

Escuela Superior Politécnica Del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Incremento de la productividad en la línea de producción para discos de
empanadas

INGE-2941

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Industrial

Presentado por:

Sebastian Farid Quezada Zamora

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

El presente proyecto se lo dedico a mi familia, a mis padres por su apoyo incondicional, a mis hermanos por acompañarme todos estos años, a mis mascotas que me acompañaban siempre en las noches de trabajo, a mis amigos y compañeros de la universidad, sin los cuales no hubiera sido la misma historia.

Agradecimientos

Mis más sinceros agradecimientos a la empresa por permitirme realizar mi trabajo de titulación dentro de sus instalaciones y por la hospitalidad brindada durante este proceso. A mi tutora del proyecto, por su guía, apoyo invaluable y acompañamiento en cada etapa del desarrollo de este trabajo. A todos los profesores de ESPOL de quienes recibí conocimientos fundamentales que enriquecieron mi formación académica y profesional.

Declaración Expresa

Yo Sebastian Farid Quezada Zamora 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.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, 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, 28 de Mayo del 2025.


Sebastian Farid Quezada
Zamora

Evaluadores

Sofia Anabel Lopez Iglesias M.sc

Profesor de Materia

María Fernanda López Sarzosa, M.sc

Tutor de proyecto

Resumen

Este proyecto se desarrolla para encaminar la baja productividad en la línea de producción de discos de empanada de una empresa alimentaria. Sus objetivos son incrementar la productividad en un 8%, bajo la hipótesis de que el control de variables críticas como el peso del producto y el mantenimiento preventivo mejoraría la eficiencia. Para su desarrollo, se utilizaron metodologías DMAIC y herramientas como SIPOC, diagramas de Ishikawa, pruebas de hipótesis y matrices de impacto-esfuerzo. Se implementaron envases de dosificación estandarizados y cronogramas de mantenimiento preventivo. Los datos se recolectaron mediante registros históricos y muestreos en tiempo real. Los resultados mostraron un aumento del 6.07% en productividad (de 118.53 a 125.73 unidades/parada), una reducción del 4.71% en sobrepeso del producto y ahorros del 5.67% en costos de materia prima. Además, se redujo el consumo de agua en un 4.12% y se mejoró la estabilidad del proceso. En conclusión, el enfoque en causas raíz y la integración de herramientas de control estadístico son efectivos para lograr mejoras sostenibles. El proyecto demuestra que la optimización de operaciones críticas genera impactos positivos en productividad, sostenibilidad y rentabilidad.

Palabras Clave: Paradas, DMAIC, Harina, Discos

Abstract

This project was developed to address the low productivity of a food company's empanada disc production line. Its objective was to increase productivity by 8%, based on the hypothesis that controlling critical variables such as product weight and preventive maintenance would improve efficiency. For its development, DMAIC methodologies and tools such as SIPOC, Ishikawa diagrams, hypothesis testing, and impact-stress matrices were used. Standardized dosing containers and preventive maintenance schedules were implemented. Data was collected through historical records and real-time sampling. The results showed a 6.07% increase in productivity (from 118.53 to 125.73 units/stop), a 4.71% reduction in product overweight, and 5.67% savings in raw material costs. Additionally, water consumption was reduced by 4.12% and process stability was improved. In conclusion, focusing on root causes and integrating statistical control tools are effective in achieving sustainable improvements. The project demonstrates that optimizing critical operations generates positive impacts on productivity, sustainability, and profitability.

Keywords: “Paradas”, DMAIC, Flour, Disc

Índice general

Resumen.....	I
<i>Abstract</i>	II
Índice general	III
Abreviaturas.....	VII
Simbología.....	VIII
Índice de figuras.....	IX
Índice de tablas	XIII
Capítulo 1	XV
1.1 Introducción	1
1.2 Descripción del Problema	2
1.3 Justificación del Problema	2
<i>1.4 Objetivos.....</i>	3
<i>1.4.1 Objetivo general</i>	3
<i>1.4.2 Objetivos específicos</i>	3
<i>1.5 Marco teórico</i>	4
1.5.1 Productividad en manufactura	4
1.5.2 Mejora continua y Six Sigma.....	4
1.5.3 Herramientas VOC y CTQ	5
1.5.4 Análisis de series de tiempo en productividad	5
1.5.5 Estudios aplicados en la industria alimentaria	6

Capítulo 2	7
2. Metodología.....	8
2.1 Definir.....	8
2.1.1 SIPOC	8
2.1.2 VOC (Voice of customer)	9
2.1.3 Cuadro de afinidad	10
2.1.4 CTQ tree (Crítico para la calidad)	11
2.1.5 Variable de respuesta.....	12
2.1.6 Serie de tiempo	12
2.1.7 Planteamiento del problema	14
2.1.8 Escenarios	15
2.1.9 Triple bottom line (TBL).....	16
2.2 Medir	18
2.2.1 Levantamiento de procesos	19
2.2.2 Plan de recolección de datos.....	22
2.2.3 Confiabilidad de los datos	24
2.2.4 Prueba de normalidad	31
2.2.5 Rangos móviles.....	33
2.2.6 Análisis de capacidad	33
2.2.7 Estratificación.....	35
2.2.8 Problema enfocado	47
2.3 Analizar.....	48
2.3.1 Brainstorming (lluvia de ideas)	48
2.3.2 Diagrama Ishiwaka.....	49
2.3.3 Matrix causa-efecto	51
2.3.4 Pareto	52

2.3.5	Matrix impacto-control	53
2.3.6	Plan de verificación de causas	55
2.3.7	Verificación de causas	56
2.3.8	5 ¿por qué?	62
2.4	<i>Mejora</i>	63
2.4.1	Soluciones propuestas.....	63
2.4.2	Matrix impacto-esfuerzo	63
2.4.3	Análisis económico	64
2.4.4	Análisis de soluciones.....	66
2.4.5	Plan de implementación	67
2.4.6	Implementación	70
2.5	<i>Control</i>	85
2.5.1	Plan de control.....	85
2.5.2	Plan de reacción	88
Capítulo 3.....		91
3. Resultados y análisis		92
3.1	<i>Serie de tiempo</i>	92
3.2	<i>Análisis de normalidad</i>	93
3.3	<i>Análisis de capacidad</i>	94
3.4	<i>Rango móvil y valores individuales</i>	96
3.5	<i>Productividad</i>	97
3.6	<i>Productividad Línea Argentina</i>	99
3.7	<i>Variable de sobrepeso del producto</i>	100
3.8	<i>Triple bottom line</i>	101

3.8.1	Medio ambiente	101
3.8.2	Social.....	103
3.8.3	Económico	104
Capítulo 4.....		106
4.1 Conclusiones y recomendaciones		107
4.1.1	<i>Conclusiones.....</i>	<i>107</i>
4.1.2	<i>Recomendaciones</i>	<i>108</i>
Referencias		109

Abreviaturas

5W	Metodología 5 ¿por qué?
CTQ	Critical to Quality
DMAIC	Definir, Medir, Analizar, Implementar, Control
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
SIPOC	Suppliers Inputs Process Outputs Customers
TBL	Triple bottom line
VOC	Voice of Customer

Simbología

Cm	Centímetro
C _{pk}	Índice de Capacidad del Proceso
C _{PL}	Índice de Capacidad Inferior del Proceso
Kg	Kilogramo
Lt	Litro
Mm	Milímetro
P _{pk}	Índice de Rendimiento del Proceso
P _{PL}	Índice de Rendimiento Inferior del Proceso

Índice de figuras

Figura 1	10
Figura 2	11
Figura 3	12
Figura 4	13
Figura 5	15
Figura 6	21
Figura 7	21
Figura 8	21
Figura 9	22
Figura 10	26
Figura 11	26
Figura 12	27
Figura 13	28
Figura 14	28
Figura 15	29
Figura 16	29
Figura 17	30
Figura 18	30
Figura 19	31
Figura 20	32
Figura 21	33
Figura 22	34

Figura 23	36
Figura 24	36
Figura 25	38
Figura 26	38
Figura 27	39
Figura 28	40
Figura 29	41
Figura 30	42
Figura 31	43
Figura 32	44
Figura 33	45
Figura 34	46
Figura 35	46
Figura 36	47
Figura 37	49
Figura 38	50
Figura 39	52
Figura 40	54
Figura 41	57
Figura 42	58
Figura 43	59
Figura 44	59
Figura 45	61
Figura 46	61

Figura 47	64
Figura 48	70
Figura 49	71
Figura 50	72
Figura 51	74
Figura 52	75
Figura 53	79
Figura 54	80
Figura 55	81
Figura 56	82
Figura 57	84
Figura 58	85
Figura 59	88
Figura 60	89
Figura 61	89
Figura 62	90
Figura 63	92
Figura 64	93
Figura 65	94
Figura 66	95
Figura 67	96
Figura 68	97
Figura 69	98
Figura 70	99

Figura 71	100
Figura 72	101
Figura 73	102
Figura 74	103
Figura 75	104

Índice de tablas

Tabla 1	8
Tabla 2	23
Tabla 3	25
Tabla 4	45
Tabla 5	51
Tabla 6	53
Tabla 7	55
Tabla 8	62
Tabla 9	65
Tabla 10	66
Tabla 11	67
Tabla 12	68
Tabla 13	69
Tabla 14	75
Tabla 15	77
Tabla 16	78
Tabla 17	80
Tabla 18	83
Tabla 19	87
Tabla 20	100
Tabla 21	102
Tabla 22	103
Tabla 23	104

Capítulo 1

1.1 Introducción

En la industria alimentaria actual, especialmente en productos de consumo frecuente como los discos para empanadas, la mejora continua de los procesos productivos se vuelve esencial para satisfacer una demanda creciente. La empresa en estudio, dedicada a la producción de discos de empanadas en la ciudad de Guayaquil, forma parte de un sector industrial que requiere altos niveles de eficiencia operativa para mantenerse competitivo. Dado que la demanda de estos productos ha ido en aumento de forma sostenida en los últimos años, se vuelve necesario optimizar el desempeño de la línea de producción para asegurar el cumplimiento de los volúmenes proyectados sin comprometer la calidad ni los recursos disponibles.

En este contexto, se hace necesaria la implementación de una metodología estructurada que permita identificar las deficiencias del proceso, comprender sus causas y aplicar soluciones sostenibles. Para ello, se ha optado por el uso de la metodología DMAIC, una herramienta propia de Six Sigma orientada a la mejora continua y basada en el análisis de datos. Esta metodología se compone de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, las cuales permiten abordar problemas complejos de productividad de manera sistemática.

La aplicación de DMAIC en procesos de manufactura ha demostrado ser efectiva para optimizar el rendimiento, reducir variabilidad y establecer controles que aseguren la sostenibilidad de las mejoras implementadas. En el caso de la empresa analizada, se busca cerrar la brecha entre la productividad actual y la requerida, utilizando esta metodología como guía para el análisis y rediseño del proceso productivo de discos de empanadas.

1.2 Descripción del Problema

La empresa de producción de discos de empanadas ubicada en la ciudad de Guayaquil enfrenta actualmente una brecha entre su capacidad operativa y la demanda creciente del mercado. Esta organización, dedicada exclusivamente a la elaboración de discos de masa para empanadas, observa un crecimiento sostenido en los pedidos de sus clientes, lo cual plantea la necesidad de aumentar su productividad sin comprometer la calidad del producto ni generar sobrecarga en sus recursos.

El proceso productivo se estructura en etapas que incluyen dosificación de ingredientes, mezclado, aplanado, laminado, moldeado, empaque, sellado, codificado y engavetado. Cada etapa involucra equipos y operadores que trabajan bajo turnos programados. La unidad de control principal para medir la productividad es el número de unidades de paquetes producidas por “parada”, definida como el uso completo de un saco de harina en el proceso. Actualmente, el promedio de producción es de 118,53 unidades de paquetes por parada, mientras que para satisfacer la demanda proyectada se requiere alcanzar al menos 127 unidades por parada. Esta diferencia de 9 unidades representa una pérdida de productividad que, acumulada a lo largo de los turnos y semanas, impacta directamente en la capacidad de entrega y competitividad de la empresa.

1.3 Justificación del Problema

Resolver este problema es importante porque permite aprovechar mejor los recursos disponibles y reducir pérdidas asociadas al desperdicio de insumos o a paradas innecesarias. La productividad actual, medida en unidades por parada (cantidad de sacos de harina), se encuentra por debajo del objetivo estratégico, lo que revela ineficiencias que deben ser abordadas. Mejorar esta métrica significa incrementar el rendimiento sin aumentar

proporcionalmente los costos, lo cual es fundamental para empresas del sector alimentario que operan en mercados competitivos y sensibles a los precios.

Además, la mejora en la productividad impacta directamente en otros indicadores clave del negocio, tales como:

- Reducción de desperdicio, al optimizar el uso del saco de harina y minimizar retrabajos.
- Estabilidad del proceso, al disminuir la variabilidad entre turnos y líneas de producción.
- Gestión del personal, al facilitar la planificación de turnos y disminuir la carga operativa.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Incrementar la productividad promedio en la línea de producción de discos de empanada en 4 unidades de paquetes por parada a partir de agosto de 2025.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar las principales causas que limitan la productividad en la línea de producción de discos de empanada.
- Diseñar soluciones orientadas a incrementar la productividad con los recursos y la infraestructura actuales.
- Implementar las soluciones propuestas y evaluar su impacto en el desempeño de la línea (unidades producidas por parada).

1.5 Marco teórico

Para sustentar teóricamente este estudio, se revisan conceptos y hallazgos de investigaciones nacionales e internacionales sobre productividad, mejora continua y metodologías estructuradas de mejora (DMAIC), así como herramientas específicas de Six Sigma (VOC, CTQ) y análisis de series de tiempo.

1.5.1 Productividad en manufactura

La productividad se define como la razón entre la cantidad de bienes o servicios producidos y los recursos utilizados en su elaboración (tiempo, materia prima, mano de obra) (Heizer, Render & Munson, 2020). En el sector de alimentos, la medición y optimización de la productividad es crítica debido al alto volumen de producción y la presión de costos (Herrera & Martínez, 2019). Un estudio en panaderías industriales en México demostró que intervenciones enfocadas en la estandarización de procesos pueden incrementar la productividad hasta en un 15 % (García et al., 2021).

1.5.2 Mejora continua y Six Sigma

La mejora continua es una filosofía de gestión que promueve cambios incrementales y sistemáticos para optimizar procesos (Imai, 1986). Six Sigma es un enfoque cuantitativo surgido en Motorola que busca reducir la variabilidad y los defectos a través de proyectos estructurados (Pande, Neuman & Cavanagh, 2000).

Dentro de Six Sigma, DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) es el ciclo principal para abordar problemas de calidad y productividad (Antony, 2006). Diversos estudios en la industria de alimentos han validado la eficacia de DMAIC para aumentar la

eficiencia y disminuir pérdidas: por ejemplo, en una planta de snacks en Brasil se logró reducir el desperdicio en un 25 % tras ejecutar proyectos DMAIC (Silva & Souza, 2018).

1.5.3 Herramientas VOC y CTQ

La fase Definir de DMAIC incluye la recolección de la Voz del Cliente (Voice of the Customer, VOC) para captar expectativas y necesidades de los stakeholders (Yang, 2003). A partir de la VOC, se construye el árbol CTQ (Critical to Quality Tree) para traducir las expectativas en características medibles del proceso (drivers y CTQs) (Juran & Godfrey, 1999).

En el contexto industrial alimentario, la aplicación de VOC y CTQ ha permitido alinear proyectos de mejora con la percepción del cliente final, garantizando que las soluciones propuestas respondan a los atributos críticos de calidad, como consistencia de producto y tiempos de entrega (López & Ramírez, 2022).

1.5.4 Análisis de series de tiempo en productividad

El análisis de series de tiempo es fundamental para comprender tendencias, estacionalidades y variabilidad en indicadores de desempeño (Box, Jenkins & Reinsel, 2015). Este método ha sido aplicado en agroindustria para modelar la productividad diaria y prever necesidades de producción (Martínez et al., 2020).

En este proyecto, la serie de tiempo de productividad (unidades producidas por parada) entre noviembre 2024 y abril 2025 sirve para establecer la línea base del proceso y cuantificar la brecha frente al objetivo de 127 unidades por parada.

1.5.5 Estudios aplicados en la industria alimentaria

Investigaciones recientes en América Latina ilustran casos de éxito al aplicar DMAIC en procesos de panificación y alimentos congelados:

Argentina: mejora de la eficiencia en una planta de galletas, logrando un incremento del 12 % en productividad y reducción del 18 % en merma (Fernández & Molina, 2021).

Chile: proyecto DMAIC en producción de harina de maíz, que aumentó la producción en 10 % y estandarizó los procesos de molienda (Castro et al., 2022).

Estos resultados demuestran la transferibilidad de las metodologías de mejora continua a diferentes líneas de producción de la industria alimentaria.

Capítulo 2

2. Metodología.

Para el desarrollo del este proyecto se implementó la metodología DMAIC, la cual consiste en cinco fases representadas por sus siglas en inglés: Define (Definir), Measure (Medir), Analyze (Analizar), Improve (Mejora), Control (Controlar). Cada una de estas partes es clave para la elaboración del proyecto, explicando su desarrollo en los siguientes capítulos con su aplicación dentro del proyecto.

2.1 Definir

2.1.1 SIPOC

La definición del alcance del proyecto se llevó a cabo mediante la utilización de la herramienta SIPOC (Proveedores, Inputs, Proceso, Outputs, Clientes). Esta metodología permitió cartografiar el proceso global de producción de la empresa, estableciendo así los límites del proyecto de manera objetiva. El resultado de este análisis de alcance se presenta de forma detallada en la Tabla 1, la cual enumera de manera exhaustiva todas las etapas incluidas. El alcance del proyecto abarca la totalidad de las etapas que conforman el proceso de producción de la empresa.

Tabla 1

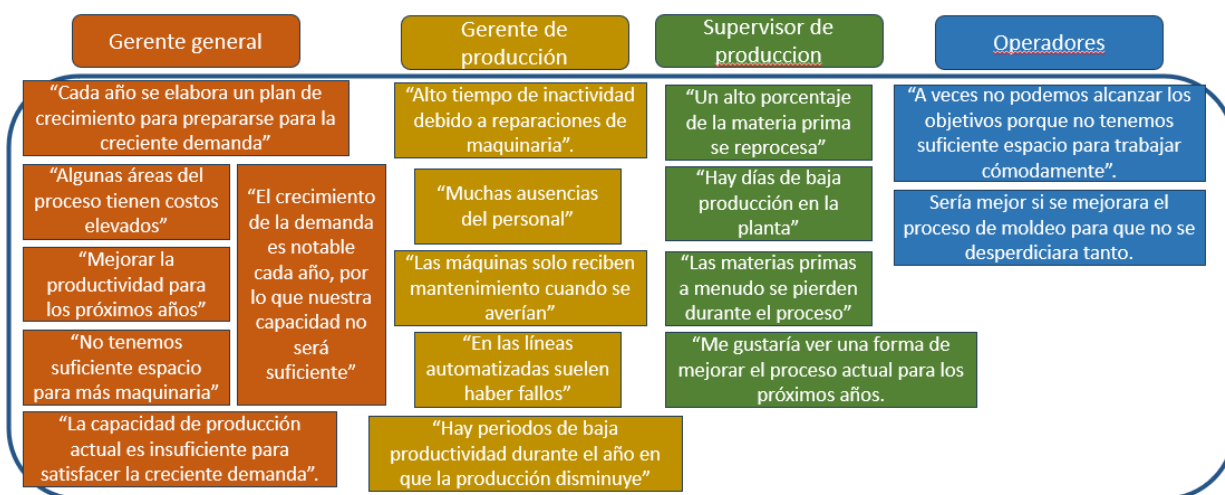
Tabla Sipoc

S	I	P	O	C
Proveedores	Entradas	Procesos	Productos	Clientes
Almacén	Materias primas	Dosificación del premix	Premix dosificado	Mezcladora
Almacén - Dosificación	Harina - Premix	Mezcla de harina con premix dosificado	Masa mezclada	Máquina de aplanado

Mezclado	Masa mezclada - Bordes de masa	Aplanado de la masa mezclada en láminas	Masa aplanada	Líneas de laminado
Aplanado	Masa aplanada	Laminado del producto aplanado y corte en discos	Disco de empanada – Bordes de masa	Empaque - Aplanado
Laminadoras	Disco de empanada	Empacado del disco como producto final	Paquetes de discos	Máquinas de sellado
Empaque	Paquetes de discos	Sellado del producto final en bolsas	Paquetes sellados	Codificadores
Selladoras	Paquetes sellados	Codificación de las bolsas selladas	Paquetes codificados	Estantería
Codificadores	Paquetes codificados	Almacenamiento del producto terminado	Bandejas con producto terminado	Cámara de frío (Despacho)

2.1.2 VOC (Voice of customer)

Una vez definido el alcance del proyecto, se procedió a recabar las perspectivas de los representantes del cliente, utilizando para ello la herramienta denominada VOC (Voice of the Customer), o Voz del Cliente en español. Mediante esta metodología, se recolectaron diversos puntos de vista con el fin de identificar la problemática principal de la empresa. Las opiniones obtenidas fueron categorizadas según los diferentes actores involucrados, entre los que se encuentran el Gerente General, el Gerente de Producción, el Supervisor de Producción y los Operadores. Los resultados de este ejercicio de recolección de información se presentan de manera resumida en la Figura 1.

