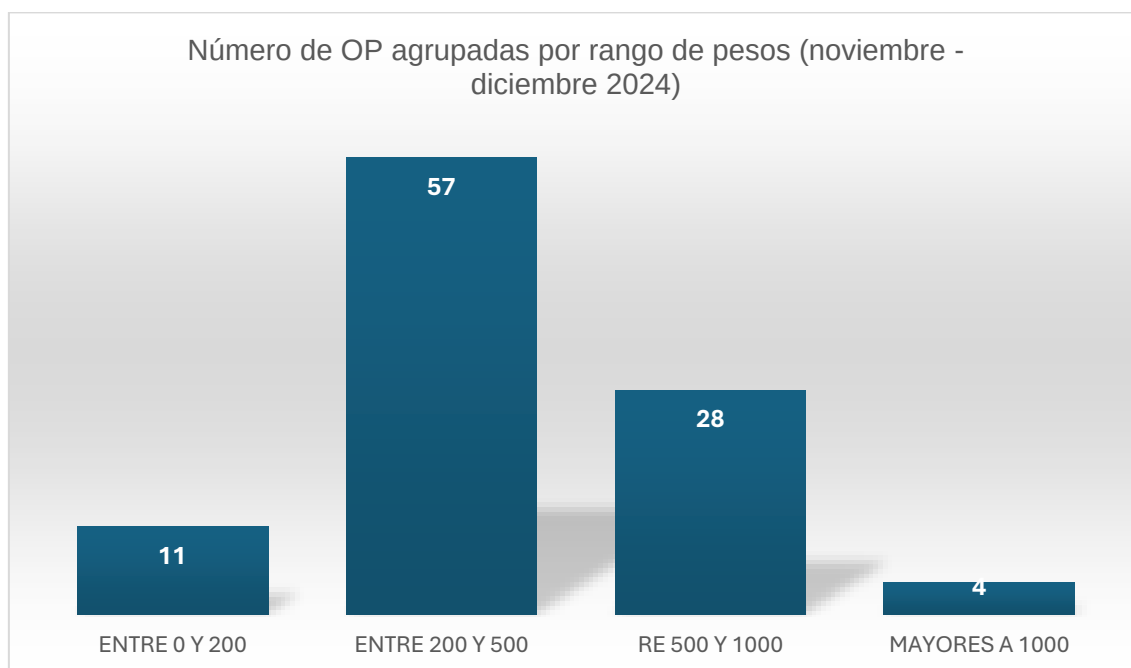
| Mes        | Consumo de A en Kg | Producción de A en Kg | Consumo de B en Kg | Producción de B en Kg |
|------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| septiembre | 860                | 1200                  | 1500               | 1800                  |
| octubre    | 790                | 1200                  | 1300               | 1800                  |

Fuente: Autor

Con esto se puede entender que, aunque el mínimo del producto sea 1200 Kg o 1800 Kg, una vez que bajen de este mínimo, generar una OP por 600 Kg o 1200 Kg es innecesario, cuando la cantidad a producir no debería superar en la mayoría de las

veces los 600 Kg, como este ejemplo. Otra conclusión de este proceso es que los stocks mínimos y máximos no han sido evaluados a lo largo del tiempo, por ejemplo, para el producto A, su mínimo es de 1200 Kg que fue útil en primer semestre de 2024, en el segundo semestre ya no lo es, por lo que el mínimo se podría calcular como un promedio siendo este 825 Kg y ya no 1200 Kg. Muchos productos pasan por la misma situación, obligando a hacer un ajuste al tamaño de las OP requeridas y a revisar la información de mínimos y máximos en función de sus ventas en el último trimestre como máximo.

Una vez justificado este punto, se conversó con gerencia con el fin de modificar los tamaños de lote en noviembre y diciembre mostrados en la figura 2.21.

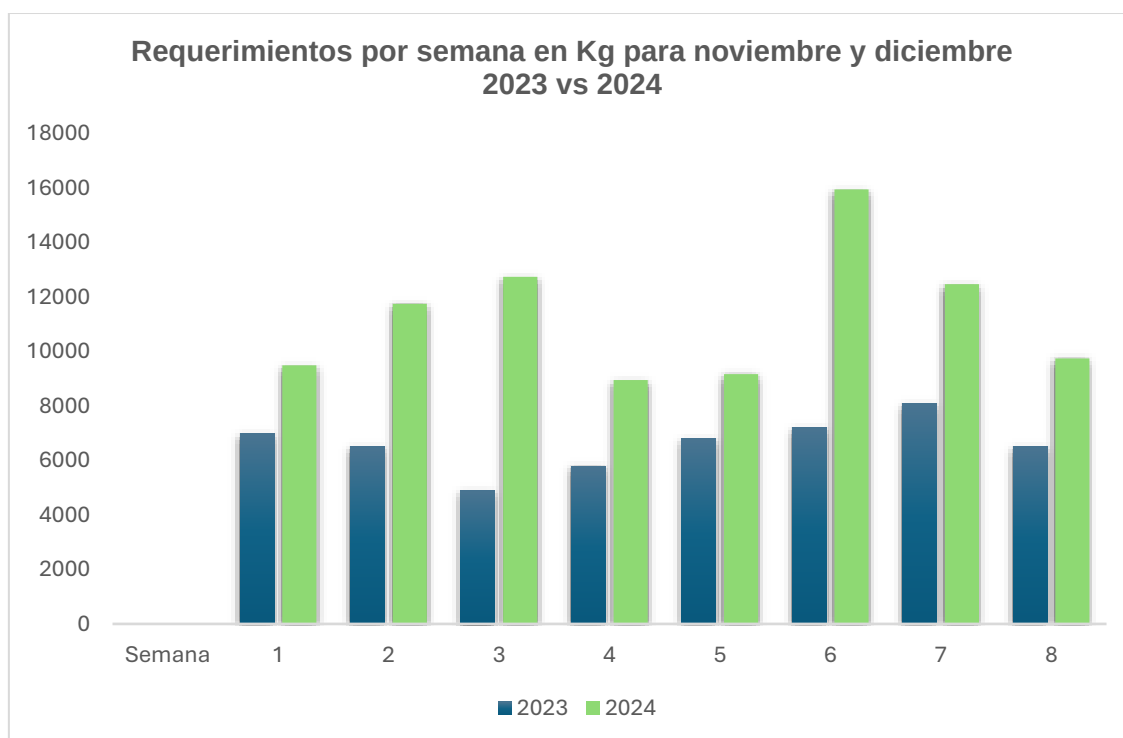


**Figura 2.21** Número de OP agrupadas por rango de pesos (noviembre - diciembre 2024)

Fuente: Autor

Con la figura 2.21 se analizó entre los meses noviembre y diciembre del 2024 después de aplicar los cambios en los tamaños de lote, en este periodo se obtuvieron un total de 100 OP correspondientes a 52 productos y vemos cómo ahora la mayoría de OP concentran su producción en el rango de 200 a 500 Kg, los valores menores a 200 Kg y mayores a 1000 Kg corresponden a OP específicas que se generan bajo el requerimiento de un cliente.