Figura 1*Voz del cliente*

2.1.3 Cuadro de afinidad

Dada la diversidad de perspectivas obtenidas, resultaba complejo extraer conclusiones definitivas. Para superar este desafío, se seleccionaron las opiniones más relevantes y se agruparon en categorías temáticas comunes, mediante la técnica de cuadros de afinidad. Esta agrupación facilitó significativamente la identificación y selección de la problemática principal. Los resultados de este análisis se visualizan en la Figura 2, la cual presenta los cuadros de afinidad organizados en las siguientes categorías: Operaciones y Recursos, Planificación y Demanda, y Producción y Eficiencia.

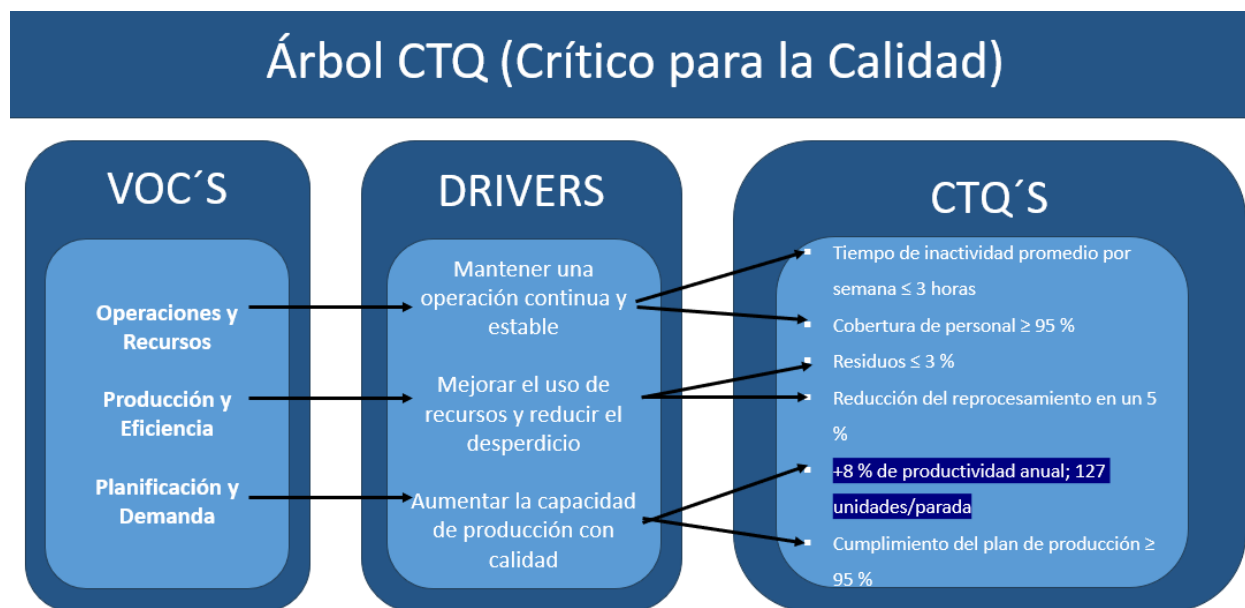
Figura 2*Cuadro de afinidad*

2.1.4 CTQ tree (Crítico para la calidad)

Una vez agrupadas las opiniones en los cuadros de afinidad, estas se utilizaron como insumo para la herramienta denominada Árbol CTQ (Critical to Quality o Crítico para la Calidad), ilustrada en la Figura 3. A partir de los drivers o impulsores definidos —mantener una operación continua y estable, mejorar el uso de recursos y reducir desperdicios, y aumentar la capacidad de producción con calidad— se derivaron los requisitos críticos para la calidad (CTQs). El CTQ seleccionado como variable clave para el proyecto fue la productividad, con el objetivo de incrementarla en un 8%.

Figura 3

CTQ tree (Crítico para la calidad)



2.1.5 Variable de respuesta

Finalmente, se definió como variable de salida la productividad, la cual se cuantifica mediante la ecuación presentada (1.1). Dicha ecuación la define como el cociente entre el número total de unidades de paquetes producidos y la cantidad de "paradas" —entendiendo por "parada" el procesamiento de un saco de harina— procesadas durante el período de estudio.

$$Productividad = \frac{Unidades\ totales\ producidas}{Total\ de\ paradas\ procesadas} \quad (1.1)$$

2.1.6 Serie de tiempo

Se recolectaron datos históricos de productividad semanal de la empresa correspondientes al período comprendido entre noviembre de 2024 y abril de 2025, con el

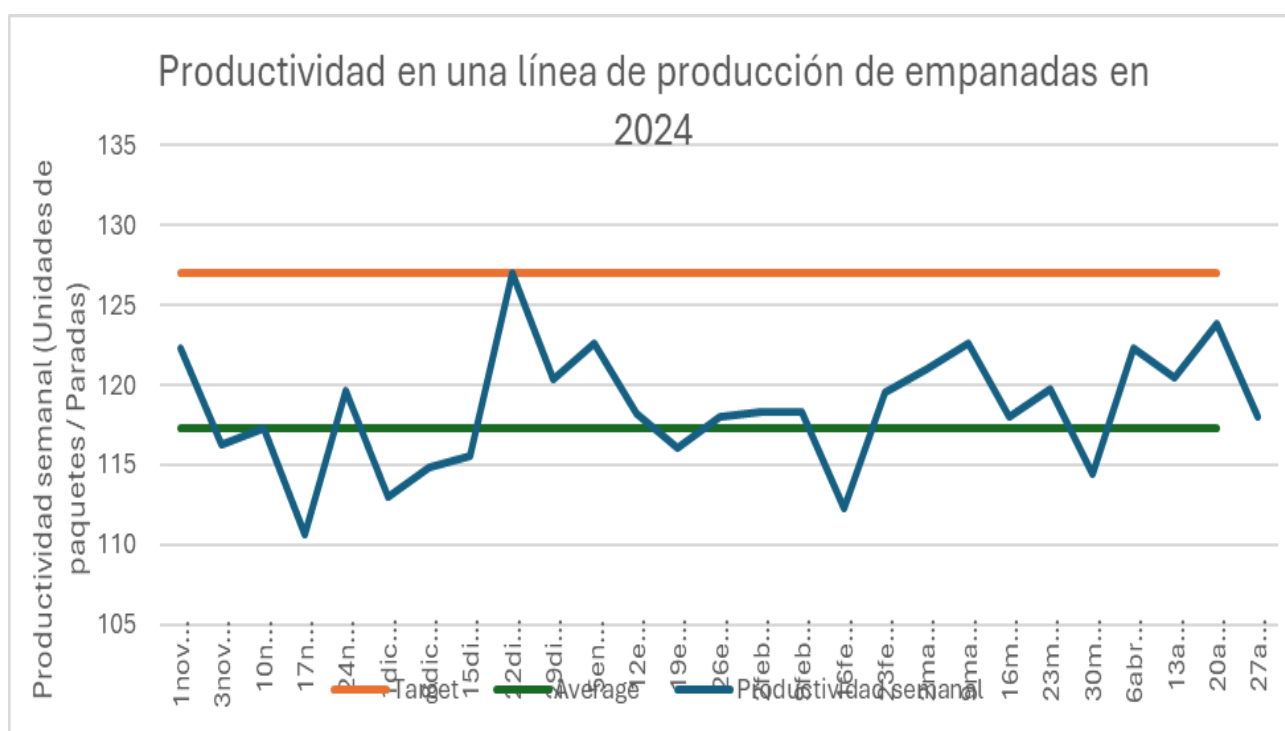
propósito de realizar un análisis de su comportamiento durante un intervalo de seis meses.

Estos datos se presentan gráficamente en la Figura 4, la cual ilustra la serie temporal de la productividad. El análisis revela que el valor promedio de productividad para este período fue de 118.53 unidades por parada.

Dicho valor resultó ser significativamente inferior a la meta establecida de 127 unidades por parada. Este objetivo fue definido en base a un análisis de las necesidades operativas de la empresa y su máxima capacidad productiva demostrada dentro del mismo intervalo de tiempo de seis meses.

Figura 4

Serie de tiempo de productividad semanal



2.1.7 Planteamiento del problema

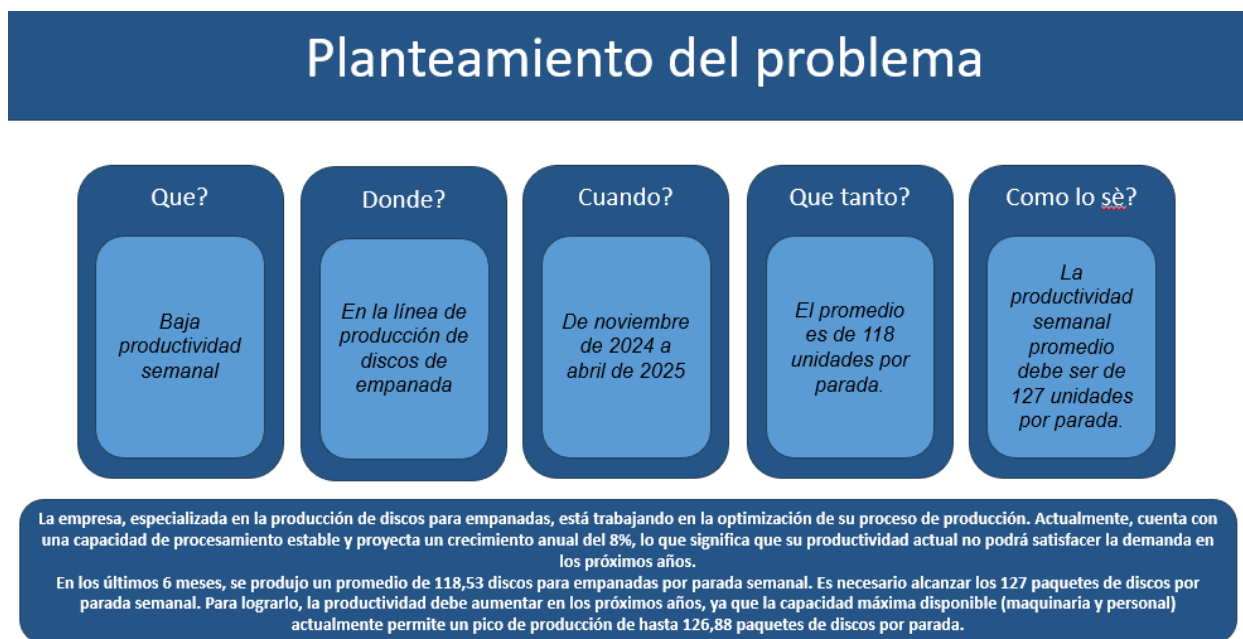
Con base en el análisis de los datos recopilados, se procedió a definir el problema central siguiendo la metodología de los 5 ¿Por qué?, la cual se sintetiza en la Figura 5. Esta herramienta permitió desglosar el problema en sus dimensiones fundamentales:

- ¿Qué?: Baja productividad semanal
- ¿Dónde?: En la línea de producción de discos de empanada
- ¿Cuándo?: Desde noviembre de 2024 a abril de 2025.
- ¿Qué tanto?: El promedio es de 118 unidades por parada.
- ¿Cómo lo sé?: La productividad semanal promedio debe ser de 127 unidades por parada

La síntesis de este análisis conduce al siguiente planteamiento formal del problema:

La empresa, especializada en la producción de discos para empanadas, está trabajando en la optimización de su proceso de producción. Actualmente, cuenta con una capacidad de procesamiento estable y proyecta un crecimiento anual del 8%, lo que significa que su productividad actual no podrá satisfacer la demanda en los próximos años.

En los últimos 6 meses, se produjo un promedio de 118,53 discos para empanadas por parada semanal. Es necesario alcanzar los 127 paquetes de discos por parada semanal. Para lograrlo, la productividad debe aumentar en los próximos años, ya que la capacidad máxima disponible (maquinaria y personal) actualmente permite un pico de producción de hasta 126,88 paquetes de discos por parada.

Figura 5*Planteamiento del problema*

2.1.8 Escenarios

A partir del problema planteado, y con el fin de establecer metas cuantificables y alcanzables, se definieron tres escenarios prospectivos. Estos escenarios buscan reducir la brecha identificada entre la productividad actual (118.53 unidades/parada) y la meta ideal (127 unidades/parada). La definición de cada escenario se realizó considerando el potencial de mejora y el impacto financiero asociado:

- **Escenario Optimista:** Plantea una reducción del 80% de la brecha de productividad, lo que se traduce en un incremento de 7 unidades por parada. Este escenario generaría un aumento estimado del 6% en los ingresos.
- **Escenario Moderado:** Propone una reducción del 50% de la brecha de productividad, equivalente a una ganancia de 4 unidades por parada. El impacto esperado en los ingresos sería de un 5%.

- Escenario Pesimista: Considera una reducción del 35% de la brecha, con un aumento de 3 unidades por parada. Este resultado conllevaría un incremento del 3% en los ingresos.

Tras un análisis de viabilidad, se seleccionó el Escenario Moderado como el objetivo oficial del proyecto. Esta decisión se basó en que representa un balance entre necesidad y realismo.

2.1.9 Triple bottom line (TBL)

Para garantizar que el proyecto genere valor integral, su impacto se evaluará bajo el marco de Triple Bottom Line (TBL), el cual considera la sostenibilidad en tres dimensiones interdependientes: ambiental, económica y social. A continuación, se definen las variables e indicadores claves seleccionados para cada ámbito:

Dimensión Ambiental:

- Variable: Uso responsable del recurso hídrico.
- Objetivo: Garantizar el uso eficiente y sostenible del agua durante el proceso de producción.
- Indicador (KPI): Intensidad de consumo de agua.
- Fórmula:

(1.2)

$$\frac{\text{Consumo de agua (Litros)}}{\text{Masa producida (kg)}}$$

- Meta: Reducir el ratio actual de consumo de agua por kilogramo de masa producida.

Dimensión Económica:

- Variable: Eficiencia en la productividad y rentabilidad.
- Objetivo: Mejorar el rendimiento económico mediante la optimización de la eficiencia productiva, la reducción de costos por unidad y la maximización de la utilización de recursos.
- Indicador (KPI): Reducción porcentual de paradas requeridas por unidad producida.
- Fórmula:

$$\%Reduccion = \frac{Paradas_antes - Paradas_despues}{Paradas\ antes} \times 100 \quad (2.3)$$

Donde:

- Paradas_antes: Número de paradas necesarias para producir 10000 unidades antes del proyecto.
- Paradas_despues: Número de paradas necesarias para producir 10000 unidades después del proyecto.
- Meta: Alcanzar la reducción de paradas definida en el escenario moderado, traduciéndose en una mejora de la rentabilidad.

3. Dimensión Social:

- Variable: Capital humano y desarrollo laboral.
- Objetivo: Empoderar a la fuerza laboral e impulsar su desarrollo mediante la inversión en programas de capacitación, buscando mejorar tanto la eficiencia operativa como la satisfacción y el crecimiento personal de los empleados.
- Indicador (KPI): Tasa de incremento de la productividad atribuible a la capacitación.

- Fórmula:

$$\%Incremento = \frac{Producción_antes - Producción_despues}{Producción\ antes} \times 100$$

(2.4)

Donde:

- Producción_antes: Producción promedio (unidades/parada) previa a la capacitación.
 - Producción_despues: Producción promedio (unidades/parada) posterior a la capacitación.
- Meta: Lograr un incremento medible en la productividad como resultado directo de las iniciativas de capacitación implementadas.

El proyecto se encuentra alineado con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 9: "Industria, Innovación e Infraestructura"

2.2 Medir

Una vez completada la fase de Definición, que sentó las bases del proyecto al identificar el problema, el alcance y los objetivos, se inicia la fase de Medición. El propósito central de esta etapa es realizar un análisis estadístico riguroso del proceso de producción para determinar su capacidad actual y su comportamiento.

Esta fase se desarrollará mediante la ejecución de las siguientes actividades:

- Recolección Sistemática de Datos: Se obtendrán muestras representativas de la variable de salida y de las potenciales variables de entrada clave identificadas en la fase anterior.

- **Análisis de Distribución:** Se aplicarán pruebas de normalidad y herramientas gráficas (histogramas, Figuras de probabilidad) para verificar si los datos de seguimiento de la productividad se ajustan a una distribución normal. Este paso es fundamental para seleccionar las herramientas estadísticas apropiadas en fases posteriores.
- **Evaluación de la Capacidad del Proceso:** Mediante el cálculo de índices de capacidad (como C_p , C_{pk} , P_p , P_{pk}), se cuantificará el rendimiento actual del proceso en relación con los límites de especificación establecidos (la meta de 122 unidades/parada). Esto permitirá determinar si el proceso es inherentemente capaz de cumplir con los requerimientos.
- **Identificación del Enfoque:** El análisis estadístico permitirá concentrar los esfuerzos del proyecto en el principal punto de oportunidad, ya sea un cuello de botella específico, una causa especial de variación o una causa común generalizada que impacta la capacidad global.

Los resultados de esta fase proporcionarán una línea base cuantitativa y objetiva, esencial para diagnosticar las causas raíz en la siguiente fase (Análisis) y para medir posteriormente el impacto tangible de las mejoras implementadas.

2.2.1 Levantamiento de procesos

Una vez definidas las variables de estudio, se procedió a levantar información para documentar y analizar en detalle los flujos de producción. Este análisis reveló la existencia de tres procesos distintos, correspondientes a cada una de las líneas de producción operativas en la planta: Línea Argentina, Línea Manual y Línea Blotta.

Los mapas de procesos detallados para cada línea se presentan en las siguientes figuras:

- Figura 6: Diagrama de flujo del proceso de la Línea Argentina.
- Figura 7: Diagrama de flujo del proceso de la Línea Manual.
- Figura 8: Diagrama de flujo del proceso de la Línea Blotta.

Para un análisis crítico de la eficiencia de cada proceso, se clasificaron todas las actividades utilizando un sistema de codificación por colores:

- Verde (Actividad que Agrega Valor - AV): Tarea que transforma el producto de manera directa y por la cual el cliente está dispuesto a pagar.
- Amarillo (Actividad que no agrega valor pero es necesaria - NAVN): Tarea que no transforma el producto pero que es esencial bajo las condiciones actuales.
- Naranja (Actividad que No Agrega Valor - NAV): Tarea que no transforma el producto y puede eliminarse a corto o mediano.
- Rojo (Cuello de Botella): Etapa del proceso cuya capacidad limita o restringe la capacidad total del sistema, generando demoras e ineficiencias.
- Azul (Fábrica Oculta): Actividad o proceso que consume recursos, pero cuya salida no contribuye al producto final.