Una conclusión lógica de esta medida es entender que los requerimientos semanales se vean afectados, cuando se estableció que en promedio el requerimiento semanal es de aproximadamente 10,000 Kg. Se podría concluir que al reducir los tamaños de OP el requerimiento semanal disminuiría, sin embargo, la empresa cuenta con una cartera de más de 100 productos y sus ventas en el segundo semestre de 2024 han aumentado en comparación al 2023, entendiéndose que la demanda se mantiene constante solo que ahora está distribuida entre más productos. Para justificar este punto se muestra en la figura 2.22 los requerimientos semanales de noviembre y diciembre de 2023 versus 2024, los cuales se mantienen constantes en el total solicitado semanalmente.



**Figura 2.22** Requerimientos por semana en Kg para noviembre y diciembre de 2023 vs 2024

Fuente: Autor

Con esta gráfica se asegura que la demanda no se ha visto afectada por la reducción del tamaño de lote.

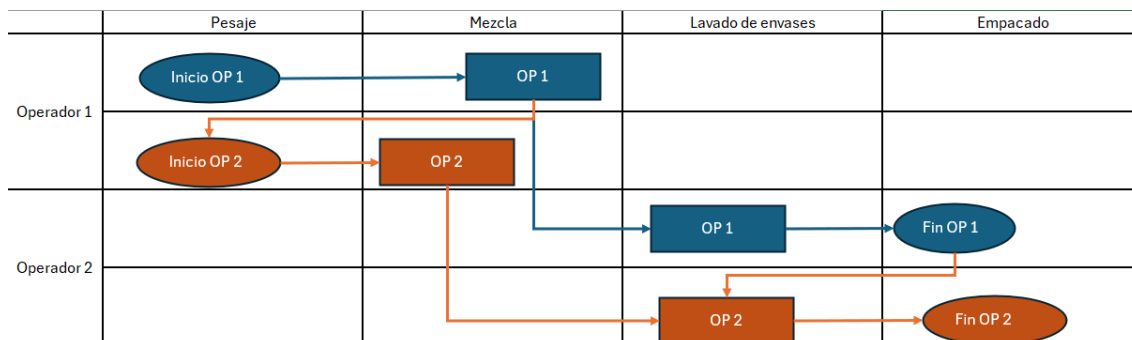
Como segundo punto se priorizó las OP urgentes según los stocks que necesitan reposición de manera más urgente en los primeros días de la semana, para determinar las urgencias el jefe de producción revisa los stocks de productos y verifica los stocks mínimos que no se cumplen semanalmente, según el ejemplo de la tabla 23, donde se muestra un ejemplo.

**Tabla 23** Cuadro de stocks mínimos y máximos

| Producto | Mínimo | Stock actual | Stock máximo |
|----------|--------|--------------|--------------|
| A        | 1200   | 700          | 1800         |
| B        | 180    | 30           | 360          |
| C        | 600    | 720          | 1000         |

Fuente: Autor

Según la tabla 23, los productos que se deben producir en la semana son el producto A y el B, una vez que se generó los requerimientos se reúnen el jefe de producción con el bodeguero, el cual solicita dar prioridad a ciertos productos, en este caso el producto B por su bajo stock, en la planificación se reparte las actividades de la OP incluso entre 2 operadores, donde uno pesa y realiza la mezcla, mientras el otro lava y envasa el producto reduciendo considerablemente el tiempo global de la OP como se explica en la figura 2.23, esto deja libre a los 2 operadores en menor tiempo para realizar OP de 250 ml, un análisis de estos tiempos se realiza en la sección 2.4.4.



**Figura 2.23** Esquema de repartición de actividades entre 2 operadores

Fuente: Autor

Con esta solución implementada se buscó establecer indicadores clave respecto a la eficacia del cumplimiento del plan semanal tanto en el número de OP generadas versus OP cerradas y también con pesos, Kg solicitados versus Kg entregados. Gerencia demostró gran interés por la implementación de estas métricas, dando como valores iniciales al KPI de número de OP terminadas un mínimo del 80% y un objetivo del 90% y a la cantidad de Kg producidos un mínimo del 70% de cumplimiento y un 80% como objetivo, estos valores de mínimos y objetivos están en evaluación durante el primer trimestre de 2025, con la finalidad de mejorar según cómo responda el equipo de producción a las mejoras implementadas.

#### 2.4.4. Implementación de la solución A2

El desarrollo de esta solución se realizó mediante el levantamiento de tiempos en la etapa de envasado por cada unidad producida, ya que en la etapa de análisis se comprobó el incremento de productividad con 2 operadores trabajando en paralelo. Con el tiempo medio de trabajo determinado, se establece un mínimo de unidades producidas por día, valor que se implementó como objetivo e indicador clave de desempeño.

A continuación, se muestra la tabla 24, tabla reducida de los tiempos levantados para dos operadores.

**Tabla 24** Toma de tiempos por unidad envasada de 250 ml con 2 operadores

| Muestra | Tiempo (s) |
|---------|------------|
| 1       | 46.45      |
| 2       | 47.67      |
| 3       | 47.70      |
| 4       | 47.85      |
| 5       | 46.01      |
| 6       | 43.32      |
| 7       | 47.45      |

Fuente: Autor

Utilizando todos los datos, se estableció como media por envase un tiempo de 46.49 segundos. Tomando en cuenta el tiempo disponible diario para la realización de una OP de 250 ml se estima que es de 18,000 segundos, reduciendo los tiempos asociados a tareas como lavado de envases, pesaje, mezclado, estibado de productos entre otras actividades, se calcula la capacidad diaria.

$$\text{Capacidad diaria} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo promedio por envase}}$$

$$\text{Capacidad diaria} = \frac{18000}{46.49} = 387 \text{ envases}$$

Con este valor de 387 como referencia o valor teórico se establece el KPI, relacionando el número de envases entregados entre el número de envases teóricos.

Se evalúa el indicador implementado según la tabla 25.

**Tabla 25** Evaluación de KPI durante los días que en los que se trabajó con la presentación de 250 ml durante enero

| Día | Entregado | Objetivo | Porcentaje |
|-----|-----------|----------|------------|
| 1   | 250       | 387      | 65%        |
| 2   | 360       | 387      | 93%        |
| 3   | 420       | 387      | 109%       |
| 4   | 380       | 387      | 98%        |
| 5   | 390       | 387      | 101%       |
| 6   | 280       | 387      | 72%        |
| 7   | 390       | 387      | 101%       |
| 8   | 400       | 387      | 103%       |
| 9   | 410       | 387      | 106%       |
| 10  | 370       | 387      | 96%        |
| 11  | 340       | 387      | 88%        |
| 12  | 400       | 387      | 103%       |
| 13  | 420       | 387      | 109%       |
| 14  | 380       | 387      | 98%        |
| 15  | 320       | 387      | 83%        |

Fuente: Autor

En varios puntos se obtienen valores superiores al 100%, esto se debe a que durante el día de trabajo las OP en proceso pueden sumar entre 500 o 700 envases, por lo que es posible superar el objetivo de 387.

Con un promedio del KPI de 95%, en reunión con gerencia se ha establecido el mínimo cumplimiento en 90% y un objetivo del 97%, porcentajes a evaluarse durante el primer trimestre de 2025.

## 2.5. Control

Para el desarrollo del apartado de control, se realizó una matriz de ideas de control anidadas a cada causa raíz.

**Tabla 26** Ideas de control anidadas por causa raíz

| Causa raíz verificada                                                                                | Controles                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| No se ha realizado un análisis formal de tiempos y movimientos para identificar cuellos de botella y | Verificar el número de OP terminadas al finalizar la semana planificada |

|                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| oportunidades de mejora en el proceso, considerando el impacto de una mejor distribución de tareas en el rendimiento global del sistema                        | Verificar la cantidad de Kg entregados al finalizar la semana planificada                                                                                  |
|                                                                                                                                                                | Realizar reuniones semanales con el personal para dar a conocer los resultados de la planificación y establecer nuevas ideas de mejora en la planificación |
| No se ha priorizado la mejora continua en los procesos de la empresa, y no se han establecido métricas o indicadores para evaluar la eficiencia en el envasado | Verificar el cumplimiento del KPI implementado semanalmente                                                                                                |

Fuente: Autor

### 2.5.1. Plan de control y reacción

El éxito de este proyecto depende de la capacidad de la organización para mantener y optimizar los resultados obtenidos. En este contexto, el plan de control y reacción es una herramienta fundamental para garantizar la sostenibilidad de las mejoras alcanzadas, asegurando que los procesos permanezcan dentro de los límites establecidos y que cualquier desviación sea abordada de manera oportuna (Keisen, 2002). El plan de control se muestra en la tabla 27 y los planes de reacción por causa raíz en las figuras 2.24 y 2.25.

**Tabla 27** Plan de control por cada causa raíz

|              | PLAN DE CONTROL                                                                               |                                                                                                                         |                                        |                                   |                                                                                       |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|              | Qué                                                                                           | Cómo                                                                                                                    | Quién                                  | Cuando                            | Entregables                                                                           |
| Causa raíz 1 | Verificar el número de OP terminadas al finalizar la semana planificada                       | Verificar las OP terminadas revisando la información que llena el operador y cotejando con la planificación establecida | Supervisor de producción               | Al finalizar la semana de trabajo | Registro de OP llenado por operadores<br>Reporte de planificación                     |
|              | Verificar la cantidad de Kg entregados al finalizar la semana planificada                     | Verificar con la cantidad de Kg solicitados al inicio de la semana                                                      | Supervisor de producción               | Al finalizar la semana de trabajo | Registro de OP llenado por el operador<br>Reporte de planificación                    |
|              | Realizar reuniones semanales al final con el personal para dar a conocer los resultados de la | Al finalizar la semana de trabajo reunir al equipo de producción para dar un informe de la eficacia del                 | Supervisor de producción<br>Operadores | Al finalizar la semana de trabajo | Registro de reunión con un apartado para receptar ideas de mejora en la planificación |

|              |                                                                       |                                                                 |                          |                                   |                                |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
|              | planificación y establecer nuevas ideas de mejora en la planificación | plan de producción y escuchar ideas de mejora                   |                          |                                   |                                |
| Causa raíz 2 | Verificar el cumplimiento del KPI implementado diario                 | Verificar el cumplimiento con el mínimo y objetivo establecidos | Supervisor de producción | Al finalizar la semana de trabajo | Reporte de cumplimiento de KPI |