Figura 6

Diagrama de flujo de la línea de producción Argentina

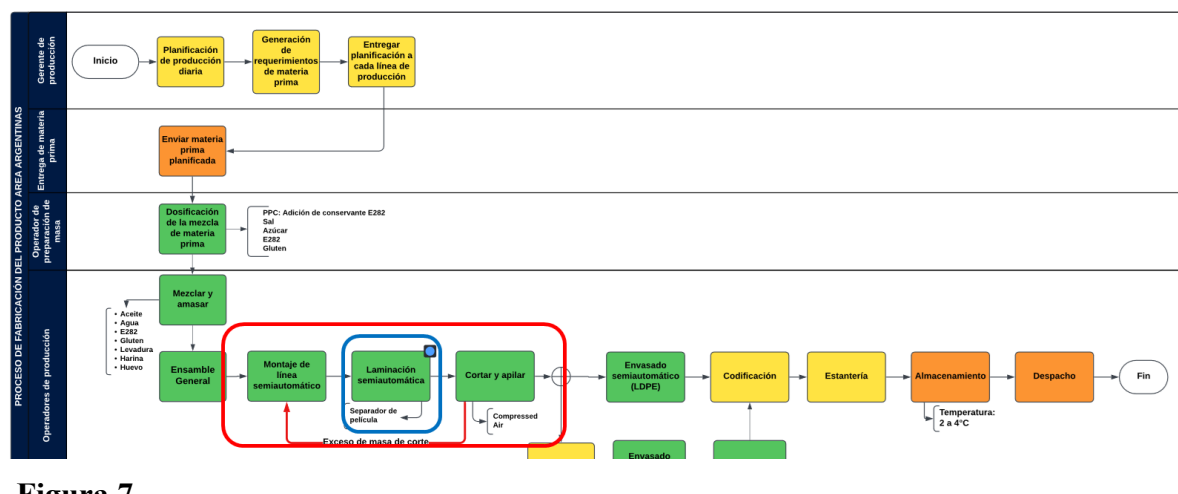


Figura 7

Diagrama de flujo de la línea de producción Manual

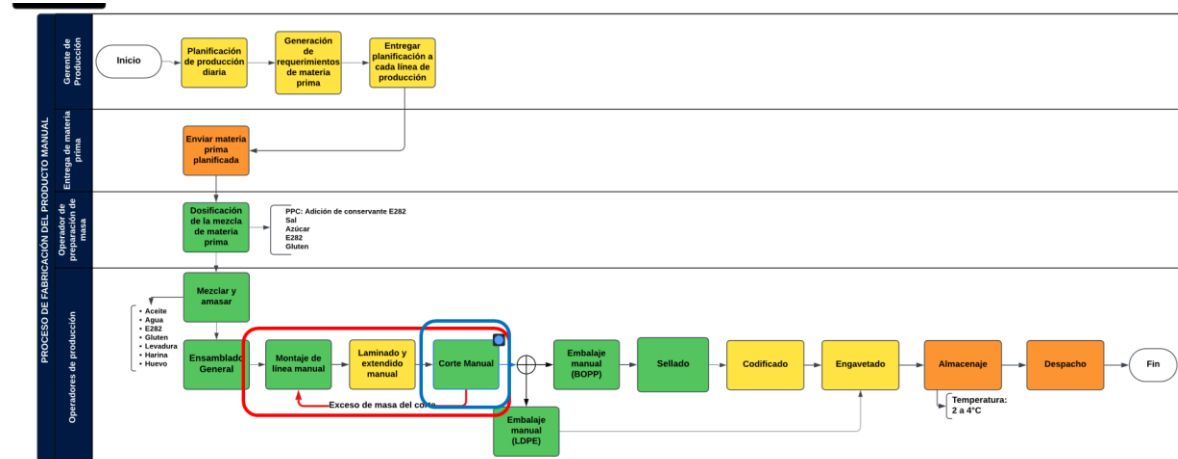
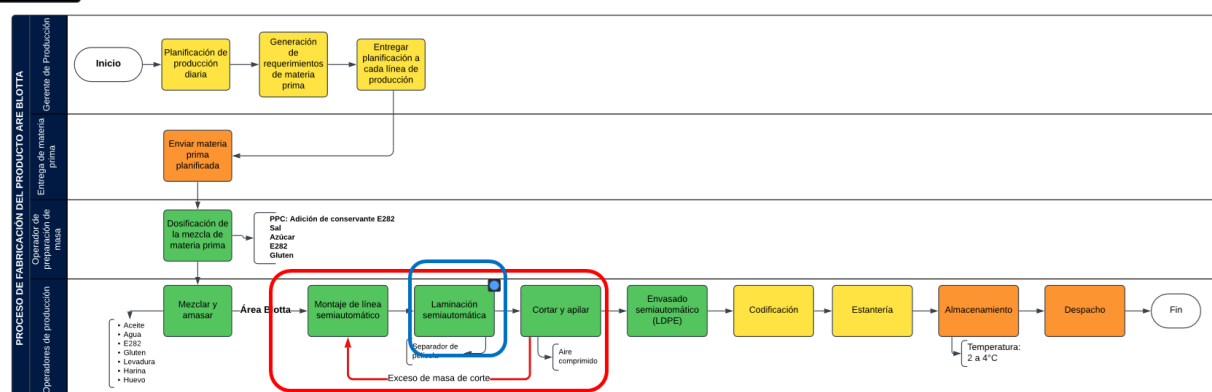


Figura 8

Diagrama de flujo de la línea de producción Blotta



Con base en la clasificación realizada en los mapas de procesos de las líneas Argentina, Manual y Blotta (Figuras 6, 7 y 8), se consolidaron y cuantificaron los resultados del análisis de valor. Los hallazgos, que desglosan la proporción de cada tipo de actividad dentro de cada proceso, se presentan de manera comparativa en la Figura 9.

Figura 9

Porcentajes de actividades



2.2.2 Plan de recolección de datos

Para garantizar que el análisis estadístico se realice con datos confiables, precisos y representativos, se diseñó e implementó un plan formal de recolección de datos. Este plan especifica de manera metódica todos los aspectos relacionados con la obtención de la información necesaria para evaluar la capacidad del proceso.

El plan se elaboró definiendo los siguientes aspectos clave para cada variable de interés:

- ¿Qué variable se mide? Se listaron las variables críticas a medir.

- Tipo de variable: Se clasificó cada una como cuantitativa (continua o discreta) o cualitativa.
- Unidades de medida: Se especificaron las unidades en las que se registraría cada variable.
- ¿Dónde se recolecta? Se identificó el punto exacto dentro del flujo del proceso donde se realizaría la medición.
- ¿Cuándo se recolecta? Se estableció el tiempo de cuando se recolectara los datos.
- ¿Cómo se mide? Se definió el instrumento o método de medición a utilizar.
- ¿Quién recolecta los datos? Se asignó un responsable específico o un rol para la tarea de recolección, asegurando la consistencia.
- Origen de los datos: Se indicó si los datos provendrían de muestras tomadas en tiempo real, de registros históricos de un período definido, o de una combinación de ambos.
- ¿Por qué?: Se documentó la razón por la cual cada variable era relevante para los objetivos del proyecto.

Este plan, documentado en la tabla 2, sirvió como hoja de ruta para asegurar la calidad e integridad de los datos.

Tabla 2

Tabla de recolección de datos

	Que			Donde	Cuando	Como	Por qué	Quien	Muestra	
	Medida operacional	Unidades	Tipo de dato	Recolectar	Recolectar	Recolectar	Recolectar	Quien lo recolecta	Muestreo	Estratificación
Y:	Productividad	Unidades /parada	Discreto	Archivo Excel	Mayo 2025	Calcular con la cantidad de unidades producidas / paradas	Para determinar la variable principal	Sebastián Quezada	Todos los datos nov 2024 – abr 2025	Por línea Por turno
X1	Unidades producidas	Unidades	Continuo	Archivo Excel	Mayo 2025	Datos históricos	Para calcular la productividad mensual	Jefe de producción	Todos los datos nov 2024 – abr 2025	Por línea Por turno
X2	Paradas	Unidades	Continuo	Archivo Excel	Mayo 2025	Datos históricos	Para calcular la productividad mensual	Jefe de producción	Todos los datos nov 2024 – abr 2025	Por línea Por turno
X3	Ausencias	Unidades	Continuo	Archivo Excel	Mayo 2025	Archivo Excel	Para calcular la productividad mensual	Sebastián Quezada	Todos los datos nov 2024 – abr 2025	Por línea Por turno
X4	Consumo de agua	Litros	Continuo	Area de producción	Mayo 2025	Medición en el área de producción	Para monitorear el uso de recursos y fomentar el consumo responsable	Sebastián Quezada	Todos los datos nov 2024 – abr 2025	Ninguna
X5	Material desperdiciado	Unidades	Continuo	Area de producción	Mayo 2025	En el área de producción	Para identificar pérdidas económicas y reducir desperdicio de material	Jefe de producción	Todos los datos nov 2024 – abr 2025	Ninguna
X6	Costo del desperdicio	Dólares	Continuo	Area de producción	Mayo 2025	En el área de producción	Para identificar pérdidas económicas y reducir desperdicio de material	Jefe de producción	Todos los datos nov 2024 – abr 2025	Ninguna
X7	Capacitaciones	Número	Continuo	Archivo Excel	Mayo 2025	Registrar cada vez que se capacita al personal	Para demostrar el impacto positivo de la empresa sobre la productividad	Sebastián Quezada	Todos los datos nov 2024 – abr 2025	Ninguna

2.2.3 Confiabilidad de los datos

Dado que una parte fundamental del análisis se basó en el uso de datos históricos, fue necesario verificar su confiabilidad y consistencia antes de proceder con cualquier prueba estadística. Para ello, se implementó una estrategia de validación que consistió en:

- Toma de Muestras: Se recolectaron muestras aleatorias en tiempo real durante un período definido, bajo condiciones operativas controladas
- Análisis Comparativo: Estas muestras recientes se compararon estadísticamente con los datos históricos.

El objetivo de este análisis fue determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los datos históricos y los datos actuales, o entre diferentes períodos dentro de la data histórica. Esto aseguraría que los datos utilizados fueran una representación válida del desempeño del proceso. Los resultados detallados de estas pruebas se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3

Datos históricos y muestras

[illegible]

2.2.3.1 Productividad

Se realizó una prueba de hipótesis de diferencia de medias ($\alpha=0.05$) utilizando los datos de la Tabla 3. El resultado ($\text{valor-p} > 0.05$) confirma que no existe diferencia significativa en la productividad entre los grupos analizados, lo que valida la estabilidad del proceso. Esta conclusión se respalda visualmente con la superposición de intervalos de confianza en la Figura 10 y la distribución gráfica de datos en la Figura 11.

Figura 10

Prueba de hipótesis productividad

				Error estándar de la media
Muestra	N	Media	Desv.Est.	
Productivity	27	118,53	3,74	0,72
Productivity Sample	25	118,99	3,83	0,77

Prueba

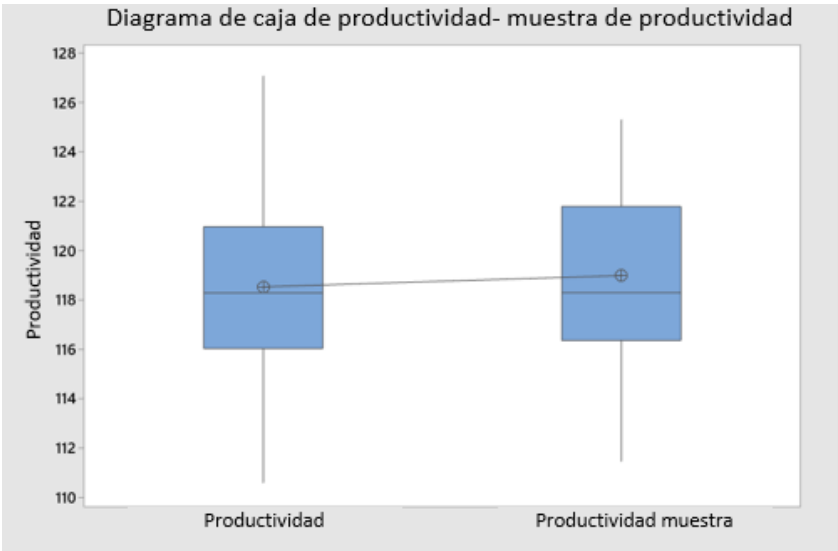
Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
-0,43	49	0,666

Figura 11

Diagrama de caja de productividad-productividad muestra



2.2.3.2 Producción

Se realizó una prueba de hipótesis de diferencia de medias ($\alpha=0.05$) utilizando los datos de la Tabla 3. El resultado (valor- $p > 0.05$) confirma que no existe diferencia significativa en los niveles de producción entre los grupos analizados, lo que valida la estabilidad del proceso. Esta conclusión se respalda visualmente con la superposición de intervalos de confianza en la Figura 12 y la distribución gráfica de datos en la Figura 13.

Figura 12

Prueba de hipótesis de producción-muestra

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Production	27	333223	79621	15323
Production sample	25	330224	67876	13575

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

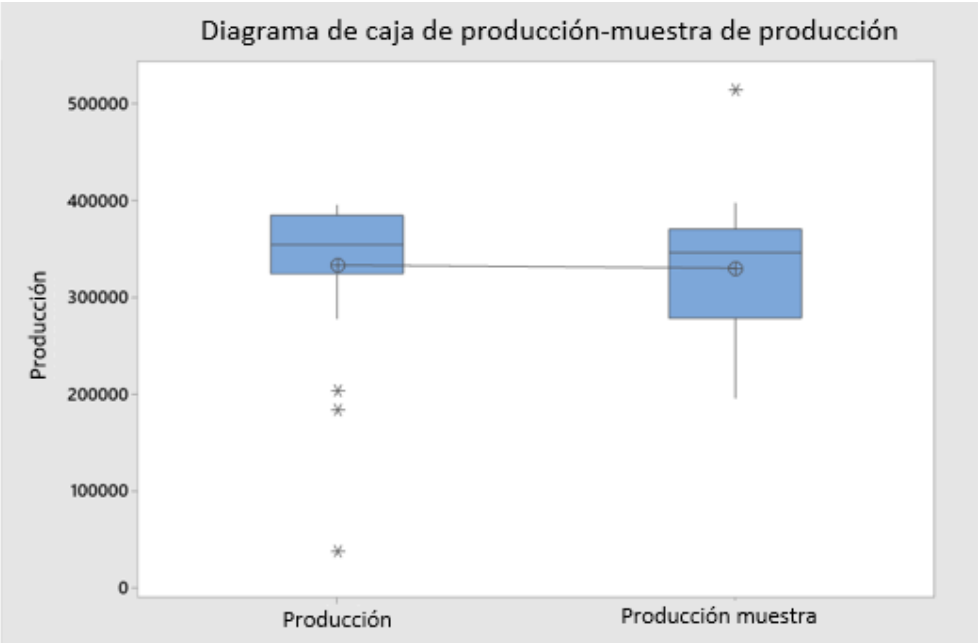
Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T GL Valor p

0,15 49 0,884

Figura 13

Diagrama de caja de producción-muestra



2.2.3.3 Paradas

Se realizó una prueba de hipótesis de diferencia de medias ($\alpha=0.05$) utilizando los datos de la Tabla 3. El resultado (valor- $p > 0.05$) confirma que no existe diferencia significativa en la cantidad de paradas entre los grupos analizados, lo que valida la estabilidad del proceso. Esta conclusión se respalda visualmente con la superposición de intervalos de confianza en la Figura 14 y la distribución gráfica de datos en la Figura 15.

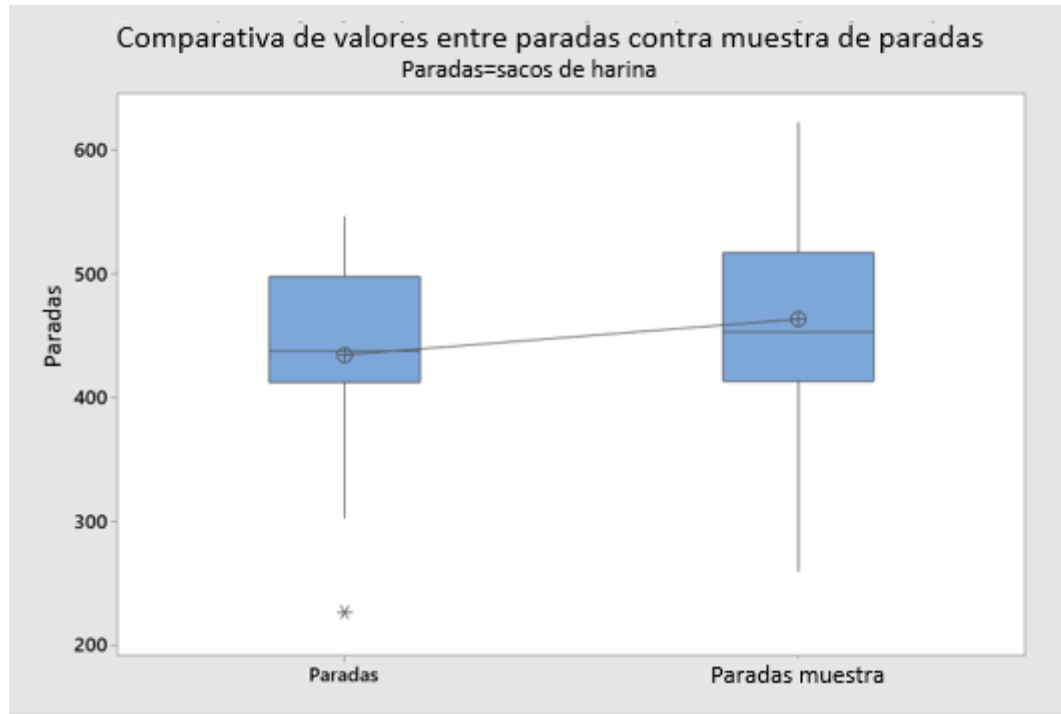
Figura 14

Prueba de hipótesis de paradas-muestra

Paradas Sample 25 463,3 86,7 17				
Test				
Null hypothesis		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$		
Alternative hypothesis		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$		
T-Value		DF	P-Value	
-1,27		47	0,212	

Figura 15

Diagrama de cajas comparativo Paradas-Muestra



2.2.3.4 Desperdicio de material

Se realizó una prueba de hipótesis de diferencia de medias ($\alpha=0.05$) utilizando los datos de la Tabla 3. El resultado (valor- $p > 0.05$) confirma que no existe diferencia significativa en los niveles de desperdicio de material entre los grupos analizados, lo que valida la estabilidad del proceso. Esta conclusión se respalda visualmente con la superposición de intervalos de confianza en la Figura 16 y la distribución gráfica de datos en la Figura 17.

Figura 16

Prueba de hipótesis de material desperdiciado

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
Waste material	26	1604	398	78
Waste material sample	25	1773	564	113

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

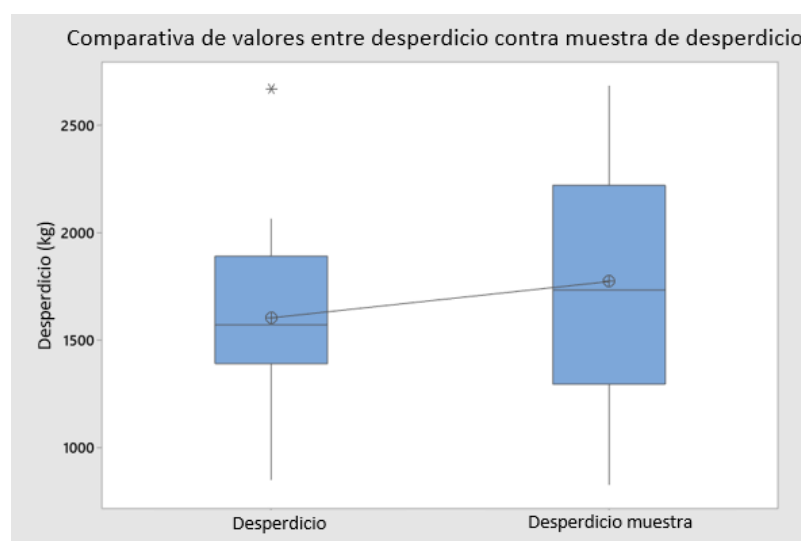
Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value DF P-Value

-1,23 43 0,224

Figura 17

Diagrama de cajas de desperdicio



2.2.3.5 Ausentismo

Se realizó una prueba de hipótesis de diferencia de medias ($\alpha=0.05$) utilizando los datos de la Tabla 3. El resultado (valor- $p > 0.05$) confirma que no existe diferencia significativa en las tasas de ausentismo entre los grupos analizados, lo que sugiere estabilidad en este indicador durante el período evaluado. Esta conclusión se respalda visualmente con la superposición de intervalos de confianza en la Figura 18 y la distribución gráfica de datos en

1

Figura 18

Prueba de hipótesis del ausentismo

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
Absenteeism	30	6,33	3,20	0,58
Absenteeism sample	25	6,00	3,38	0,68

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

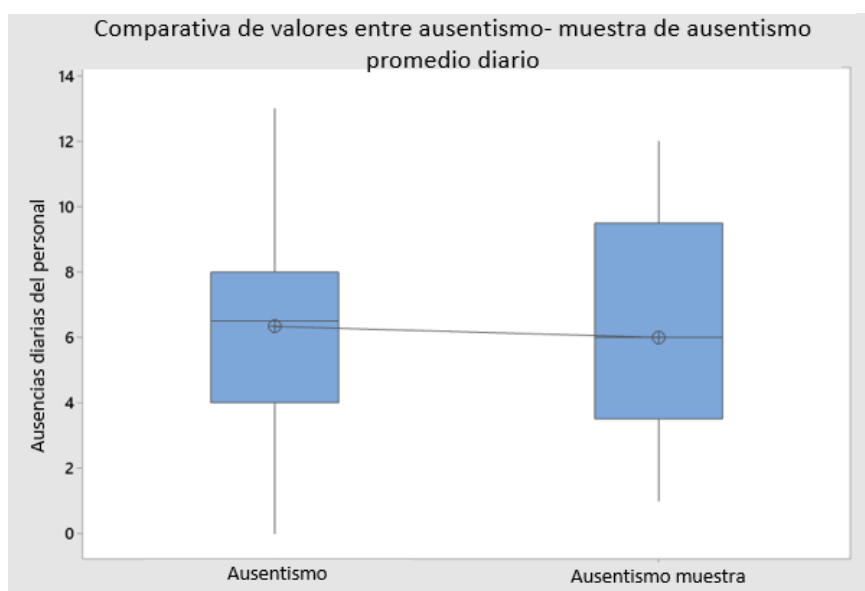
Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value DF P-Value

0,37 50 0,711

Figura 19

Diagrama de cajas comparativo ausentismo



2.2.4 Prueba de normalidad

Para evaluar el comportamiento de los datos, se realizó una prueba de normalidad de Anderson-Darling, cuyos resultados se muestran en la Figura 20. El valor-p obtenido (0.917) supera significativamente el nivel de significancia ($\alpha=0.05$), lo que confirma que los datos siguen una distribución normal.