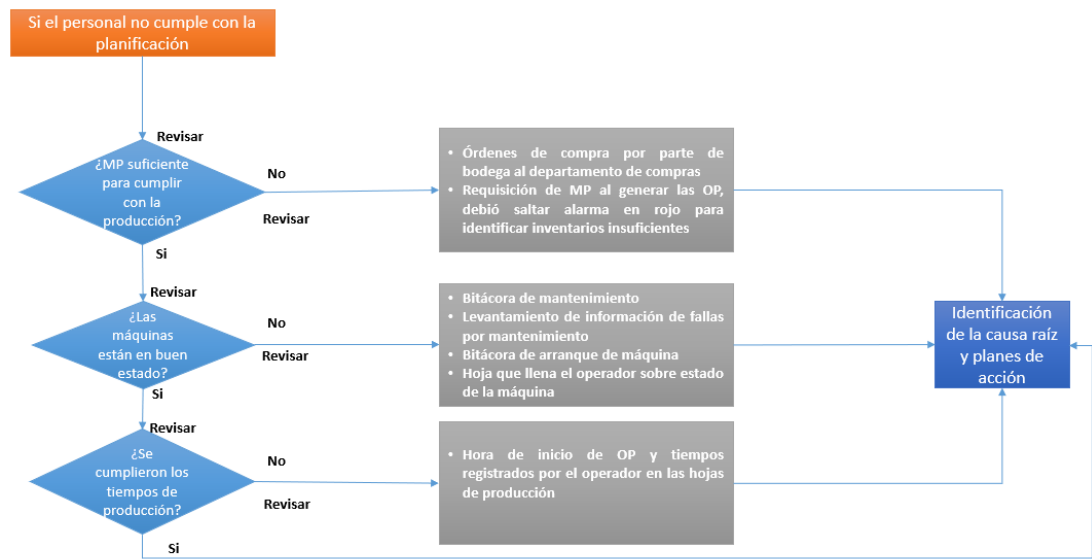


Figura 2.24 Plan de reacción para la causa raíz 1

Fuente: Autor

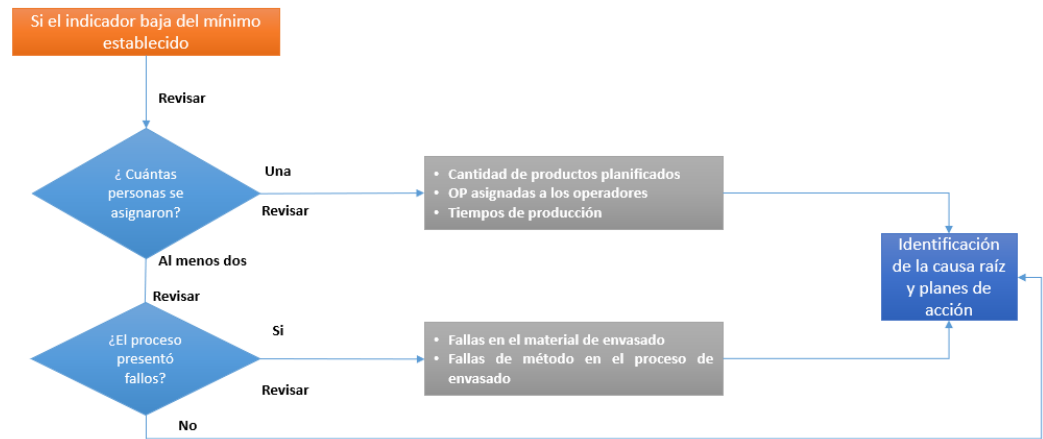


Figura 2.25 Plan de reacción para la causa raíz 2

Fuente: Autor

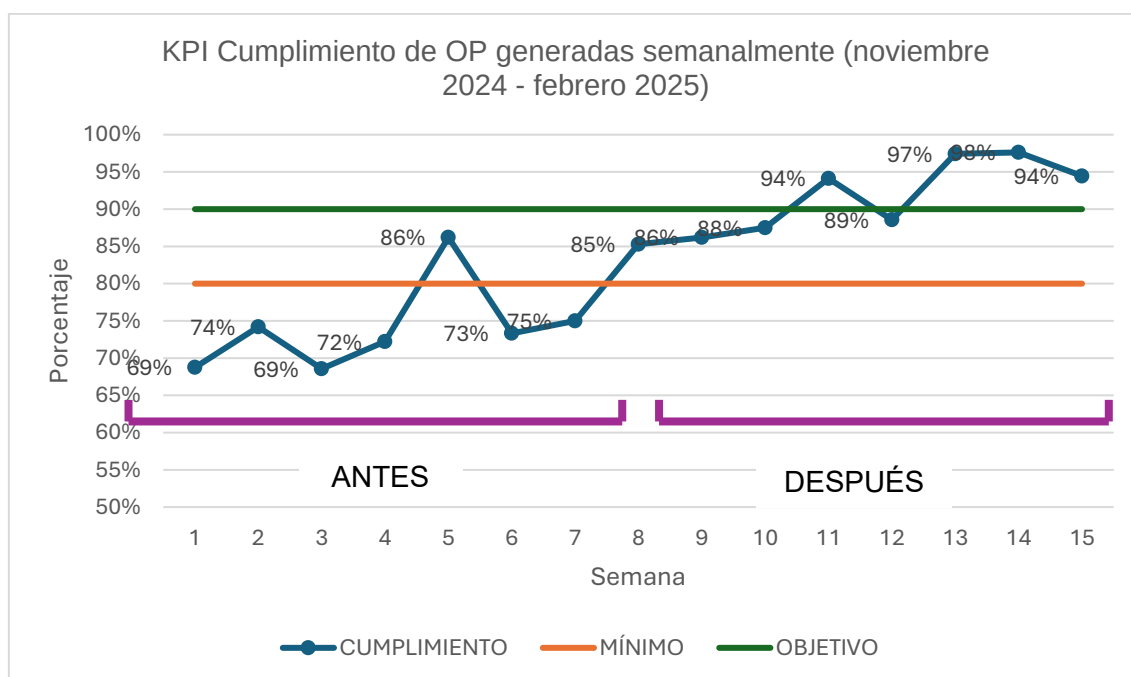


## CAPÍTULO 3

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Análisis de los resultados de la solución C1

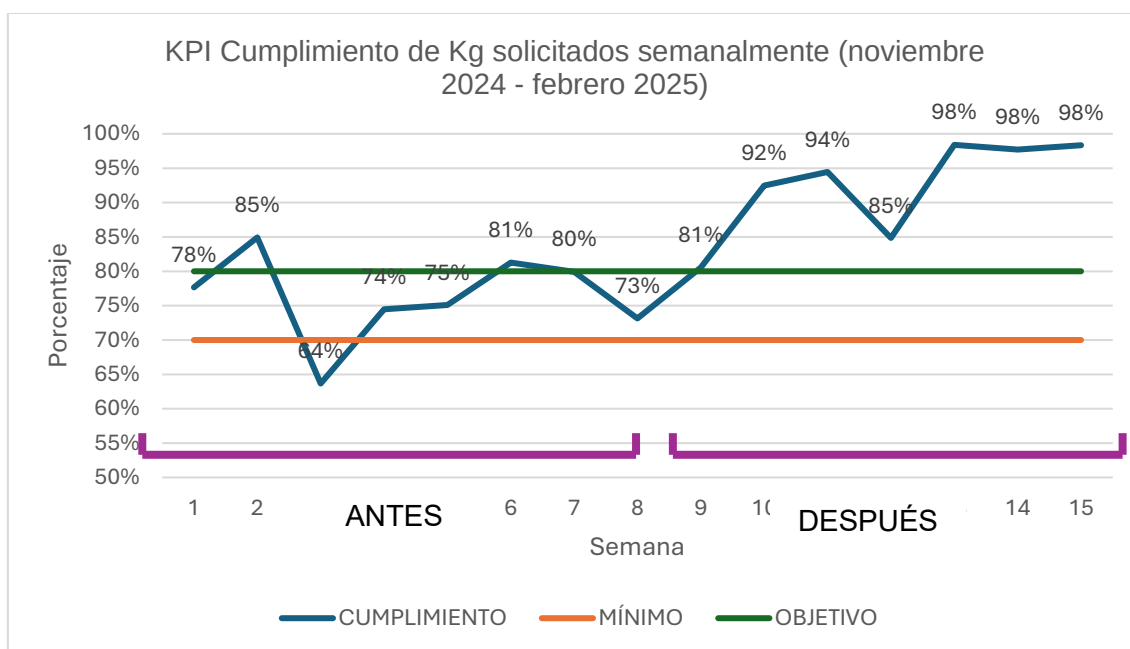
Con la modificación en la distribución de operadores para la realización de las OP, se han obtenido resultados positivos, demostrados en las figuras 3.1 y 3.2 mediante los indicadores clave implementados, número de OP cerradas versus número de OP creadas y Kg producidos versus Kg solicitados.



**Figura 3.1** Desarrollo del KPI Cumplimiento de OP generadas semanalmente, evaluado desde noviembre 2024 hasta mediados de febrero 2025

Fuente: Autor

Se observa que, en los puntos del 1 al 8, correspondientes a noviembre y diciembre cuando no se había implementado la mejora, los porcentajes de cumplimiento son más bajos que el mínimo establecido de 80%. Por otro lado, al evaluar las mejoras implementadas, a partir del punto 9, se ha logrado superar incluso el objetivo del 90%, es importante mencionar que estos porcentajes se han logrado con el mismo número de operadores y sin trabajar tiempo extra, con esto podemos concluir que se ha logrado mejorar la productividad en planta.