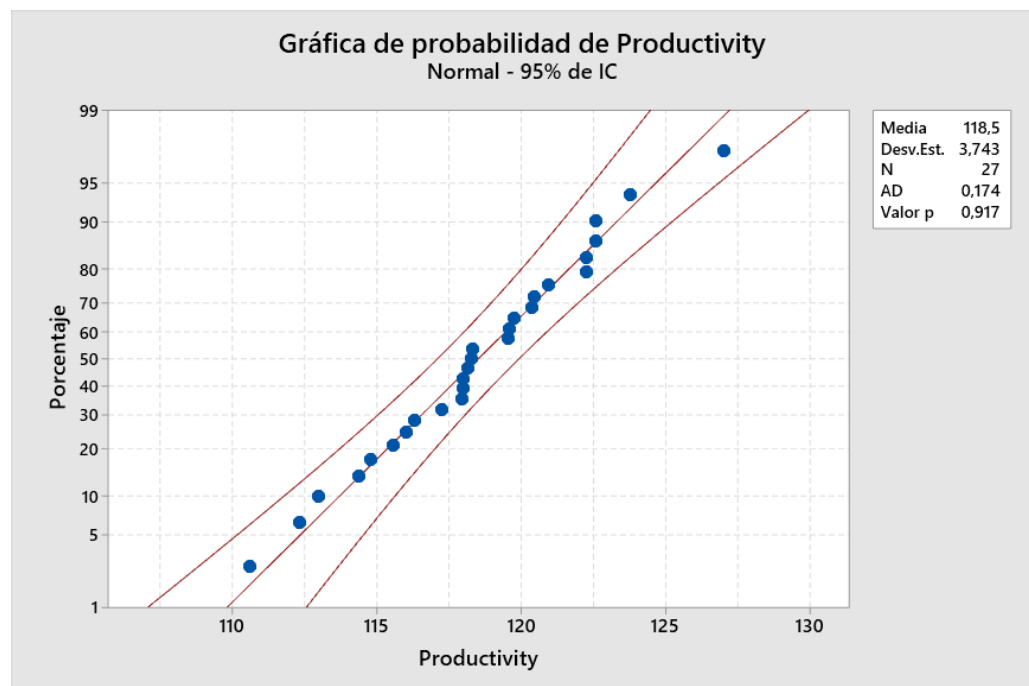
Esta validación permite utilizar herramientas estadísticas paramétricas para el análisis del proceso, incluyendo:

- Cálculo de índices de capacidad (C_p , C_{pk}).
- Pruebas de hipótesis paramétricas (pruebas t, ANOVA).
- Modelos de regresión lineal.
- Figuras de control estadístico.

La normalidad de los datos garantiza la confiabilidad de las conclusiones derivadas de estos métodos y fortalece la validez de las estrategias de mejora implementadas.

Figura 20

Prueba de normalidad de productividad



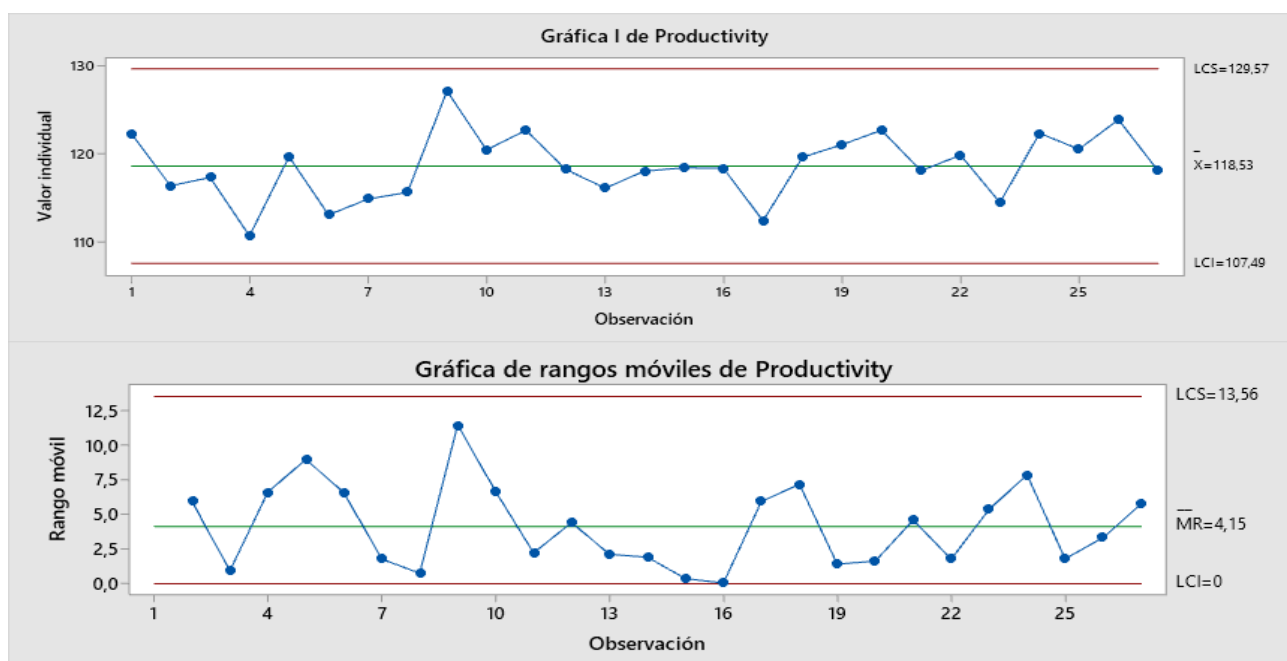
2.2.5 Rangos móviles

Para determinar si el proceso se encontraba bajo control estadístico, se analizaron los rangos móviles de la variable crítica (productividad). Los resultados, visualizados en la Figura 21, muestran que:

- Todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control superior e inferior.
- La variación presente es consistente con causas comunes del proceso.

Figura 21

Graficas de valores individuales y rangos móviles



Para evaluar el desempeño del proceso en relación con las especificaciones establecidas, se realizó un análisis de capacidad. Los resultados de este análisis se presentan en la Figura 22.

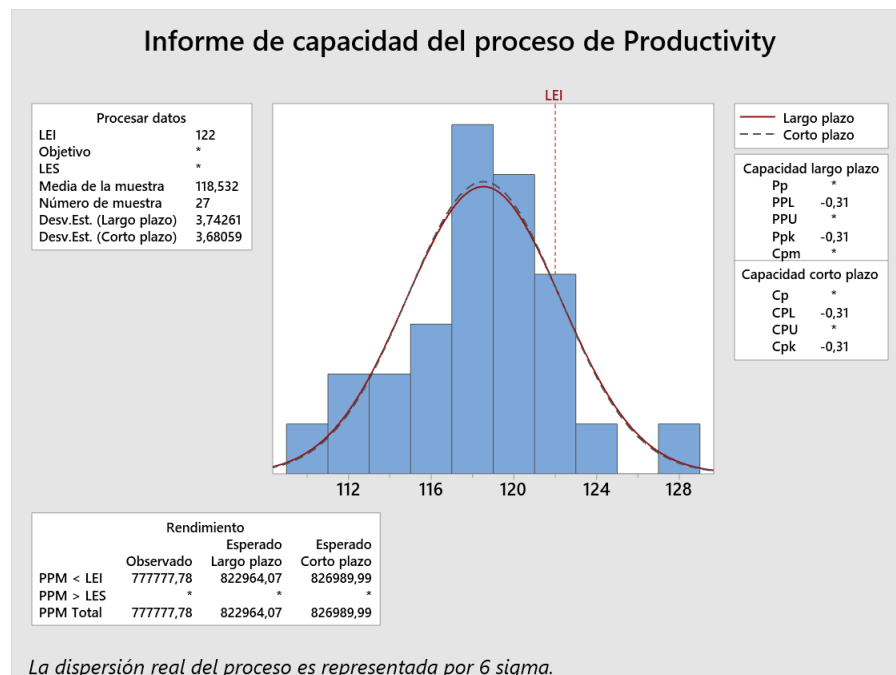
En dicho análisis, se configuró el límite inferior de especificación (LIE) como el meta objetivo de 122 unidades por parada. Los resultados mostraron que la media del proceso (118.53 unidades/parada) se encuentra por debajo del LIE, lo que indica que el proceso no cumple con la especificación mínima requerida.

Este desajuste se refleja en los índices de capacidad calculados:

- $C_{pk} = -0.31$
- $P_{pk} = -0.31$
- $C_{pl} = -0.31$
- $P_{pl} = -0.31$

Figura 22

Análisis de capacidad del proceso



Al interpretar los datos nos dieron resultados obtenidos no dieron por cada uno de los siguientes puntos:

- Valores negativos: Los índices de capacidad negativos confirman que la media del proceso está ubicada fuera de los límites de especificación (en este caso, por debajo del LIE).

- **Proceso no capaz:** Un valor de Cpk/Ppk menor que 1 (y en este caso negativo) indica que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones. Un valor negativo enfatiza que la media está fuera de los límites.
- **Brecha de desempeño:** El valor de -0.31 cuantifica la magnitud de la desviación, confirmando que el proceso opera por debajo de la meta establecida y requiere mejoras urgentes.

El proceso actual no es capaz de alcanzar la productividad objetivo (122 unidades/parada) y opera en un estado inaceptable, con una media significativamente inferior al límite inferior de especificación. Esto exige la identificación y eliminación de las causas raíz que limitan su desempeño.

2.2.7 Estratificación

Con el objetivo de identificar las fuentes de variación, se realizó un análisis de estratificación de las variables críticas del proceso, siguiendo los criterios establecidos en el plan de recolección de datos. Las variables de manera estratificada analizadas incluyeron:

- Turnos de producción (mañana y tarde)
- Líneas de producción (Argentina, Manual, Blotta)

Metodología:

- Los datos se segmentaron según los estratos definidos
- Se aplicaron pruebas estadísticas para detectar diferencias significativas entre grupos.
- Se generaron visualizaciones comparativas para analizar distribuciones y tendencias.

2.2.7.1 Productividad por turno de producción

Para determinar si existían diferencias significativas en la productividad entre turnos, se realizó un análisis comparativo entre el turno diurno y nocturno. La metodología incluyó:

- Prueba de diferencias de medias (prueba t para muestras independientes) con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ reflejada en la figura 23.
- Figura de cajas para visualizar la distribución y variabilidad de la productividad en cada turno reflejado en la figura 24.

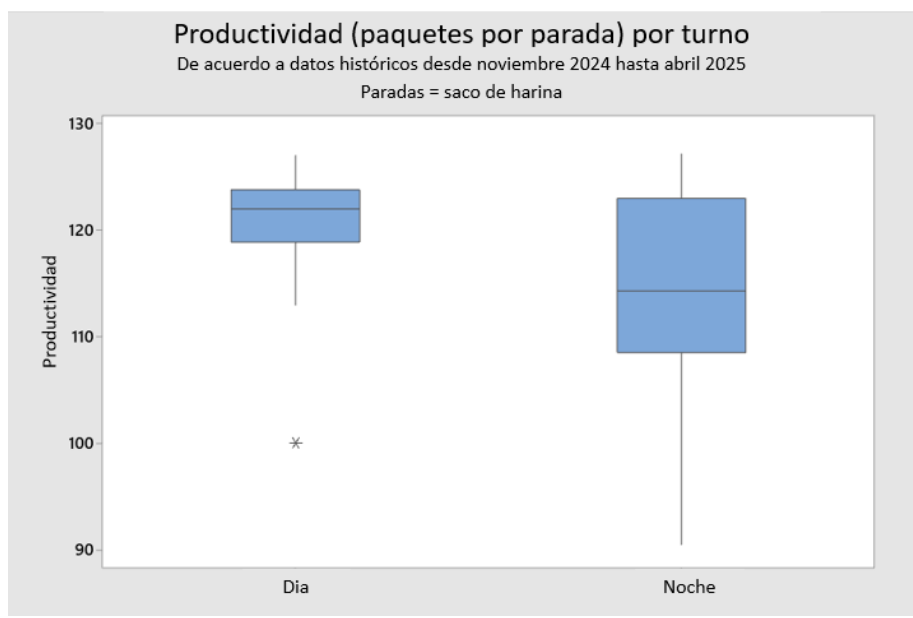
Figura 23

Prueba de diferencias de medias productividad por turnos

Prueba		
Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$		
Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$		
Valor T	GL	Valor p
3,12	37	0,003

Figura 24

Diagrama de cajas productividad por turno



Los resultados mostraron una diferencia estadísticamente significativa (valor-p = 0.003) en la productividad entre turnos. Sin embargo, la diferencia visual no fue suficientemente marcada como para considerar este factor crítico para el enfoque del proyecto. Por lo tanto, no se seleccionó el turno como variable prioritaria para las acciones de mejora.

2.2.7.2 Productividad por línea

El análisis comparativo de productividad entre las líneas de producción (Blotta, Manual y Argentina), mediante estadísticas descriptivas (figura 25) y diagramas de cajas (figura 26), identificó diferencias significativas en el desempeño operativo. La Línea Argentina registró la productividad más baja, con una media de 86.75 unidades por parada, valor sustancialmente inferior al de las líneas Blotta (195.69 unidades/parada) y Manual (159.68 unidades/parada). Esta brecha evidencia una oportunidad crítica de mejora en la Línea Argentina, por lo que se priorizará como foco principal para las intervenciones del proyecto, con el objetivo de elevar su rendimiento y alinear su productividad con los estándares de las demás líneas.

Figura 25

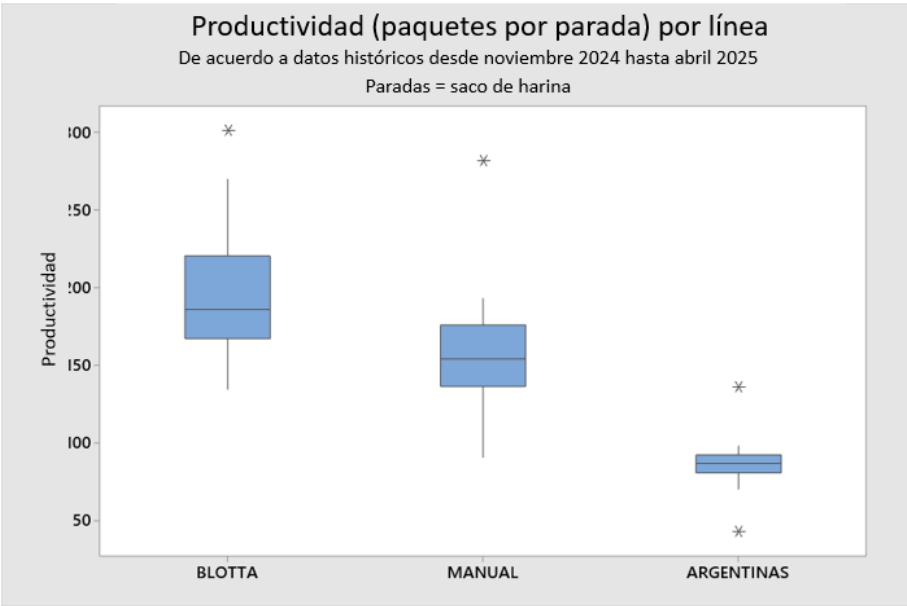
Estadística descriptiva productividad por línea

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
Productivity BLOTTA	27	0	195,69	8,00	41,58	134,73	167,18	185,88	220,35
Productivity MANUAL	27	0	159,68	6,67	34,65	90,87	136,28	154,03	175,88
Productivity ARGENTINAS	27	0	86,75	2,76	14,35	42,72	80,71	86,83	92,31
Variable	Máximo								
Productivity BLOTTA	301,42								
Productivity MANUAL	282,00								
Productivity ARGENTINAS	135,73								

Figura 26

Diagrama de cajas productividad por línea

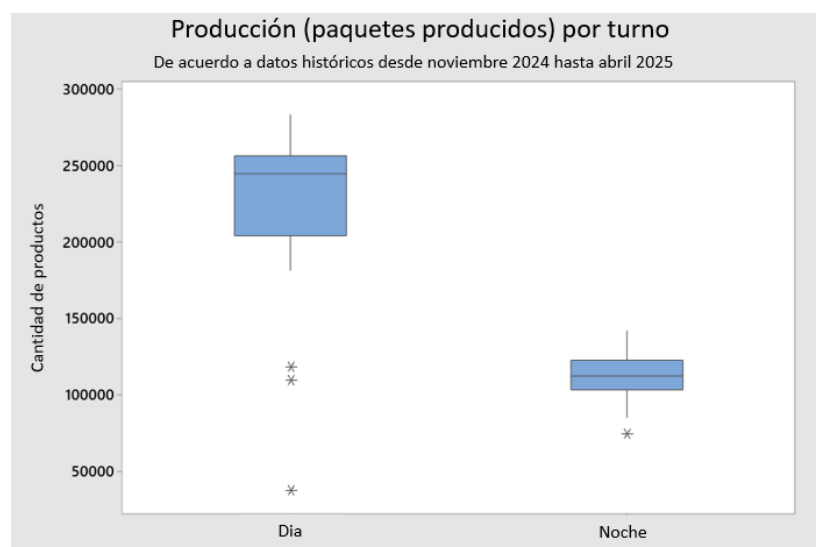


2.2.7.3 Producción por turno

El análisis de producción por turno (Figura 27) mostró mayor volumen en el turno diurno respecto al nocturno. Sin embargo, esta variable no se considera crítica para el enfoque del proyecto, ya que el análisis estadístico previo no reveló diferencias significativas en la productividad entre turnos.

Figura 27

Diagrama de cajas producción por turno

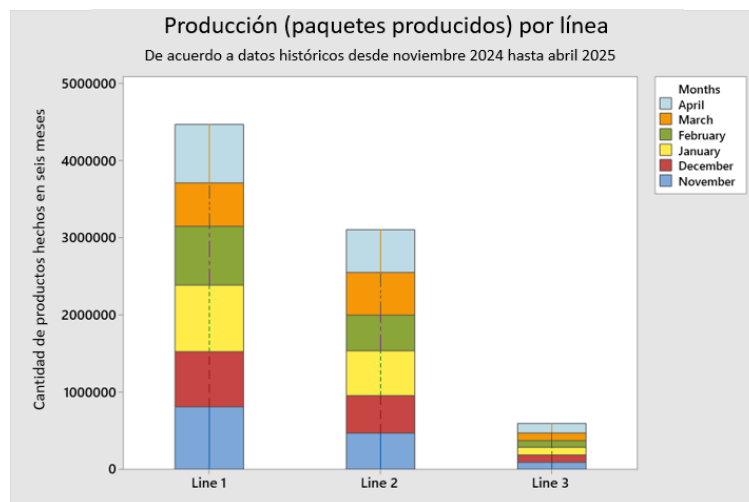


2.2.7.4 Producción por línea

El diagrama de barras acumuladas (Figura 28) evidencia que la Línea Argentina (Línea 1) registró la mayor producción durante el período analizado (noviembre 2024 - abril 2025), superando significativamente a las líneas Manual (Línea 2) y Blotta (Línea 3). Este resultado contrasta con el análisis previo de productividad (unidades/parada), donde la Línea Argentina mostró el rendimiento más bajo. La discrepancia sugiere que, si bien la Línea Argentina produce mayor volumen total, lo hace con menor eficiencia por parada, reforzando la necesidad de optimizar su proceso para alinear cantidad con eficiencia.