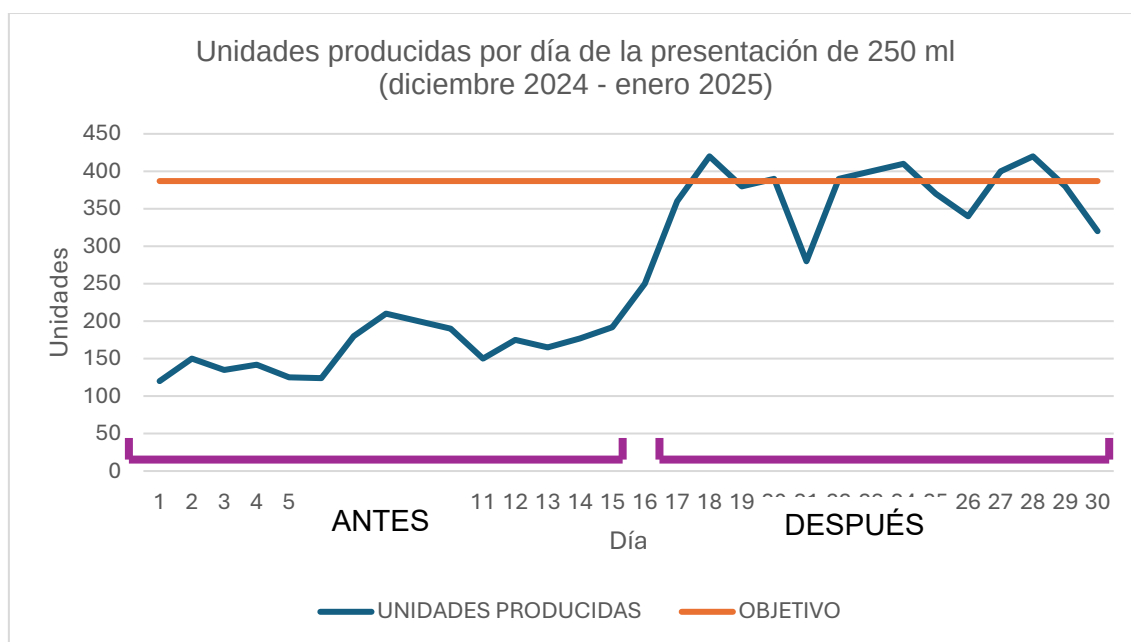
**Figura 3.2** KPI de Cumplimiento de Kg solicitados semanalmente, evaluado desde noviembre hasta mediados de febrero de 2025

Fuente: Autor

Con un comportamiento similar, en la figura 3.2 se observa cómo en los meses de noviembre y diciembre, correspondiente a los puntos del 1 al 8 donde todavía no se implementó la mejora existen valores que, aunque superen el mínimo establecido, son bajos en comparación a enero y febrero, a partir del punto 9, donde los valores superan el 90%, demostrando que se ha mejorado la productividad de la planta.

### 3.2. Análisis de los resultados de la solución A2

En la tabla 25 se demuestra la implementación del nuevo KPI para la producción diaria de los envases de 250 ml, sin embargo, en esta sección mediante la figura 3.3 se indica cómo ha cambiado esta medida utilizando datos históricos, que a pesar de que el indicador no se manejaba hasta el desarrollo de este proyecto es posible realizar este gráfico gracias a la disponibilidad de datos.



**Figura 3.3** Unidades producidas por día de la presentación de 250 ml entre diciembre y enero de 2025

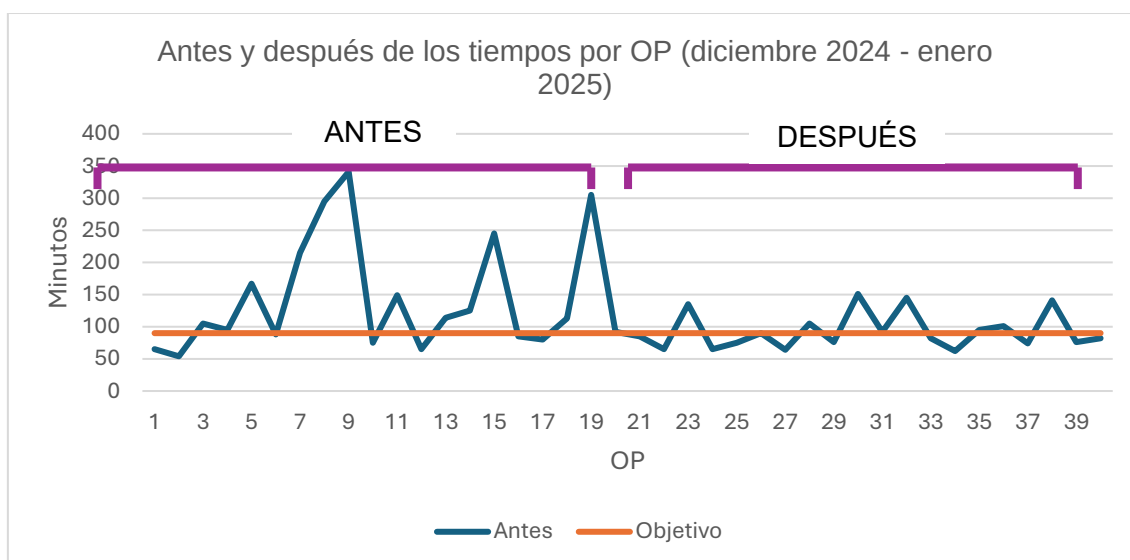
Fuente: Autor

Con la figura 3.3 se visualiza el impacto positivo de contar con 2 operadores en el proceso productivo. Esto ha permitido mejorar la productividad del proceso de envasado de la presentación de 250 ml. Cabe explicar que los datos no son de días seguidos de producción, el indicador se evalúa específicamente los días en los que se trabajó en la presentación de 250 ml.

### 3.3. Impacto de las mejoras en la Y primaria

#### 3.3.1. Antes vs Después

En la figura 3.4 se analiza el antes y el después de los tiempos por OP en minutos en un periodo de diciembre 2024 vs enero 2025.



**Figura 3.4** Antes y después de los tiempos en minutos por OP entre diciembre 2024 y enero 2025

Fuente: Autor

El objetivo del proyecto fue reducir el tiempo promedio de una orden de producción a 100.9 minutos, lo que representaba una disminución del 70% del GAP entre el tiempo inicial de 126.6 minutos y el benchmark de 90 minutos establecido por la empresa.

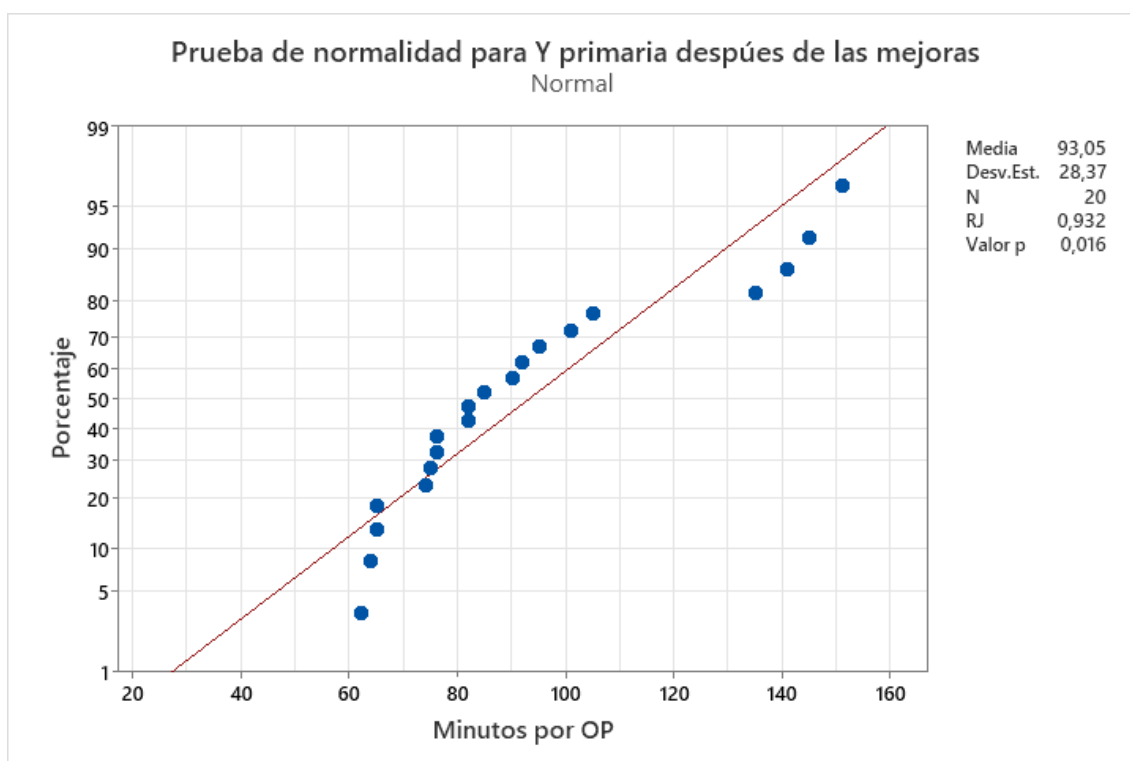
Tras la implementación de las mejoras, el tiempo promedio obtenido fue de 93.1 minutos, lo que significa que no solo se logró alcanzar la meta planteada, sino que incluso se superó, con una reducción total del 26.4% respecto al tiempo inicial.

Además, al analizar la distribución de los tiempos en la Figura 3.4, se observa que, aunque existen puntos por encima del objetivo de 90 minutos, estos valores extremos han disminuido significativamente en comparación con la situación inicial. Antes de la mejora, los tiempos mostraban picos elevados y una mayor variabilidad. Ahora, la producción es más estable y controlada, lo que sugiere una mejora en la eficiencia operativa.

Estos resultados indican que las estrategias implementadas han sido exitosas en reducir los tiempos de producción y optimizar los procesos. Sin embargo, todavía hay oportunidades de mejora para reducir la variabilidad y asegurar que más órdenes se mantengan consistentemente por debajo del benchmark de 90 minutos.

### 3.3.2. Análisis de capacidad de la Y primaria después de las mejoras

Con los valores obtenidos se evalúa si la distribución es normal, según la figura 3.5.



**Figura 3.5** Prueba de normalidad para Y primaria después de las mejoras

Fuente: Autor

En la figura 3.5 se observa que, con un valor de  $p=0.016$  se rechaza la hipótesis nula de que la distribución es normal, con lo que se procede a evaluar el tipo de distribución de los datos.

En la tabla 29 se analiza la mejor distribución posible.

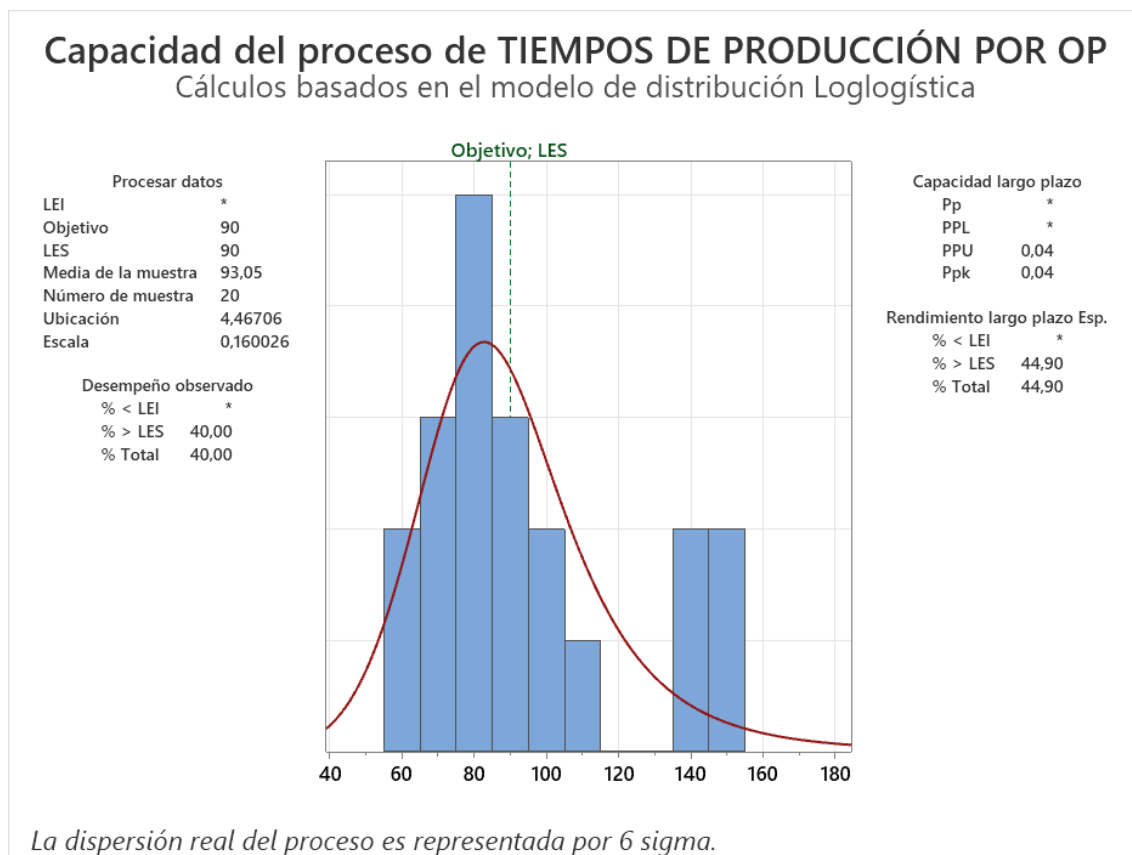
**Tabla 28** Identificación de la distribución para los datos de tiempos en minutos por OP después de las mejoras

| Distribución                 | AD    | P      | LRT P |
|------------------------------|-------|--------|-------|
| Normal                       | 1,106 | 0,005  |       |
| Transformación Box-Cox       | 0,355 | 0,425  |       |
| Lognormal                    | 0,627 | 0,088  |       |
| Lognormal de 3 parámetros    | 0,344 | *      | 0,040 |
| Exponencial                  | 4,957 | <0,003 |       |
| Exponencial de 2 parámetros  | 0,318 | >0,250 | 0,000 |
| Weibull                      | 1,091 | <0,010 |       |
| Weibull de 3 parámetros      | 0,335 | >0,500 | 0,001 |
| Valor extremo más pequeño    | 1,610 | <0,010 |       |
| Valor extremo por máximos    | 0,598 | 0,111  |       |
| Gamma                        | 0,801 | 0,040  |       |
| Gamma de 3 parámetros        | 0,352 | *      | 0,017 |
| Logística                    | 0,932 | 0,008  |       |
| Loglogística                 | 0,555 | 0,102  |       |
| Loglogística de 3 parámetros | 0,367 | *      | 0,040 |
| Transformación de Johnson    | 0,293 | 0,567  |       |

Fuente: Autor

Con un valor de  $p=0.555$  se escoge la distribución Loglogística como la adecuada para los valores obtenidos en minutos de los tiempos por OP.