Figura 28

Figura de barras de producción por líneas

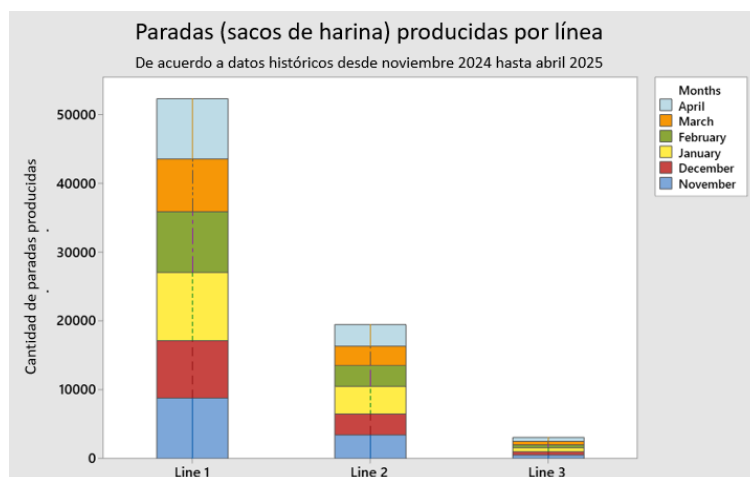


2.2.7.5 Paradas por líneas

Para el análisis de las paradas por líneas de producción se elaboró un Figura de barras para analizar estos datos, El Figura de barras (Figura 29) muestra que la Línea Argentina (Línea 1) utilizó una cantidad significativamente mayor de sacos (paradas) durante el período de seis meses (noviembre 2024 - abril 2025), en comparación con las líneas Manual (Línea 2) y Blotta (Línea 3). Este hallazgo, junto con los análisis previos, confirma que la Línea Argentina no solo presenta la menor productividad por parada (86.75 unidades/parada), sino también el mayor consumo de recursos (sacos).

Figura 29

Figura de barras paradas por línea



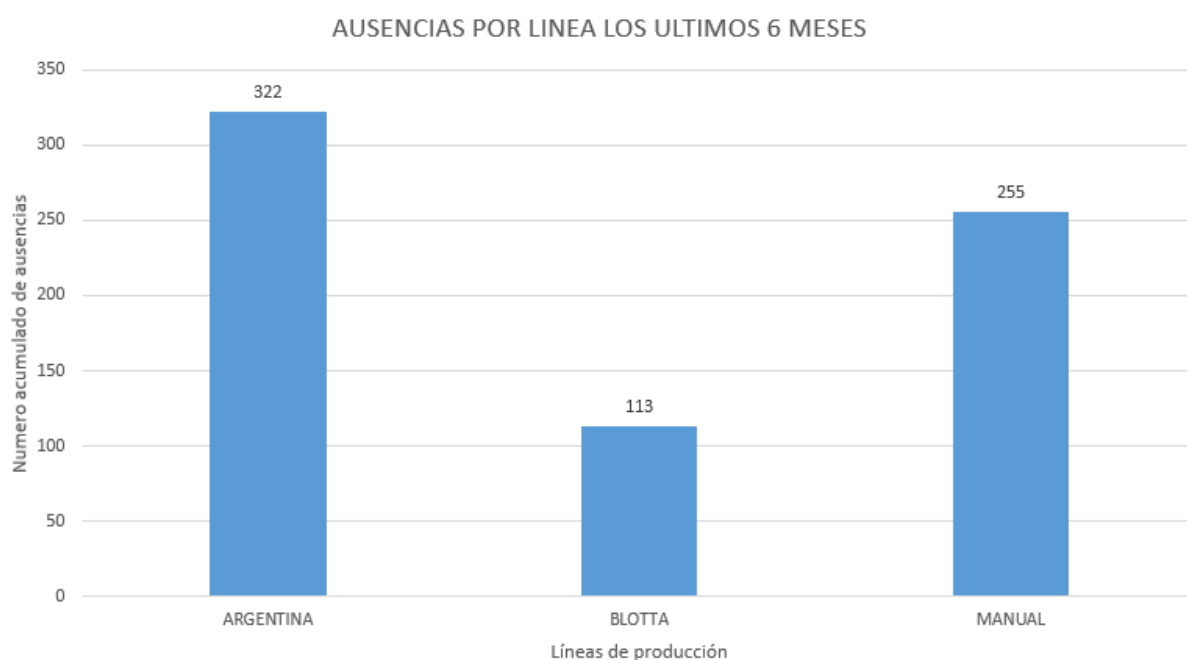
Esta combinación de alto consumo y baja eficiencia refuerza su priorización como foco crítico para las estrategias de mejora, ya que su optimización impactaría directamente en la reducción de desperdicios y el aumento de la productividad global.

2.2.7.6 Ausencias por línea

Dado que el proyecto se enfoca en la Línea Argentina como prioridad, todas las variables se estratificaron por línea para identificar factores adicionales que afecten su desempeño. El análisis de ausentismo, representado en el Figura de barras de la Figura 30, muestra el acumulado de ausencias por línea durante los meses de estudio (noviembre 2024 - abril 2025). Los resultados revelan que la Línea Argentina registra el mayor número de ausencias en comparación con las líneas Manual y Blotta.

Figura 30

Diagrama de barras de ausentismo por líneas

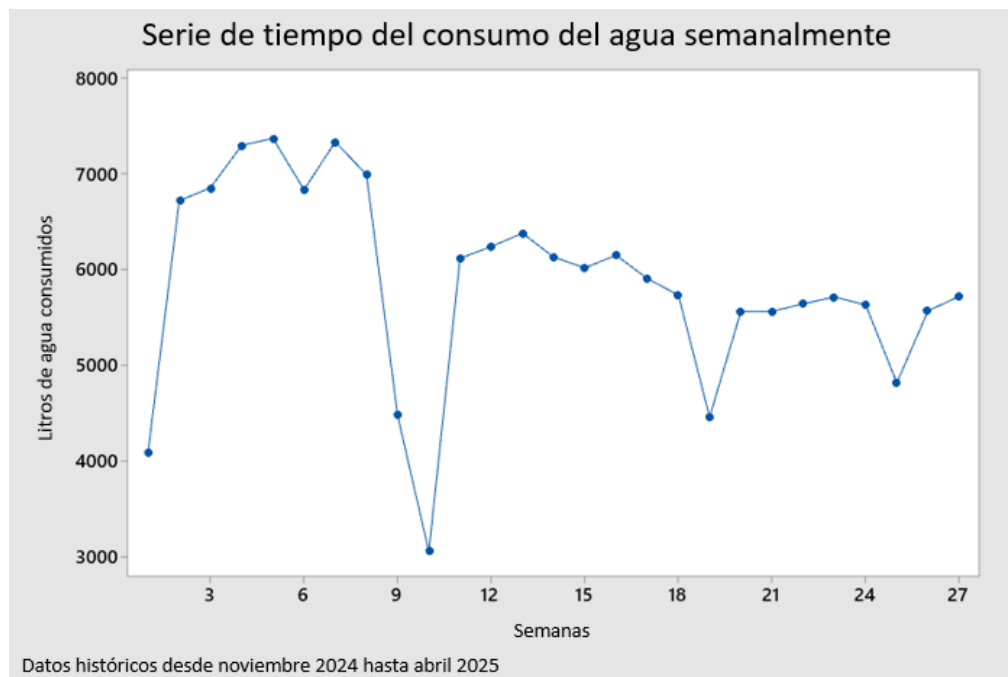


2.2.7.7 Consumo de agua

Como parte del compromiso con la sostenibilidad ambiental dentro del marco del Triple Bottom Line, se realizó un seguimiento del consumo de agua en la empresa (Figura 31). Esta variable se midió semanalmente, registrando el volumen total utilizado en cada línea de producción durante el período de estudio. Los datos, representados en una serie temporal, permitieron visualizar la tendencia y fluctuaciones en el consumo semanal de agua.

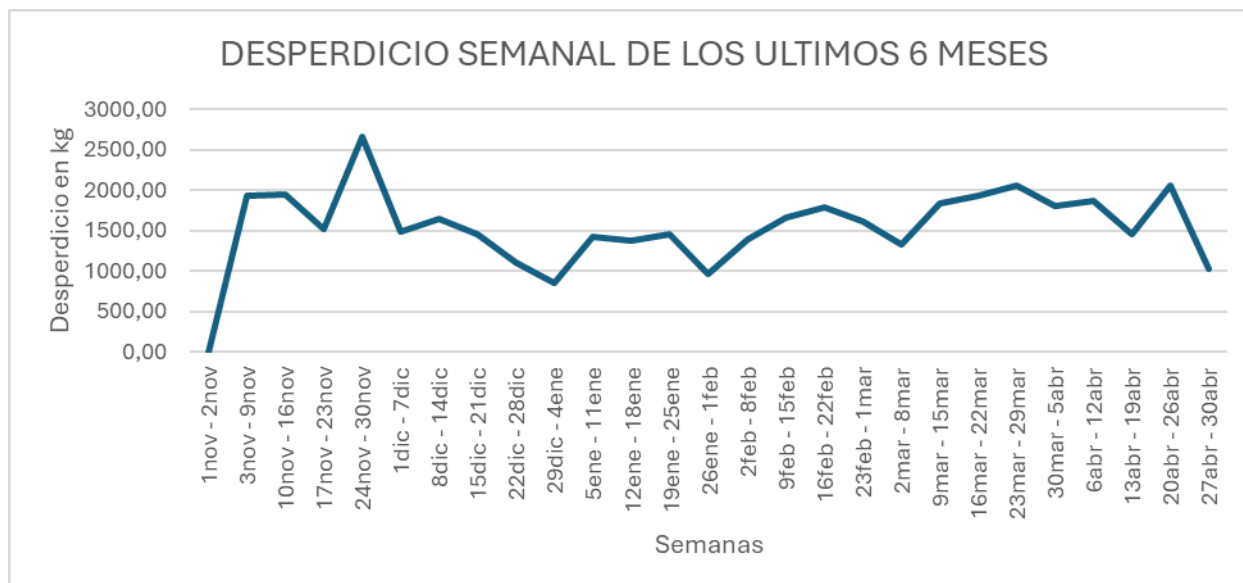
Figura 31

Serie de tiempo del consumo de agua semanal



2.2.7.8 Desperdicio

Como parte de la evaluación de eficiencia en el uso de recursos, se monitorizó semanalmente el desperdicio de material (en kilogramos) desde noviembre de 2024 hasta abril de 2025. La serie temporal en el Figura 32 muestra la evolución de estos valores, permitiendo identificar tendencias, picos o patrones recurrentes en la generación de residuos.

Figura 32*Serie de tiempo del desperdicio semanal*

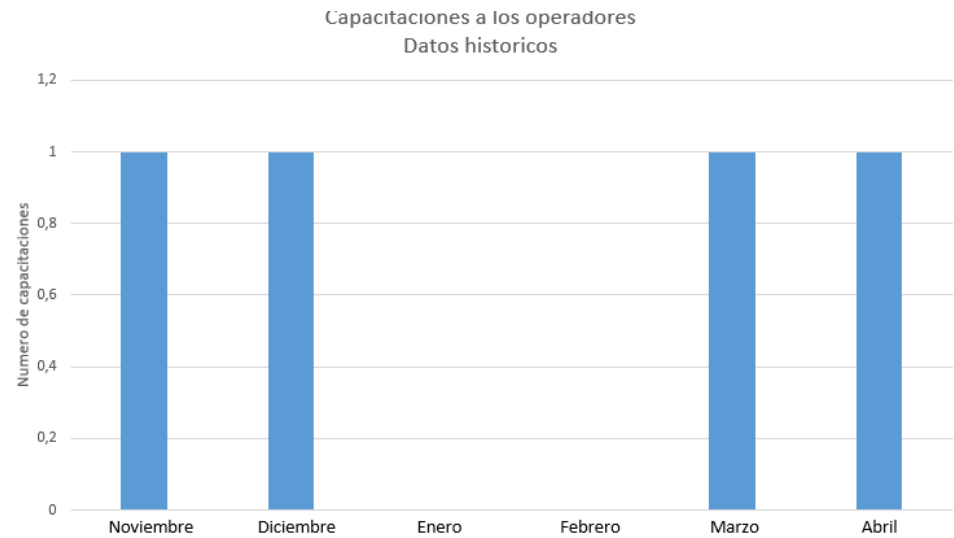
2.2.7.9 Capacitaciones

Como parte de la dimensión social del Triple Bottom Line, se evaluó el compromiso de la empresa con el desarrollo de su capital humano mediante el registro de la cantidad de capacitaciones impartidas durante los seis meses de estudio (noviembre 2024 - abril 2025).

La Gráfica 33 presenta la frecuencia y cantidad de estas actividades de formación.

Figura 33

Diagrama de barras de capacitaciones



2.2.7.10 Comparar productividad por línea

Como etapa final de la medición, se comparó la productividad actual de cada línea (unidades/parada) con su máxima capacidad productiva histórica, utilizando los datos consolidados en la Tabla 4 y su representación visual en un Figura de barras. Los resultados revelaron que la Línea Argentina (Figura 34) opera al 54% de su capacidad máxima, mostrando una brecha crítica del 46%. En contraste, las líneas Blotta (Figura 35) y Manual (Figura 36) operan cerca de su máximo potencial, con un 95% y 89% de aprovechamiento respectivamente. Esta disparidad subraya la subutilización severa de recursos en la Línea Argentina, mientras que las demás líneas mantienen un rendimiento cercano a su potencial.

Tabla 4

Tabla de comparativa de productividad

Línea	ACTUAL (Paquetes/Parada)	Max (Paquetes/ Paradas)	Diferencia	Eficiencia
-------	-----------------------------	----------------------------	------------	------------

Argentina	86,75	160,38	73.63	54%
Blotta	195,7	205,8	10,1	95%
Manual	159,68	178,9	19,22	89,2%

Figura 34

Diagrama de barras productividad Línea Argentina

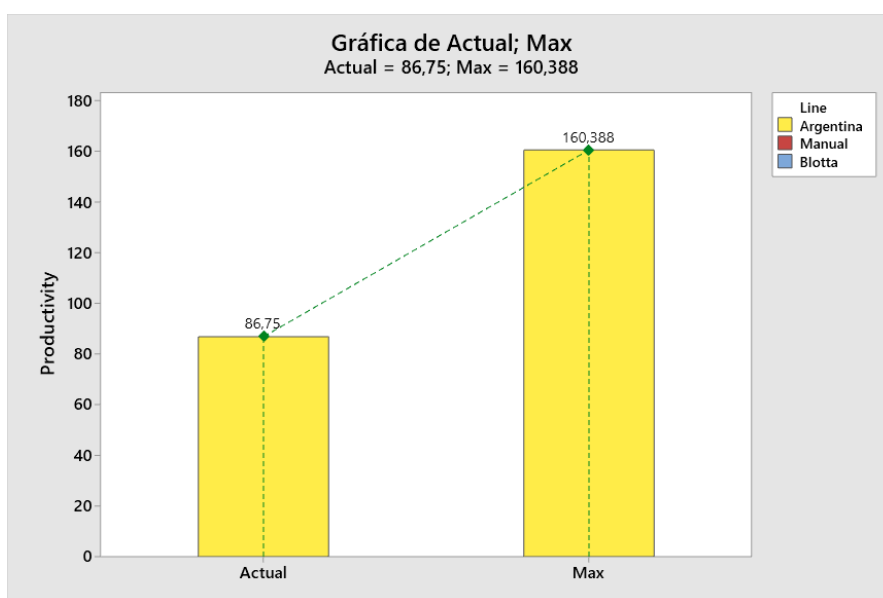
**Figura 35**

Diagrama de barras productividad Línea Manual

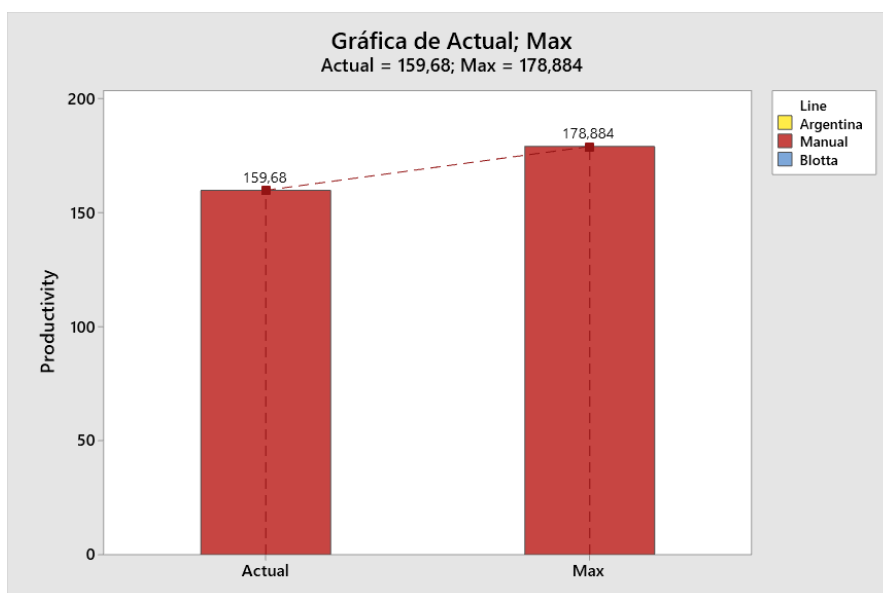
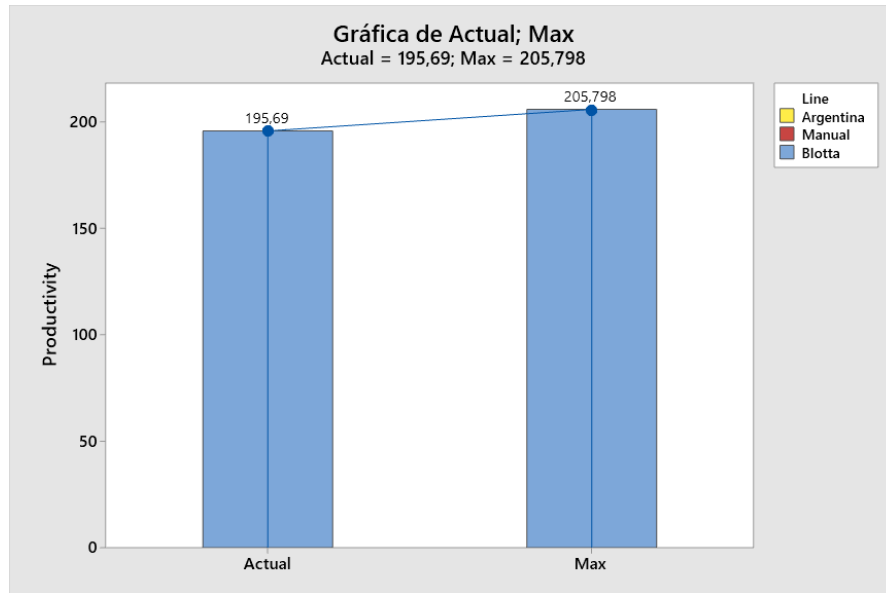


Figura 36

Diagrama de barras productividad Línea Blotta



2.2.8 Problema enfocado

Con base en el análisis integral de datos, se determinó que el problema crítico radica en la baja productividad de la Línea Argentina. Utilizando la herramienta 5W, se definió el problema de manera estructurada, como se presenta en la Figura 37:

- ¿Qué? Baja productividad semanal.
- ¿Dónde? En la línea de producción Argentina.
- ¿Cuándo? Período de noviembre 2024 a abril 2025.
- ¿Qué tanto? El promedio de productividad semanal es de 86 unidades por parada.
- ¿Cómo lo sé? A pesar de aportar el 55% de la producción total, tienen la productividad más baja en comparación con las otras dos líneas

Esta definición precisa permite priorizar acciones específicas para elevar la productividad de la Línea Argentina y, con ello, alcanzar la meta global de incremento del 8% en la productividad de la empresa.

2.3 Analizar

Una vez finalizada la fase de Medición, en la cual se identificó y enfocó el problema central en la línea de producción Argentina, se procede a la fase de Análisis. El objetivo de esta etapa es investigar en profundidad las causas raíz que generan la brecha de productividad en esta línea.

Mediante la aplicación de herramientas de análisis como lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa (espina de pescado) y análisis de Pareto, se buscará:

- Desglosar los factores que contribuyen a la ineficiencia.
- Priorizar las causas más críticas que impactan directamente en la productividad.
- Validar hipótesis con datos cuantitativos y cualitativos recolectados en la fase anterior.

Este análisis permitirá dirigir las soluciones hacia los orígenes reales del problema, asegurando que las acciones correctivas sean efectivas y sostenibles.

2.3.1 Brainstorming (lluvia de ideas)

Para iniciar la identificación de las causas raíz de la baja productividad en la Línea Argentina, se realizó una sesión de lluvia de ideas con todos los actores clave del proyecto (operadores, supervisores, gerentes). Los resultados de esta actividad se documentaron en la

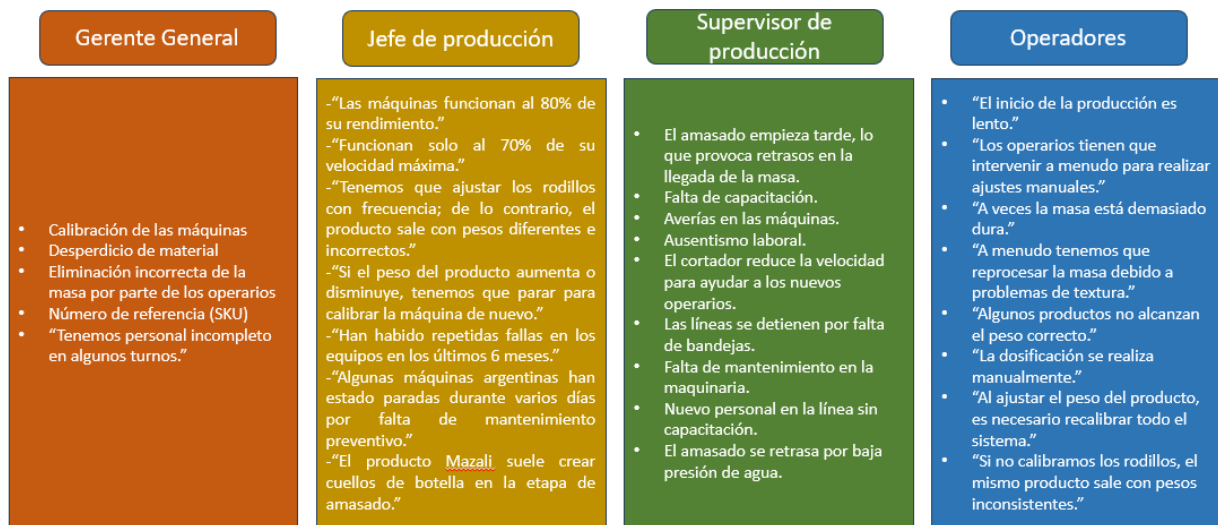
Figura 38, donde se recopilaban diversas perspectivas sobre las posibles fuentes del problema.

Entre las opiniones más relevantes destacan:

- Descalibración frecuente de la máquina.
- Variabilidad en el peso del producto.
- Falta de capacitación específica para los operadores de esta línea.

Figura 37

Lluvia de ideas



2.3.2 Diagrama Ishiwaka

A partir de las opiniones recopiladas en la lluvia de ideas (Figura 37), se categorizaron las posibles causas de la baja productividad en la Línea Argentina utilizando el diagrama de Ishikawa (espina de pescado). Este análisis, reflejado en el Figura 38, organizó las ideas en seis categorías predefinidas:

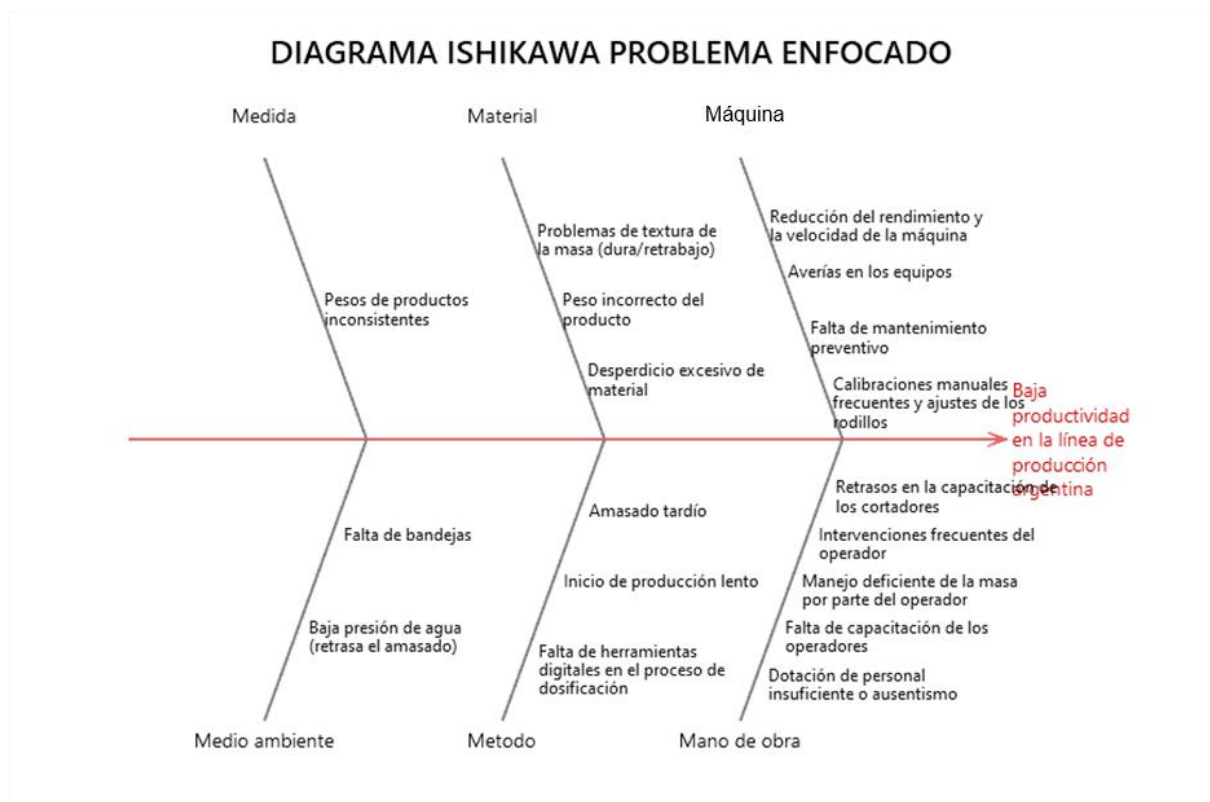
- Máquina:

- Método:
- Mano de obra:
- Material:
- Medio ambiente:
- Medición:

Esta categorización permite visualizar de manera integral las áreas problemáticas y priorizar la investigación de las causas raíz más críticas para su validación posterior.

Figura 38

Diagrama Ishikawa problema enfocado



2.3.3 Matrix causa-efecto

Con las ideas organizadas en el diagrama de Ishikawa, se procedió a priorizar las causas mediante una matriz de causa-efecto, en colaboración con los actores del proyecto (operadores, supervisores, gerentes). Cada causa fue evaluada según su impacto potencial en la productividad de la Línea Argentina, utilizando una escala de valoración:

- 9 (Alto impacto)
- (Medio impacto)
- 1 (Bajo impacto)

Los resultados de esta evaluación se consolidaron en la Tabla 5, donde se listan las causas ordenadas de mayor a menor puntaje.

Tabla 5

Matrix Causa-efecto

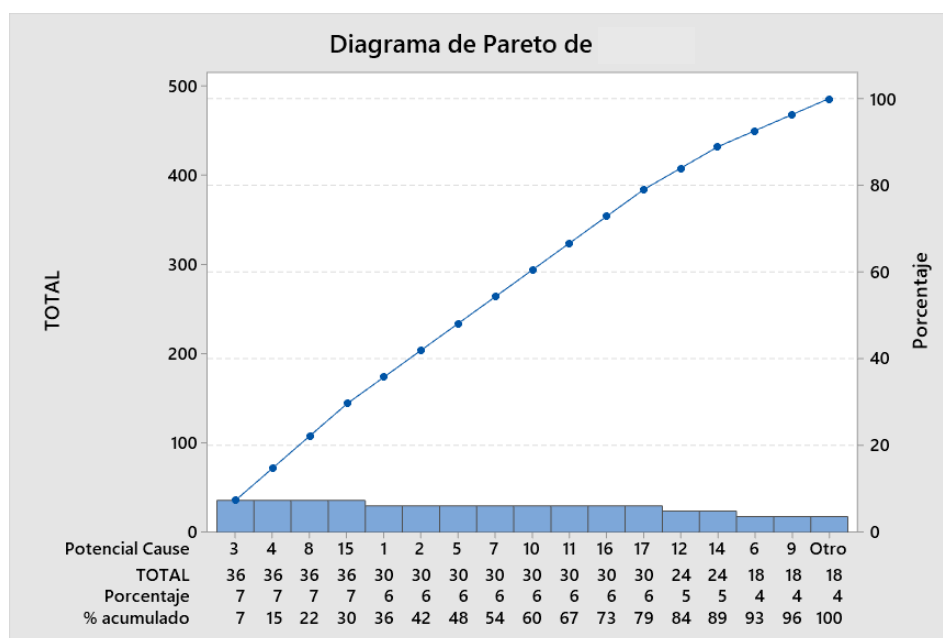
No	Possible causa	Gerente General	Jefe de producción	Supervisor producción	Supervisor de producción2	TOTAL
1	Rendimiento de la máquina	9	9	9	9	36
2	Ajustes frecuentes de los rodillos	9	9	9	9	36
3	Averías del equipo	9	9	9	9	36
4	Falta de mantenimiento preventivo	9	9	9	9	36
5	Cuello de botella en el amasado (Mazali)	9	9	9	9	36
6	Manipulación manual de la masa	9	9	3	9	30
7	Arranque lento de la producción	9	3	9	9	30
8	Ausentismo del personal	9	3	9	9	30
9	Personal nuevo sin formación	9	3	9	9	30
10	Masa reprocesada (textura)	3	9	9	9	30
11	Peso incorrecto del producto	9	3	9	9	30
12	Retraso en el amasado (presión del agua)	3	9	9	9	30
13	Dosificación manual	9	3	9	9	30
14	Ajustes manuales del peso	3	3	9	9	24
15	Sobrepeso del producto	3	3	9	9	24
16	Desperdicio por retrabajo de bordes	3	9	3	3	18
17	Requiere calibración de la máquina	3	3	3	9	18
18	Desperdicio de masa durante el cambio	3	9	3	3	18

2.3.4 Pareto

Para identificar las causas principales y más influyentes de la baja productividad en la Línea Argentina, se aplicó el principio de Pareto (80/20) a los resultados de la matriz de causa-efecto. El diagrama de Pareto (Gráfica 39) muestra la frecuencia e impacto acumulado de las causas priorizadas, permitiendo visualizar que aproximadamente el 20% de las causas explican el 80% del problema.

Figura 39

Diagrama Ishikawa de las causas



La Tabla 6 presenta las variables seleccionadas como las más influyentes, las cuales incluyen:

Tabla 6*Tabla de causas potenciales seleccionadas*

No	Causa Potencial	TOTAL
3	Fallas de equipos	36
4	Falta de mantenimiento preventivo	36
8	Ausentismo del personal	36
15	Producto con sobrepeso	36
18	Desperdicio de masa durante el cambio	36
1	Desempeño de la máquina	30
16	Desperdicio por retrabajo de bordes	30
5	Cuello de botella en amasado (Mazali)	30
7	Inicio lento de producción	30
10	Masa reprocesada (textura)	30
11	Peso incorrecto del producto	30
17	Requiere calibración de máquina	30

2.3.5 Matrix impacto-control

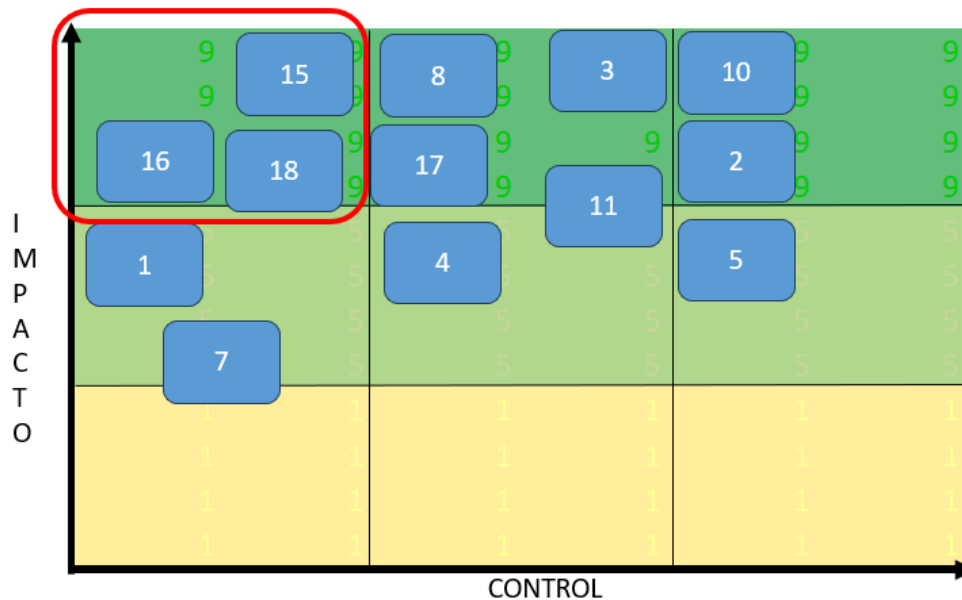
Con el objetivo de identificar las causas raíz más críticas y accionables, se evaluaron las causas priorizadas en el análisis de Pareto utilizando una matriz de impacto-control. Esta herramienta, desarrollada en colaboración con los actores del proyecto (Figura 40), elaborada con ponderaciones dentro de un rango dentro de cada cuadrante con valores desde 1 (bajo), 3 (medio) y 6 (alto), permitió clasificar cada causa según dos dimensiones:

- Impacto en la productividad: Grado de afectación a la eficiencia de la Línea Argentina.

- Capacidad de control: Facilidad o posibilidad de implementar soluciones sobre la causa.

Figura 40

Matrix impacto-control



Causas seleccionadas como críticas y accionables:

- Causa 15: Sobre peso del producto
- Causa 18: Desperdicio de masa durante el cambio de formato
- Causa 16: Desperdicio por retrabajo de bordes

Las causas 15, 18 y 16 se ubicaron en el cuadrante de alto impacto y fácil control de la matriz, lo que las convierte en las más viables y prioritarias para intervenir. Su resolución tendrá un efecto significativo en la productividad y las capacidades operativas y técnicas del equipo.

2.3.6 Plan de verificación de causas

Para confirmar que las causas seleccionadas son realmente el porqué de la baja productividad en la Línea Argentina, se diseñó e ejecutó un plan de verificación de causas.

Los detalles de este plan se documentan en la Tabla 7, la cual incluye para cada causa:

- Causa potencial: Causa identificada.
- Teoría de impacto: Explicación de cómo esta causa afecta la productividad.
- Método de verificación: Acciones concretas para validar o descartar la causa.

Tabla 7

Plan de verificación de causas

Causas Potenciales (X's)	Teoría sobre el impacto	Cómo verificar
Producto con sobrepeso	Las unidades con sobrepeso consumen más masa por paquete, lo que reduce el número total de paquetes producidos por saco y, por lo tanto, disminuye la productividad.	Prueba de hipótesis de diferencia de medias
Desperdicio de masa por cambio de SKU	La producción de diferentes SKU aumenta los cambios de producto, y esos cambios generan masa desperdiciada, disminuyendo el material disponible y la productividad.	Prueba de hipótesis de diferencia de medias
Desperdicio por reproceso de bordes	El exceso de masa del corte de discos se reprocesa, pero los ciclos repetidos degradan su calidad, lo que genera desperdicio y reduce la productividad.	Prueba de hipótesis de diferencia de medias

2.3.7 Verificación de causas

Para confirmar de manera rigurosa la influencia de las causas seleccionadas sobre la productividad de la Línea Argentina, se diseñó un proceso de verificación basado en análisis estadísticos y visualizaciones gráficas. La metodología aplicada para cada causa incluyó:

- Recolección de datos específicos:
 - Mediciones en tiempo real de variables relacionadas con cada causa.
 - Registro simultáneo de la productividad (unidades/parada) durante el mismo período.
- Análisis estadístico:
 - Pruebas de diferencia de medias (t-test) para comparar la productividad.
 - Nivel de significancia establecido en $\alpha = 0.05$.
- Visualización gráfica:
 - Diagramas de cajas para comparar la distribución de la productividad bajo diferentes condiciones operativas.

2.3.7.1 *Producto con sobrepeso*

Para verificar el impacto del sobrepeso del producto en la productividad de la Línea Argentina, se recopilaron datos sobre la variación del peso (en porcentaje) fuera del rango permitido y su relación con las unidades producidas por parada. Los datos, detallados en la tabla de anexos, se analizaron mediante:

- Prueba t de diferencia de medias:
 - Comparación de la productividad cuando el peso estaba dentro de los límites vs. fuera de los límites.

- El valor-p obtenido fue menor a 0.005 ($p < 0.005$), indicando que existe evidencia estadística significativa para concluir que el sobrepeso reduce la productividad.
- Resultados respaldados visualmente en el Figura 41.

Figura 41

Prueba de hipótesis productividad por sobrepeso

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

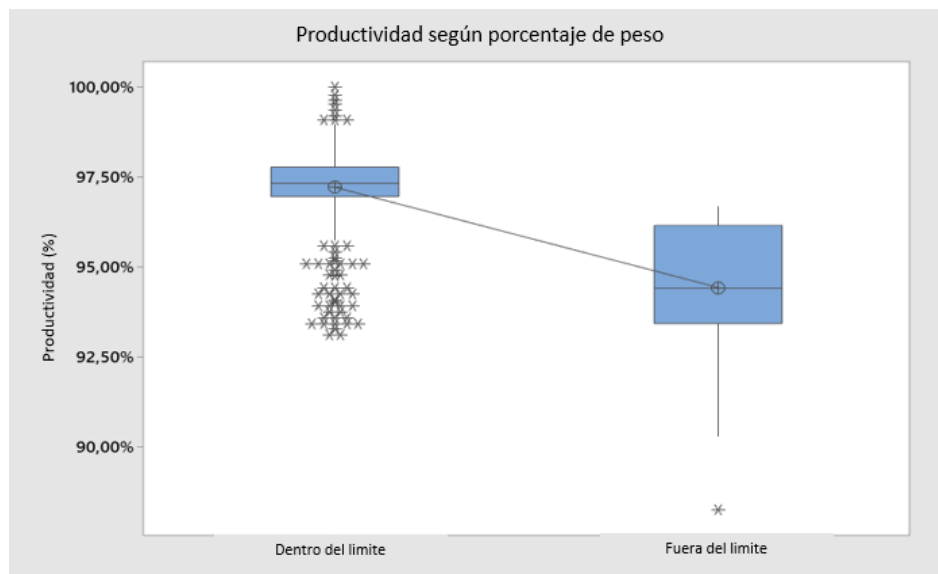
T-Value DF P-Value

15,04 106 0,000

- Diagrama de cajas (Figura 42):
 - Muestra una diferencia notable en la productividad entre los productos con peso dentro del límite y aquellos con sobrepeso.

Figura 42

Diagrama de cajas productividad por porcentaje de peso



El análisis confirma que el sobrepeso del producto es una causa significativa de la baja productividad en la Línea Argentina. La evidencia estadística ($p < 0.005$) y visual valida que esta variable impacta directamente el rendimiento, justificando su inclusión como prioridad en el plan de mejora.

2.3.7.2 Desperdicio de masa por cambio de SKU

Para evaluar el impacto del desperdicio generado durante los cambios de SKU en la productividad de la Línea Argentina, se recopilieron datos históricos semanales sobre:

- Cantidad de desperdicio (kg) durante los cambios de SKU.
- Número de cambios de SKU realizados por semana.
- Productividad semanal (unidades/parada).

Se utilizó la media histórica de cambios de SKU (50 semanales) como punto de corte para clasificar las semanas:

- Alta variedad: >50 cambios de SKU/semana.
- Baja variedad: ≤ 50 cambios de SKU/semana.

Se aplicó una prueba t de hipótesis (Figura 43) de dos muestras para comparar la productividad entre semanas de alta vs. baja variedad de SKU.

Figura 43

Prueba de hipótesis desperdicio por cambios de SKU

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

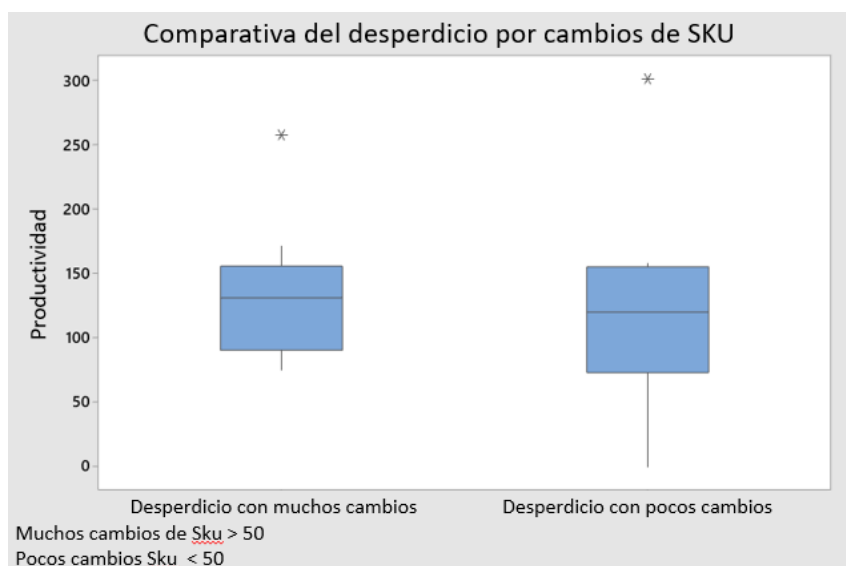
T-Value DF P-Value

-0,22 10 0,830

Valor-p = 0.830 (superior a $\alpha = 0.05$), indicando que no existe diferencia estadísticamente significativa en la productividad entre semanas con alta o baja variedad de SKU. El Figura 44 (diagrama de cajas) confirma visualmente la superposición en la distribución de la productividad entre ambos grupos, sin diferencias notables en medianas o dispersión.