En la figura 3.6 se muestra el análisis de capacidad de la Y primaria después de las mejoras.



**Figura 3.6** Análisis de capacidad para los datos de tiempo en minutos por OP después de las mejoras

Fuente: Autor

Con un valor de porcentaje de datos observados sobre el límite de especificación actual y futuro de 40 y 44.9% respectivamente, se considera que la distribución loglogística es adecuada.

Antes de la mejora, 65.69% de las observaciones superaban los 90 minutos. Después de la mejora, esta cifra se redujo a 44.9%, lo que representa una mejora considerable en el desempeño del proceso. Aunque la reducción es significativa, sigue existiendo un porcentaje alto de valores fuera de los límites, lo que sugiere que el proceso aún no es completamente capaz.

Un Ppk de 0.04 es positivo en comparación con el valor negativo anterior de -0.13, lo que indica una ligera mejora en la alineación del proceso con los límites establecidos. Sin embargo, un Ppk idealmente debe ser  $\geq 1.33$  para indicar que el proceso es suficientemente capaz de cumplir con las especificaciones. Un Ppk < 1 sugiere que hay un riesgo alto de producir valores fuera del límite. Aunque la mejora es evidente, el proceso aún cuenta con oportunidades de mejorar para cumplir con las especificaciones de manera consistente.

### 3.4. Análisis financiero

Con las mejoras implementadas se observa una mejora en la cantidad de OP que se pueden realizar a la semana, antes de la mejora se realizaban en promedio 24 OP, y ahora se realizan en promedio 34 OP a la semana, sabiendo que el promedio de en Kg por OP es de 450 se calculó los siguientes resultados.

$$\text{Antes: } 24 \times 450 = 10.800 \text{ Kg por semana}$$

$$\text{Después: } 34 \times 450 = 15.300 \text{ Kg por semana}$$

$$15.300 - 10.800 = 4.500 \text{ Kg por semana}$$

Considerando la ganancia de \$0.50 centavos por Kg, se obtiene:

$$4.500 \times 0.5 = \$ 2.250$$

Asumiendo 52 semanas laborales en Ecuador al año, se obtiene

$$2250 \times 52 = \$117.000 \text{ al año}$$

Gracias a la mejora del proceso, se pueden producir en promedio 4500 Kg semanales lo que representa un aumento de \$117 000 bruto al año.

Ahora se analiza un flujo de caja considerando los gastos, detallados en la tabla 29.

**Tabla 29** Costos expresados en porcentaje

| Costo                            | Porcentaje | Total   |
|----------------------------------|------------|---------|
| Mano de obra                     | 5%         | \$ 5850 |
| Materia prima                    | 8%         | \$ 9360 |
| Energético y servicios           | 2%         | \$ 2340 |
| Mantenimiento y costos generales | 6%         | \$ 7020 |

Fuente: Autor

En la tabla 30 se analiza un flujo de caja.

**Tabla 30** Flujo de caja de 1 año del proyecto

|                                          |                     |
|------------------------------------------|---------------------|
| Ganancia bruta                           | \$117.000,00        |
| Costos (-)                               | \$ 24.570,00        |
| Mano de obra                             | \$ 5.850,00         |
| Materia prima                            | \$ 9.360,00         |
| Energía y servicios                      | \$ 2.340,00         |
| Mantenimiento y costos generales         | \$ 7.020,00         |
| <b>(=) UTILIDAD BRUTA</b>                | <b>\$ 92.430,00</b> |
| (-) 15% PT                               | \$ 13.864,50        |
| <b>(=) utilidades antes de impuestos</b> | <b>\$ 78.565,50</b> |
| (-) 25% IR                               | \$ 19.641,38        |
| <b>(=) utilidad neta</b>                 | <b>\$ 58.924,13</b> |

Después de analizar los costos operativos y los valores de participación de trabajadores e impuestos, se estima que la ganancia neta del proyecto en un año es de \$ 58 924.

## CAPÍTULO 4

### 4. Conclusiones y recomendaciones

#### 4.1. Conclusiones

1. La implementación de la metodología DMAIC fue efectiva, logrando reducir el tiempo promedio por OP de 126.6 minutos a 93.1 minutos, lo que representó una reducción del 26.4%. Si bien el objetivo planteado por gerencia era alcanzar los 90 minutos, el objetivo del proyecto era reducir en un 70%, es decir, alcanzar 100.9 minutos la brecha entre el promedio inicial y el benchmark. Este objetivo se superó, demostrando que las mejoras implementadas fueron significativas y efectivas.
2. A lo largo del proyecto, se identificó que, a pesar de que la empresa tiene cerca de 25 años de funcionamiento y ha realizado mejoras en su infraestructura física y digital, nunca había llevado a cabo un análisis detallado de sus procesos. Antes del estudio, muchas decisiones operativas se tomaban de manera intuitiva o arbitraria. Ahora, con una metodología clara y datos concretos, la empresa cuenta con un enfoque estructurado para la toma de decisiones basado en análisis de problemas y mejora continua.
3. Las soluciones aplicadas a las causas raíz identificadas permitieron mejorar los procesos clave que generaban demoras en la producción. Junto con estas medidas, se implementaron indicadores clave de rendimiento (KPIs) para monitorear la efectividad del cumplimiento del plan de producción semanal. Esto permitió gestionar los recursos de manera más eficiente, optimizar la utilización de maquinaria y personal, y generar un esquema de trabajo más dinámico. Como resultado, la empresa ahora tiene mayor capacidad de reacción ante pedidos urgentes, asegurando entregas más rápidas y eficientes.
4. Debido a la implementación de los indicadores, fue posible evaluar de manera objetiva la eficacia de las mejoras y establecer mecanismos de control que permitan detectar y corregir desviaciones en los parámetros establecidos. Con este sistema, la empresa puede anticiparse a posibles problemas en la producción, garantizando un desempeño estable y una mejora continua en la eficiencia operativa.
5. El análisis de capacidad del proceso una vez implementadas las mejoras se determinó una mejora considerable en el indicado Ppk pasando del antes, un valor negativo de -0.13 a un valor positivo de 0.04, esto indica que a pesar de que los datos se ubican de mejora manera dentro de los límites establecidos, la tendencia de los mismos indican que un 40% de los datos están fuera de especificación, este dato es importante para el análisis de futuros proyectos de mejora si se desea alcanzar un proceso dentro de los parámetros seis sigma.