Figura 44

Diagrama de cajas desperdicio por cambios de sku



El análisis no valida que la variedad de SKU (y su desperdicio asociado durante cambios) impacte significativamente la productividad de la Línea Argentina. Por lo tanto, esta causa se descarta como factor crítico y no se considerará en las etapas posteriores de mejora.

2.3.7.3 Desperdicio por reproceso de bordes

Para validar si el desperdicio generado durante el reproceso de la masa de los bordes sobrantes afectaba significativamente la productividad de la Línea Argentina, se implementó una metodología basada en análisis estadístico y visual. Se recopilaron datos históricos semanales del desperdicio por reproceso (en kg) y su correspondiente productividad (unidades por parada)(Anexo). Como punto de referencia para clasificar los datos, se utilizó el promedio general de desperdicio (127 kg), dividiendo las semanas en dos categorías: aquellas con desperdicio alto (superior a 127 kg) y aquellas con desperdicio bajo (igual o inferior a 127 kg).

Posteriormente, se aplicó una prueba t de hipótesis de dos muestras para comparar la productividad entre ambos grupos. El análisis estadístico, representado en el Figura 45, arrojó un valor-p de 0.973, muy por encima del nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), lo que indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa en la productividad entre semanas con alto y bajo desperdicio por reproceso.

Figura 45

Prueba de hipótesis desperdicio por retrabajo

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

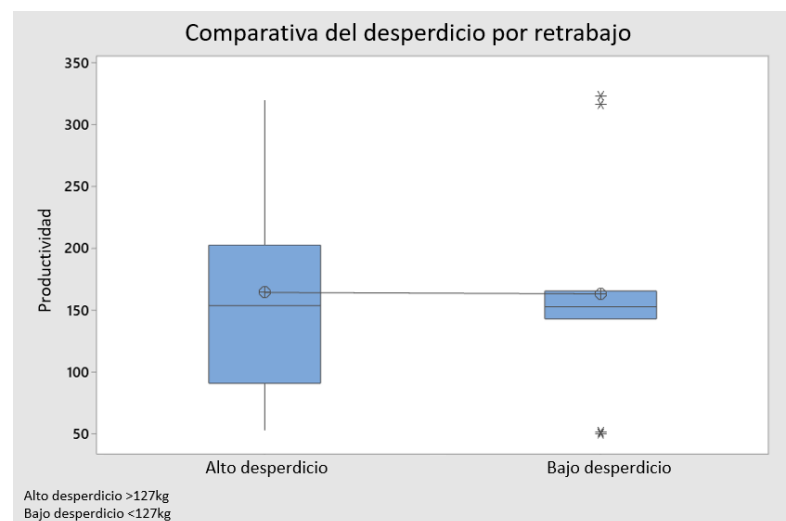
T-Value DF P-Value

0,03 24 0,973

Adicionalmente, se elaboró un diagrama de cajas (Figura 46) para visualizar la distribución de la productividad en cada grupo. Si bien este Figura mostró una mayor dispersión en los valores de productividad asociados al grupo de alto desperdicio, no se observaron diferencias claras en las medianas o en la tendencia que respaldaran un impacto en esta variable.

Figura 46

Diagrama de cajas desperdicio por retrabajo



Dada la falta de evidencia estadística, se concluyó que el desperdicio por reproceso no es una causa determinante de la baja productividad en la Línea Argentina. Por lo tanto, esta

variable se descartó para análisis posteriores y no se consideró en el diseño de las estrategias de mejora.

2.3.8 5 ¿por qué?

Una vez verificadas las causas potenciales, se confirmó que el sobrepeso del producto es la única causa significativa de la baja productividad en la Línea Argentina. Para profundizar en el origen de este problema, se aplicó la herramienta de los 5 ¿Por qué? en colaboración con los actores clave del proyecto (operarios, supervisores, mantenimiento). Este análisis, documentado en la Tabla 8, permitió desglosar secuencialmente las causas subyacentes hasta identificar las tres causas raíz principales:

- No hay sistemas de medición debido a la mala especificación del equipo.
- El equipo de mantenimiento no tiene tiempo disponible para realizar el mantenimiento de la maquinaria.
- En el proceso de dosificación no existen herramientas de medición exactas estandarizadas.

Tabla 8

Herramienta 5 ¿por qué?

POR QUÉ									
1		2		3		4		5	
¿Por qué salen con tanta frecuencia productos con distintos pesos?	Los pesos de la masa varían durante la producción.	¿Por qué varía el peso de la masa durante la producción?	La calibración inicial de la máquina es incorrecta	¿Por qué la calibración inicial de la máquina es incorrecta?	La maquinaria es análoga o manual, lo que no mide con precisión la distancia entre los rodillos.	¿Por qué la máquina no mide con precisión?	No hay sistemas de medición debido a la mala especificación del equipo		
			Los equipos frecuentemente se descalibran	¿Por qué el equipo se descalibra frecuentemente?	No existe una revisión constante del estado de la maquinaria	¿Por qué no hacen una revisión constante del estado de la maquinaria?	Porque no existe una planificación del mantenimiento preventivo de la maquinaria	¿Por qué no existe una planificación del mantenimiento preventivo de la maquinaria?	El equipo de mantenimiento no tiene tiempo disponible para realizar el mantenimiento de la maquinaria.
			La masa no sale de los rodillos como debería	¿Por qué la masa no sale de los rodillos como debería?	Hay variación en la textura de la masa (masa dura, masa muy blanda)	¿Por qué hay variación en la textura de la masa?	En dosificación no existen instrumentos de medición exactos y estandarizados.		

Con estas causas raíz validadas, se procede a la fase de Mejora, donde se diseñarán e implementarán soluciones específicas para cada una de estas con el fin de mejorar la productividad.

2.4 Mejora

Una vez identificadas las causas raíz, se da inicio a la cuarta fase del proyecto: Mejora. Esta etapa se centra en diseñar, proponer e implementar soluciones efectivas para abordar cada una de las causas raíz identificadas, con el objetivo de incrementar la productividad de la Línea Argentina. Las soluciones se desarrollaron en colaboración con los actores clave y se alinean con los objetivos del proyecto.

2.4.1 Soluciones propuestas

Con base en las causas raíz identificadas, se diseñaron soluciones específicas y dirigidas para cada una de ellas. Estas propuestas se enfocan en abordar directamente los orígenes del problema de sobrepeso del producto en la Línea Argentina:

- Adquirir y aplicar herramientas de medición visual
- Diseñar el cronograma de mantenimiento preventivo para las líneas Argentinas
- Implementar herramientas de dosificación estandarizadas

2.4.2 Matrix impacto-esfuerzo

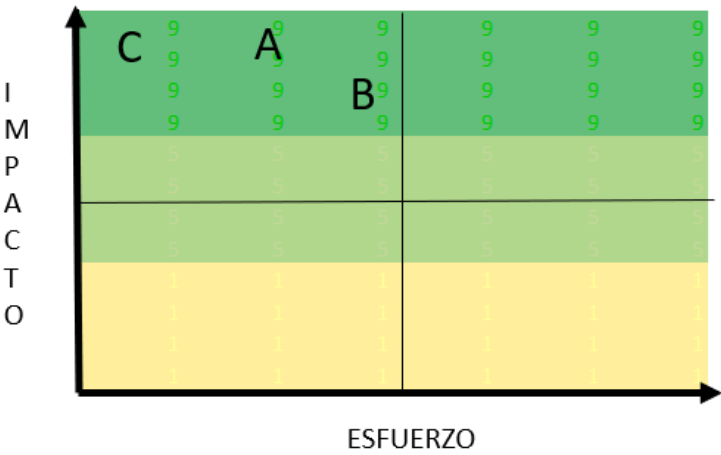
Para priorizar las soluciones propuestas, se utilizó la matriz de impacto-esfuerzo en colaboración con los actores de la empresa. Esta herramienta permitió evaluar cada solución en función de dos dimensiones críticas:

- Impacto en la productividad: Grado de contribución para resolver el problema de sobrepeso del producto y aumentar la productividad.
- Esfuerzo de implementación: Recursos requeridos (tiempo, costo, complejidad) para desarrollar y aplicar la solución.

Los resultados, visualizados en la Figura 47, mostraron que las tres soluciones propuestas se ubicaron en el cuadrante de alto impacto y bajo esfuerzo:

Figura 47

Matriz impacto-esfuerzo



Todas las soluciones fueron seleccionadas para su desarrollo e implementación inmediata, ya que representan oportunidades de mejora rápida y efectiva.

2.4.3 Análisis económico

Tras la selección de las soluciones mediante la matriz impacto-esfuerzo, se procedió a realizar un análisis económico detallado de cada propuesta. Este análisis, documentado en la Tabla 9, desglosa los costos asociados a la implementación de las soluciones y evalúa su viabilidad financiera.

Tabla 9

Tabla de análisis económico

Adquirir y aplicar herramientas de medición visual	\$20-\$40 (Compra de herramientas de medición digitales como micrómetros y placas de dimensionamiento). O \$10-\$20 (Moldes guía o plantillas de medición para maquinaria). Costo único: \$40 Ganancia de productividad: 7 % Paquetes adicionales diarios: $50\,000 \times 0,07 = 3\,500$ Paquetes adicionales mensuales: $3\,500 \times 25 = 87\,500$ Margen bruto por paquete: \$0,30 Beneficio mensual: $87\,500 \times \\$0,30 = \\$26\,250$
Diseñar el cronograma de mantenimiento preventivo para las líneas Argentinas	Sería gratuito y lo revisaría y ejecutaría el personal actual de la empresa, sin inversión adicional. Costo único: \$0 (sin inversión adicional) Tiempo de inactividad ahorrado: $50\text{ h} \times 50\% = 25\text{ h/mes}$ Tasa de recuperación: $50\,000\text{ paquetes}/8\text{ h} = 6250\text{ paquetes/h}$ Paquetes recuperados/mes: $25\text{ h} \times 6250 = 156\,250$ Beneficio mensual: $156\,250 \times \\$0,30 = \\$46\,875$
Implementar herramientas de dosificación estandarizadas	La compra de los contenedores de agua para las líneas, con sus medidas para las 3 líneas, costaría aproximadamente entre \$30 y \$90. Costo único: \$30 – \$90 (según la configuración). Mejora de lotes con peso incorrecto: 45 % de $1\,250\,000 = 562\,500\text{ paquetes/mes} \rightarrow 30\% \text{ de mejora} = 168\,750\text{ paquetes ahorrados}$. Beneficio mensual: $168\,750 \times \\$0,30 = \\$50\,625$.

2.4.4 Análisis de soluciones

Para priorizar las soluciones propuestas, se llevó a cabo una evaluación colaborativa con los actores clave de la empresa. Utilizando una escala de puntuación predefinida (3: alto, 2: medio, 1: bajo), se calificaron las soluciones en tres criterios críticos:

- Impacto en la productividad: Potencial para resolver el problema de sobrepeso y aumentar la eficiencia.
- Esfuerzo de implementación: Recursos necesarios (tiempo, complejidad, coordinación).
- Costo: Inversión económica requerida.

Los resultados de esta evaluación se documentan en la Tabla 10, donde se muestran las puntuaciones asignadas a cada solución:

Tabla 10

Análisis de soluciones

Criterios	Soluciones propuestas		
	A	B	C
Impacto	3	3	3
Esfuerzo	2	2	3
Costo	2	3	3
TOTAL	7	8	8

Todas las soluciones obtuvieron puntuaciones altas (7, 8 y 8), lo que indica que son viables y prioritarias según la perspectiva de los actores.

Las tres soluciones fueron seleccionadas para su implementación, ya que todas abordan causas raíz críticas y muestran una relación favorable entre impacto, esfuerzo y costo. Su ejecución se priorizará según el cronograma del proyecto.

2.4.5 Plan de implementación

Para garantizar la ejecución efectiva de las soluciones seleccionadas, se desarrolló un plan de implementación detallado para cada una, estructurado en pasos secuenciales, asignación de responsables y cronograma específico. Estos planes se documentan en las siguientes tablas:

- Tabla 11: Plan de implementación para Herramientas de Medición Visual.
- Tabla 12: Plan de implementación para Cronograma de Mantenimiento Preventivo.
- Tabla 13: Plan de implementación para Herramientas de Dosificación Estandarizadas.

Tabla 11

Plan de implementación para herramientas de medición visual

Paso	Por qué	Cómo	Dónde	Cuando
1. Definir el requisito de espesor	Hay que asegurar que todos midan con el mismo estándar ($1,2 \pm 0,1$ mm)	Revisar especificaciones del producto y tolerancia con QA y Producción	Oficina de Ingeniería de Procesos	Día 1
2. Seleccione la plantilla de calibre	Hay que confirmar que la plantilla cumple con la tolerancia	Recibir, inspeccionar la ranura con micrómetro o galga de profundidad, certificar precisión	Almacén / Taller de Mantenimiento	Día 4
3. Adquirir y verificar	Proporcionar un procedimiento claro y repetible	Redactar: “Insertar plantilla, ajustar mango, verificar marcas, retirar plantilla, registrar resultado”	Área de control de rodillos	Día 6
4. Instalar y marcar posiciones	Validar el cumplimiento y la efectividad	Revisar registros diarios de medición, corregir desviaciones, actualizar	QA y Producción	Semanal (Semana 2)
5. Documentación	Hay que asegurar que todos midan con el mismo estándar ($1,2 \pm 0,1$ mm)	Revisar especificaciones del producto y tolerancia con QA y Producción	Oficina de Ingeniería de Procesos	Día 1

6. Entrenar y pilotar	Hay que confirmar que la plantilla cumple con la tolerancia	Recibir, inspeccionar la ranura con micrómetro o galga de profundidad, certificar precisión	Almacén / Taller de Mantenimiento	Día 4
7. Seguimiento inicial	Proporcionar un procedimiento claro y repetible	Redactar: “Insertar plantilla, ajustar mango, verificar marcas, retirar plantilla, registrar resultado”	Área de control de rodillos	Día 6

Tabla 12

Plan de implementación para Cronograma de Mantenimiento Preventivo.

Paso	Por qué	Cómo	Dónde	Cuando
1. Recolectar datos de tiempo muerto	Identificar frecuencias de fallas y ventanas de bajo impacto	Analizar registros de mantenimiento y turnos de producción con los equipos de Producción y Mantenimiento	Oficina de QA / Mantenimiento	Semana 1, Día 1–2
2. Definir tareas y frecuencia	Alinear tareas con recomendaciones del fabricante	Listar tareas preventivas (lubricación, ajustes), asignar frecuencias (diaria, semanal, mensual, etc.)	Taller de Mantenimiento	Semana 1, Día 3
3. Redactar cronograma semanal	Optimizar uso de ventanas de bajo impacto	Crear tabla: Lunes→Línea A, Miércoles→Línea B, Viernes→Línea C	Oficina de Mantenimiento	Semana 1, Día 4–5
4. Validar y ajustar	Confirmar viabilidad sin interrumpir producción	Taller con jefes de línea, simular una semana, resolver conflictos de solapamiento	Planta (Supervisores de Línea)	Semana 2, Día 1
5. Publicar cronograma	Comunicar plan y responsabilidades	Imprimir y colocar en sala de control, distribuir por intranet	Sala de Control / Intranet	Semana 2, Día 2
6. Capacitar técnicos	Hay que asegurar que el equipo de mantenimiento	Sesión informativa de 30 min por turno, revisar cronograma y	Sala de Reuniones / Área de	Semana 2, Día 3

	entienda el plan	listas de verificación	Mantenimiento	
7. Piloto y revisión	Medir cumplimiento y ajustar tiempos	Rastrear ejecución, % de tareas realizadas en ventanas programadas, ajustar para el siguiente ciclo	Planta / QA / Mantenimiento	Semana 3–4 (piloto)

Tabla 13

Plan de implementación para Herramientas de Dosificación Estandarizadas.

Paso	Por qué	Cómo	Dónde	Cuando
1. Definir rangos de agua por receta	Conocer el volumen exacto de agua por lote de 50 kg con una tolerancia de $\pm 0,1$ L	Revisar cada fórmula, establecer volúmenes objetivo y variación permitida	Oficina de Ingeniería de Procesos	Día 1
2. Adquisición y verificación	Asegurar que estén disponibles frascos correctos y precisos	Adquirir 3×1 L, 2×0,5 L, 1×0,3 L, 1×0,1 L; inspeccionar graduaciones con estándar de calibración	Compras / Almacén	Día 2–4
3. Ubicación y señalización	Permitir acceso y uso rápido y correcto	Instalar estante cerca de la tolva de mezcla; etiquetar cada frasco (1 L, 0,5 L, etc.) y mostrar tabla de dosificación de referencia rápida	Área de Mezcla	Día 5
4. Procedimiento de uso	Estandarizar pasos de dosificación para evitar errores	Documentar SOP: “Seleccionar frascos, llenar hasta la marca, verter en la tolva, registrar volumen en el log”	Área de Mezcla	Día 6
5. Documentar uso de nuevos recursos	Registrar mediciones y detectar desviaciones	Usar registro de dosificación de agua (papel o digital) con campos para fecha, turno, lote, volumen dosificado, notas	Escritorio de Control de Calidad	Día 7
6. Capacitación del personal y piloto	Asegurar competencia y validar el procedimiento	Capacitación de 15 min por turno + piloto de 1 semana en Línea 1; recopilar datos de desviación y retroalimentación de operadores, refinar SOP	Planta / Sala de Capacitación	Semana 2, Día 1–5

2.4.6 Implementación

Se ha iniciado la fase de implementación de las soluciones priorizadas, siguiendo estrictamente los planes detallados en las tablas 11, 12 y 13. El proceso comenzó con la primera solución: Adquisición y aplicación de herramientas de medición visual, ejecutándose de acuerdo con lo establecido.

2.4.6.1 Adquirir y aplicar herramientas de medición visual.

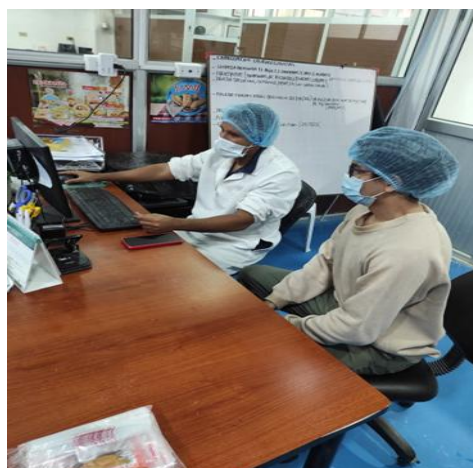
1. Definir el requisito

Como primer paso para la implementación de la Solución 1 (Herramientas de Medición Visual), se llevaron a cabo reuniones colaborativas entre los departamentos de Calidad y Producción (Figura 48) con el objetivo de establecer el parámetro crítico para el control del proceso: el espesor óptimo de la masa previo al corte del disco.

Se determinó que el espesor ideal de la masa es de 5 mm para la Línea Argentina

Figura 48

Reunión con el equipo de producción y calidad



2. Selección de herramientas visuales

Para la implementación de la solución orientada a controlar el espesor de la masa en la Línea Argentina, se llevó a cabo un proceso de selección de herramientas visuales que permitieran garantizar el cumplimiento del estándar de 5 mm establecido previamente. Tras evaluar diversas alternativas, se optó por la incorporación de un calibrador de espesor de masa (Figura 49), capaz de medir variaciones de hasta ± 0.01 mm en tiempo real. Este instrumento se instaló en puntos estratégicos del proceso previo al corte, facilitando la verificación continua por parte de los operarios.

Figura 49

Calibrador de espesor de masa



Adicionalmente, se integraron marcas de máquina estandarizadas en los equipos de estirado y dosificación. Estas marcas incluyen: un punto de inicio que indica el momento exacto para iniciar el proceso de estirado; un número de vueltas requeridas grabado en el rodillo, que especifica la cantidad de rotaciones necesarias para alcanzar los 5 mm; y una línea de referencia de 5 mm visible en el equipo, que sirve como guía rápida para ajustar la masa al espesor objetivo. Estas herramientas visuales fueron diseñadas para ser intuitivas y de fácil interpretación, minimizando la curva de aprendizaje del personal.

3. Adquisición e instalación Compra/Fabricación

Se adquirió un calibrador de precisión (± 0.1 mm) para medir el espesor de la masa en tiempo real. Este instrumento se instaló en puntos estratégicos de la Línea Argentina, previos a la etapa de corte.

Con apoyo de los supervisores, se midió la distancia entre los rodillos de estirado para definir la ubicación exacta de las marcas visuales. En el manubrio de ajuste se marcó un punto de inicio y un punto final, correspondiente al espesor de 5mm.