## 4.2. Recomendaciones

1. Dado que se estableció que no es factible alcanzar un tiempo de desarrollo óptimo en la presentación de 250 ml, a pesar de haber logrado avances importantes con este proyecto, y concluyendo que este proceso sigue siendo un cuello de botella, es preciso que se evalúen mejoras, como la automatización de procesos, enfocados al envasado, etiquetado o empaçado de estos productos, un análisis profundo de cada una de las etapas que componen esta actividad podría dar una idea más clara de qué proceso podría mejorarse al convertirse en cuello de botella.
2. El análisis de Pareto inicial reveló que el envasado es la etapa que más impacta en el tiempo total de producción de una OP, razón por la cual fue el foco principal de este estudio. Sin embargo, se recomienda evaluar el impacto del proceso de lavado, ya que este representa un porcentaje considerable dentro del tiempo total de producción. Un estudio más profundo sobre su eficiencia y posibles mejoras podría contribuir significativamente a la reducción global del tiempo de producción.
3. Aunque se hayan establecido indicadores y un esquema de control, es necesario que se implemente dentro de las políticas del departamento de producción un esquema de verificación, asignando responsables como las gerencias, con el fin de mantener información actualizada y poder compartir claramente la situación actual de la planta productiva.
4. Este proyecto tuvo un gran apoyo por parte de operadores, por lo que, es recomendable mantener la comunicación ya lograda con el personal operativo, haciéndolos partícipes de aportar con ideas de mejora y que puedan ser actores en futuros proyectos.
5. Para asegurar que las mejoras implementadas se mantengan y evolucionen con el tiempo, se recomienda establecer un programa de capacitación continua para los operadores y supervisores. Este programa debe incluir formación en análisis de datos, interpretación de indicadores de desempeño y metodologías de mejora continua, como Lean o Six Sigma. De esta manera, el personal estará mejor preparado para identificar y proponer mejoras de manera autónoma, fomentando una cultura organizacional enfocada en la eficiencia y la innovación.

# BIBLIOGRAFÍA

- Burgasí, D., Cobo, D., Pérez, K., Pilacuan, R., & Rocha, M. (2021). EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN: UNA REVISIÓN DE LOS ÚLTIMOS 7 AÑOS . *Revista electrónica TAMBARA ISSN 2588-0977*.
- Feijóo, M. (2021). *Disminución del porcentaje de scrap en una fábrica de fundas y rollos plásticos aplicando herramientas de mejora alineadas a la metodología DMAIC*. Guayaquil: ESPOL.
- Garza, R., González, C., Rodríguez, E., & Hernández, C. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*.
- George, M. (2002). *Lean Six Sigma*. McGraw-Hill.
- González, C. (2021). *Reducción del tiempo de reparación de máquinas de cómputo en una empresa de servicio técnico, aplicando herramientas de mejora alineadas a la metodología DMAIC*. Guayaquil : ESPOL.
- Gutiérrez, H. (2020). *Calidad y Productividad*. Ciudad de México: McGraw-Hill.
- Keisen. (2002). *Keisen*. Obtenido de <https://keisen.com/es/wp-content/uploads/2015/05/Manual-de-Control-y-mejora-continua-de-los-procesos.pdf>
- Kuligovski, C., Waloski, A., Oliveira, C., Palma, J., & Melo, A. (2021). 5S and 5W2H Tools Applied to Research Laboratories: Experience from Instituto Carlos Chagas - FIOCRUZ/PR for Cell Culture Practices. *Brazilian archives of biology and technology*.
- Martins, J. (febrero de 2024). *Asana*. Obtenido de <https://asana.com/es/resources/project-charter>
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2018). *The Six Sigma Handbook*. McGraw-Hill.
- Reyes, A. (1978). *Administración de empresas, teoría y práctica*. Limusa.
- Sotelo, R., & De Jesús, F. (2016). *Sistema de verificación de puntas de cautín*. Puebla: Universidad Iberoamericana Puebla.
- Steffens, G., & Cadiat, A. (2016). *Los criterios SMART, el método para fijar objetivos con éxito*. 50Minutos.es.
- Uluska, M. (2016). *A comprehensive insight into the six sigma DMAIC toolbox*. Esmerald Insight.

## ANEXOS

## ANEXO A

### Ejemplo de tabla de recolección de datos para etapa de medición

[illegible]

ANEXO B

Matriz causa efecto para el problema enfocado: elevado tiempo de envasado de la presentación de 250 mL

MATRIZ DE CAUSA Y EFECTO - ELEVADO TIEMPO DE ENVASADO DE PRESENTACIÓN DE 250 ML

|                     |                                                                                                               |                                                                              |                                    |   |   |   |   |                  |  |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---|---|---|---|------------------|--|
|                     |                                                                                                               | NIVEL DE IMPORTANCIA<br>A LA CALIFICACIÓN DEL<br>CLIENTE<br>ESCALA DE 1 A 10 | 10                                 |   |   |   |   |                  |  |
|                     |                                                                                                               | PASO DEL PROCESO                                                             | 1                                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6                |  |
|                     |                                                                                                               | Variables de respuesta                                                       | Elevado<br>tiempo de<br>etiquetado |   |   |   |   |                  |  |
| PASO DEL<br>PROCESO | ENTRADAS DEL PROCESO                                                                                          | CLASIFICACIÓN DE ENTRADA DE PROCESO: 9 = ALTO 3 = MEDIO 1 = BAJO             |                                    |   |   |   |   | TOTAL<br>IMPACTO |  |
| 1                   | Proceso de tipo batch, se hace todo un proceso completo antes de pasar al siguiente                           | 1                                                                            |                                    |   |   |   |   | 10               |  |
| 2                   | Trabajo estático del operador, se realiza de pie por tiempos prolongados                                      | 1                                                                            |                                    |   |   |   |   | 10               |  |
| 3                   | Falta de capacitación sobre mejora de habilidades manuales específicas para las diferentes etapas de envasado | 0                                                                            |                                    |   |   |   |   | 0                |  |
| 4                   | No existe rotación de actividades entre los operadores                                                        | 1                                                                            |                                    |   |   |   |   | 10               |  |
| 5                   | Todo el proceso de envasado lo realiza un solo operador                                                       | 9                                                                            |                                    |   |   |   |   | 90               |  |
| 6                   | No existe materiales suficientes para terminar una orden completa                                             | 1                                                                            |                                    |   |   |   |   | 10               |  |

## ANEXO C

**Análisis del grupo de 22 productos que corresponden al grupo entre 500 y 1000 Kg analizados en la figura 2.20 para el mes de septiembre**

| Producto | Consumo en Kg | Producido en Kg |
|----------|---------------|-----------------|
| A        | 860           | 1200            |
| B        | 1500          | 1800            |
| C        | 760           | 800             |
| D        | 900           | 1200            |
| E        | 450           | 600             |
| F        | 1600          | 1800            |
| G        | 800           | 1200            |
| H        | 400           | 600             |
| I        | 1500          | 1800            |
| J        | 300           | 600             |
| K        | 500           | 600             |
| L        | 750           | 900             |
| M        | 1100          | 1200            |
| N        | 800           | 1200            |
| Ñ        | 750           | 900             |
| O        | 860           | 1200            |
| P        | 750           | 900             |
| Q        | 890           | 1200            |
| R        | 520           | 600             |
| S        | 730           | 900             |
| T        | 480           | 600             |
| U        | 720           | 900             |