Se grabó en el equipo la cantidad de vueltas requeridas (1.5 vueltas) para alcanzar el espesor deseado. Estas marcas permiten a los operarios realizar ajustes precisos de manera intuitiva durante el proceso (Figura 50).

Figura 50

Marca en maquinaria punto inicio y cantidad de vueltas



4. Diseño del procedimiento operativo

Se elaboró un documento formal (Figura 51) de procedimiento operativo en colaboración con el área de producción. Este documento detalla todos los aspectos críticos para garantizar el control del espesor de la masa de manera estandarizada y eficiente.

El documento incluye secciones claras sobre:

- Objetivo
- Alcance
- Herramientas
- Responsables
- Tiempo de revisión
- Control

Cada punto del procedimiento fue revisado y validado por el área de producción para asegurar su claridad con las prácticas operativas actuales.

Figura 51*Documento de procedimiento operativo***Protocolo de Control de Espesor de Discos****1. Objetivo**

Establecer el procedimiento para verificar y ajustar la separación de los rodillos mediante un sistema de marcas visuales y una medición periódica, con el fin de minimizar la variación del grosor de la masa y asegurar la uniformidad de los discos de empanada dentro de la tolerancia especificada.

2. Alcance

Este protocolo aplica al proceso de producción de discos de empanada en todas las líneas argentinas, durante todos los turnos operativos, e incluye:

- Instalación y uso de marcas visuales de referencia en los mandos de ajuste de los rodillos.
- Verificación del grosor de las láminas de masa cada dos horas de operación.
- Aplicación por parte de los operadores de línea y supervisores de turno como parte del control estándar de producción.

3. Materiales y Herramientas

Material / Herramienta	Descripción
Calibrador de verificación	Dispositivo para calibrar grosor de masa y rodillos
Formato de registro	Tabla impresa para anotar resultados.
Marcas de referencias	Marcas en las manivelas del punto de cierre, así como marcas del grosor especificado.

5. Entrenamiento / Prueba piloto y ajuste

Se capacitó al personal operativo de la Línea Argentina en la aplicación de la solución implementada. La capacitación incluyó una explicación detallada del funcionamiento de las nuevas herramientas, como el calibrador de espesor y las marcas visuales, así como los pasos del procedimiento operativo establecido.

La prueba piloto se llevó a cabo durante cinco períodos consecutivos, utilizando diferentes tipos de masa para evaluar la efectividad de la solución en condiciones reales de producción las cuales iban a registrar en un formato (Figura 52) para controlar la variación del grosor.

Los datos obtenidos durante la prueba piloto se documentaron en la Tabla 14, donde se recopilaban métricas clave como el espesor promedio, la variabilidad y la frecuencia de ajustes realizados por los operarios.

Tabla 14

Prueba piloto de espesor de masa

Tabla de prueba piloto para espesor de masa en mm					
No	1	2	3	4	5
Prueba 1	5,14	5,17	5,04	5,24	4,96
Prueba 2	5,11	5,25	4,77	5,08	5,32
Prueba 3	4,77	4,97	4,93	5,18	4,80

Figura 52

Formato usado en prueba piloto

FORMATO DE SEGUIMIENTO DEL PILOTO - CONTROL DE GROSOR Y DISTANCIA DE RODILLOS

Fecha	Turno	Responsable	Línea
19/07/2023	M. Noche	Walter P. Lopez	Argentina II

1. Verificación del uso de herramienta visual

Elemento	¿Existe herramienta? (Si/No)	Observaciones
Indicador visual de distancia de rodillos	SI	
Pantalla visual de control de grosor	SI	
Personal capacitado en el uso	SI	
Inspección de la zona durante el turno	SI	

2. Medición de parámetros clave (cada 2 horas) (Rango permitido (mm) 5,30 - 5,70)

Hora	Distancia entre rodillos (mm)	Grosor del disco (mm)	Resultado dentro del rango? (Si/No)	Observaciones
7:00	5,25	5,75	SI	
9:00	5,17	5,77	SI	
11:00	5,11	5,78	SI	
13:00	5,11	5,73	SI	
15:00	5,25	5,74	SI	Se ajusta disco
17:00				

3. Registro de incidencias

Hora	Tipo de incidencia	Causa aparente	Acción tomada	Responsable

4. Firma del responsable

Nombre: _____

Firma: _____

Tras el éxito de la prueba piloto, se procedió a la implementación definitiva de la solución en la Línea Argentina, junto con la actualización oficial de los procedimientos operativos

2.4.6.2 Diseñar el cronograma de mantenimiento preventivo para las líneas Argentinas

Para la segunda solución, se realizaron ajustes al plan original en coordinación con los departamentos de Mantenimiento y Producción. Tras revisar los problemas identificados, se acordó priorizar el mantenimiento preventivo de todos los componentes de todas las líneas de producción, no solo de la Línea Argentina. Este enfoque integral busca prevenir fallos generalizados y garantizar la estabilidad operativa de toda la planta.

En coordinación con los departamentos de Mantenimiento y Producción, se estableció una metodología que prioriza el mantenimiento de todos los componentes de las líneas de producción, donde cuando llegue la fecha de mantenimiento establecida para cada pieza (Tabla 15), se define un plazo máximo de 15 días para su ejecución. Durante este período, ambos equipos evalúan la demanda productiva para seleccionar el día más adecuado dentro de la quincena, minimizando así el impacto operativo y asegurando que las intervenciones se realicen en momentos de baja demanda, con recursos previamente asignados y priorizando los equipos críticos para la producción.

Tabla 15

Periodicidad de mantenimiento

	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
	CÓDIGO	FECHA DE EMISIÓN		VERSIÓN		PÁG.	
	FO-SIA-BPM-04.07			1		1	
PERIODICIDAD DE MANTENIMIENTO							
EQUIPO	COMPONENTE	MENSUAL	BIMESTRAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL	PARTES
ARGENTINA 026	Modulo cabezal				X		Elec 01
	Modulo Calibrador 120		X				Lub 01
	Harinador				X		Mec 01
	Mesa de corte			X			Mec 03
	Mesa de rechazo				X		Mec 24
	Banda de salida			X			
ARGENTINA 024	Mesa de apilado				X		
	Modulo cabezal				X		Elec 01
	Modulo Calibrador 120		X				Lub 01
	Harinador				X		Mec 01
	Mesa de corte			X			Mec 03
	Mesa de rechazo				X		Mec 24
ARGENTINA 021	Banda de salida			X			
	Mesa de apilado				X		
	Modulo cabezal				X		Elec 01
	Modulo Calibrador 120		X				Lub 01
	Harinador				X		Mec 01
	Mesa de corte			X			Mec 03
	Mesa de rechazo				X		Mec 24
	Blower			X			
MODULOS MANUALES	Cortador				X		
	Banda de salida			X			Elec 01
	Mesa de apilado				X		Lub 01
							Mec 01
BANDAS	Modulo Calibrador 125 #1		X				Mec 03
	Modulo Calibrador 125 #2		X				Mec 24
	Modulo Calibrador 125 #3 Nueva		X				
AMASADORAS	Banda producto terminado DC #1			X			Elec 01
	Banda producto terminado DC #2				X		Lub 01
	Banda producto terminado DC #3			X			Mec 01
	Banda producto terminado DC #4				X		Mec 03
	Banda producto terminado AC #1			X			
	Banda producto terminado AC #2				X		
	Banda producto terminado AC #3			X			
	Banda producto terminado AC #4				X		
AMASADORAS	Plato chino			X			
	Formadora de hoja #1					X	
	Formadora de hoja #2						X
	Cabezal principal			X			
	Laminadora principal			X			
	Banda transportadora					X	
	Banda inclinada				X		
	Amasadora #1			X			
	Amasadora #2			X			
	Amasadora #3				X		
	Banda Principal			X			
	Banda de armado #1				X		
Banda de armado #2			X				

Se elaboró un cronograma de mantenimiento preventivo específico para la Línea Argentina, documentado en la Tabla 16, el cual detalla las fechas planificadas para el mantenimiento de cada componente crítico. Este cronograma organiza las intervenciones por mes y especifica la ventana de tiempo dentro de cada quincena en la que debe realizarse el mantenimiento, considerando la disponibilidad de recursos y la demanda productiva.

Tabla 16

Cronograma de mantenimiento

		CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO																									
EQUIPO	COMPONENTE	FRECUENCIA	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		
ARGENTINA 026	Modulo cabezal	Semestral	X												X												
	Modulo Calibrador 120	Bimestral	X				X				X				X				X				X				
	Harinador	Semestral	X												X												
	Mesa de corte	Trimestral	X						X						X						X						
	Mesa de rechazo	Semestral	X												X												
	Banda de salida	Trimestral	X						X						X							X					
	Mesa de apilado	Semestral	X												X												
ARGENTINA 024	Modulo cabezal	Semestral		X												X											
	Modulo Calibrador 120	Bimestral		X				X				X				X				X				X			
	Harinador	Semestral		X												X											
	Mesa de corte	Trimestral		X					X						X							X					
	Mesa de rechazo	Semestral		X											X												
	Banda de salida	Trimestral		X						X						X							X				
	Mesa de apilado	Semestral		X												X											
ARGENTINA 021	Modulo cabezal	Semestral			X												X										
	Modulo Calibrador 120	Bimestral			X				X				X				X				X					X	
	Harinador	Semestral			X												X										
	Mesa de corte	Trimestral			X					X							X						X				
	Mesa de rechazo	Semestral			X												X										
	Blower	Trimestral			X						X						X					X					
	Cortador	Semestral			X												X										
	Banda de salida	Trimestral			X						X						X							X			
	Mesa de apilado	Semestral			X												X										

Como parte integral de la implementación del cronograma de mantenimiento preventivo, se diseñó un formulario estandarizado (Figura 53) para documentar de manera precisa y uniforme todas las actividades de mantenimiento realizadas en la Línea Argentina.

Figura 53

Orden de trabajo de mantenimiento

ORDEN DE TRABAJO			
CÓDIGO:	FECHA DE EMISIÓN:	VERSIÓN:	PÁGINA:
FO-SIA-BPM-04.01	14-May-24	02	1 de 1

SOLICITADO POR:	PRODUCCION	ORDEN #	056
RESPONSABLE(S):	MANTENIMIENTO	EQUIPO:	MODULO CABEZAL ARG 021
AUTORIZADO POR:	GERENCIA DE OPERACIONES	AREA:	PRODUCCION
FECHA INICIO:	05/08/2024	FECHA FIN:	06/08/2024
DESCRIPCION DE TRABAJO			
• DESMONTAJE DE EQUIPO • LIMPIEZA • CAMBIO DE RODAMIENTOS • RECTIFICACION DE RODILLO • CAMBIO DE CADENAS • CAMBIO DE ACEITE DE CAJA REDUCTORA • RECTIFICACION DE EJES Y BOCINES • LUBRICACION DE PARTES • MANTENIMIENTO A SISTEMA ELECTRICO • MANTENIMIENTO A MOTOR • MONTAJE DE PARTES • PUESTA EN MARCHA			
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES			
• NINGUNA			
FIRMA EJECUTANTE			

Se ha implementado una base de datos centralizada (Figura 54) para almacenar todos los registros de mantenimiento generados con el formulario estandarizado. Esta base de datos permite organizar y gestionar de manera eficiente la información histórica de todas las intervenciones realizadas en la Línea Argentina.

Figura 54

Base de datos de mantenimientos

A	B	C	D	E	F	G
SECUENCIAL	SEMANA	EQUIPO	SOLICITADOR	NOVEDAD	EJECUTADOR	GRAVEDAD DEL DAÑO
NovProd #002	MARZO 2025 SEMANA 31-6	AMASADORA #1	REYES CHAMAIDAN CESAR JOEL	FUGA DE ACEITE EN EL MOTOR	PEÑAFIEL CARRASCO RAPHAEL EDUARDO	BAJA (NIVEL 1)
NovProd #003	MARZO 2025 SEMANA 31-6	AMASADORA #1	REYES CHAMAIDAN CESAR JOEL	MAQUINA SE APAGA, AYER CAMBIARON EL VARIADOR PERO CONTINUA EN	RUIZ VILLAMAR KENNETH LENIN	BAJA (NIVEL 1)
NovProd #004	MARZO 2025 SEMANA 31-6	BLOTTA	BAIDAL FREIRE CHRISTOPHER DA	OPERADOR INDICA QUE UN PLATO DE LA MESA DE CORTE ESTA DES NIVEL	RUIZ VILLAMAR KENNETH LENIN	MODERADA (NIVEL 2)
NovProd #005	MARZO 2025 SEMANA 31-6	BANDA PRODUCTO TERMINAL	MITCHE CHALEN DAVID EUGENIO	SISTEMA ELECTRICO SE SALTAN LOS BREAKER	RUIZ VILLAMAR KENNETH LENIN	BAJA (NIVEL 1)
NovProd #006	MARZO 2025 SEMANA 31-6	AMASADORA #1	MITCHE CHALEN DAVID EUGENIO	NESECITA CAMBIOS DE RODAMIENTO	RUIZ VILLAMAR KENNETH LENIN	CRITICA (NIVEL 4)
NovProd #007	MARZO 2025 SEMANA 31-6	AMASADORA PARA ALERGEN	BAIDAL FREIRE CHRISTOPHER DA	NO ENCIENDE LAMINADORA PRINCIPAL DE BLOTTA SE REVISO CONEXION	RUIZ VILLAMAR KENNETH LENIN	BAJA (NIVEL 1)
NovProd #008	MARZO 2025 SEMANA 31-6	MODULO CALIBRADOR PARA	BAIDAL FREIRE CHRISTOPHER DA	MODULO CALIBRADOR NO ENCIENDE	RUIZ VILLAMAR KENNETH LENIN	MODERADA (NIVEL 2)
NovProd #009	MARZO 2025 SEMANA 31-6	BLOTTA	REYES CHAMAIDAN CESAR JOEL	CORTO GENERADO EN MAQUINA EN EL AREA DE DOSIFICADO	RUIZ VILLAMAR KENNETH LENIN	CRITICA (NIVEL 4)
NovProd #010	MARZO 2025 SEMANA 31-6	AMASADORA #1	PLUAS MONROY VICKY NOEMII	SE DAÑO LA CADENA	RUIZ VILLAMAR KENNETH LENIN	MODERADA (NIVEL 2)
NovProd #011	MARZO 2025 SEMANA 31-6	AMASADORA PRINCIPAL	MITCHE CHALEN DAVID EUGENIO	RETIRAR GUARDA PARA LIMPIEZA	RUIZ VILLAMAR KENNETH LENIN	BAJA (NIVEL 1)
NovProd #012	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	AMASADORA #1	BAIDAL FREIRE CHRISTOPHER DA	CUÑAS DE CADENA ESTA FLOJA Y SE SALEN CADA CIERTO TIEMPO	GANCHOSO LAYANA JAMES ADRIAN	ALTA (NIVEL 3)
NovProd #013	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	BANDA PRINCIPAL	PLUAS MONROY VICKY NOEMII	LA BANDA DE AMASADO DE ALERGENOS ESTA DESTEMPLADA	GANCHOSO LAYANA JAMES ADRIAN	MODERADA (NIVEL 2)
NovProd #014	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	BANDA DE ARMADO #2	MITCHE CHALEN DAVID EUGENIO	FALLA EN BOTONERA	GANCHOSO LAYANA JAMES ADRIAN	MODERADA (NIVEL 2)
NovProd #015	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	MODULO CALIBRADOR 125 #2	BAIDAL FREIRE CHRISTOPHER DA	MODULO UBICADO SECUNDARIO EN MANUAL NO ENCIENDE AL PARECER	GANCHOSO LAYANA JAMES ADRIAN	ALTA (NIVEL 3)
NovProd #016	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	SELLADORA CONTINUA #3 111	PLUAS MONROY VICKY NOEMII	SELLADORA DE ALERGENO ESTA A PUNTO DE DAÑARSE LA BANDA	GANCHOSO LAYANA JAMES ADRIAN	MODERADA (NIVEL 2)
NovProd #017	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	BANDA PRINCIPAL	REYES CHAMAIDAN CESAR JOEL	BANDA SE ENCUENTRA SALIDA DE SU SITIO REVISAR ANTES DE QUE LA BANDA	GANCHOSO LAYANA JAMES ADRIAN	MODERADA (NIVEL 2)
NovProd #018	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	BANDA PRINCIPAL	REYES CHAMAIDAN CESAR JOEL	SE NECESITA QUE LA BANDA PRINCIPAL SEA ADOPTADA CON LA BANDA PL	GANCHOSO LAYANA JAMES ADRIAN	ALTA (NIVEL 3)
NovProd #019	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	BLOTTA	PLUAS MONROY VICKY NOEMII	TOMACORRIENTE QUE ESTA CONECTADO AL VENTILADOR DE AMASADO	GANCHOSO LAYANA JAMES ADRIAN	BAJA (NIVEL 1)
NovProd #020	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	MODULO CALIBRADOR 120	MITCHE CHALEN DAVID EUGENIO	DISCO EN PROCESO SALEN MARCADO SE PROCEDE A PARAR LA LINEA R	GANCHOSO LAYANA JAMES ADRIAN	MODERADA (NIVEL 2)
NovProd #021	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	BANDA TRANSPORTADORA	PLUAS MONROY VICKY NOEMII	BOTONERA DE BANDA TRANSPORTADORA DE MASA NO FUNCIONA SE EN	GANCHOSO LAYANA JAMES ADRIAN	BAJA (NIVEL 1)
NovProd #022	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	AMASADORA #1	MITCHE CHALEN DAVID EUGENIO	TABLERO SE ENCUENTRA DAÑADO SOLDAR Y PULIR	RUIZ VILLAMAR KENNETH LENIN	BAJA (NIVEL 1)
NovProd #023	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	BLOTTA	PLUAS MONROY VICKY NOEMII	PERNO FLOJO EN LA MESA DE CORTE DE BLOTTA	YEPPEZ SANTANA JESUS VALERIANO	BAJA (NIVEL 1)
NovProd #024	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	AMASADORA #1	PLUAS MONROY VICKY NOEMII	LA CADENA ESTA A PUNTO DE DAÑARSE	GANCHOSO LAYANA JAMES ADRIAN	MODERADA (NIVEL 2)
NovProd #025	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	AMASADORA #1	MITCHE CHALEN DAVID EUGENIO	DAÑO DE CADENA	GANCHOSO LAYANA JAMES ADRIAN	MODERADA (NIVEL 2)
NovProd #026	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	AMASADORA 50KG PARA ALEF	PLUAS MONROY VICKY NOEMII	SE DAÑO LA CADENA	GANCHOSO LAYANA JAMES ADRIAN	MODERADA (NIVEL 2)
NovProd #027	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	BANDA TRANSPORTADORA	REYES CHAMAIDAN CESAR JOEL	BANDA TRANSPORTADORA AUN CONTINUA CON EL PROBLEMA DE QUE SI	GANCHOSO LAYANA JAMES ADRIAN	ALTA (NIVEL 3)
NovProd #028	ABRIL 2025 SEMANA 7-13	MODULO CALIBRADOR	MITCHE CHALEN DAVID EUGENIO	MODULO UBICADO SECUNDARIO EN MANUAL NO ENCIENDE AL PARECER	GANCHOSO LAYANA JAMES ADRIAN	ALTA (NIVEL 3)

2.4.6.3 Implementar herramientas de dosificación estandarizadas

- 1. Define los rangos de agua según el tipo de masa

Para la tercera solución, se utilizó la Tabla 17 de Requerimientos de Agua por Tipo de Masa, la cual fue proporcionada por el área de calidad. Esta tabla especifica las cantidades exactas de agua necesarias para cada variedad de masa utilizada en la producción.

Tabla 17

Tabla de cantidad de agua por tipo de masa

	Cantidad de agua (litros)	
Tipo de masa	50kg de masa	100kg de masa
Estandar	13,5	27
Pasta mix y wantan	12,9	25,8
Estandar baja en Tarirazina	14,4	28,8
Rigo	13,8	27,6
Comercial	15	30
Integral	16,5	21,9
Comercial baja en Tratazina	15	30
Artesanal	16,2	32

Con esta información, se definieron los rangos de dosificación para cada tipo de masa, ensuring que los operarios cuenten con parámetros precisos durante el proceso. Estos valores se incorporaron al diseño de las herramientas de medición y los protocolos operativos.

2. Adquisición y verificación

La empresa contaba previamente con envases de diversos tamaños que no estaban en uso. Tras evaluar las necesidades de dosificación basadas en la Tabla 17, se identificó que los envases de 500 ml eran los más adecuados para cumplir con los requerimientos de agua para los diferentes tipos de masa.

Se decidió adquirir únicamente envases de 500 ml para estandarizar el proceso, de esta forma los envases disponibles (Figura 55) fueron de 3 litros, 1 litro, 500ml y 300ml. Esto simplifica la dosificación, reduce errores y garantiza consistencia en la preparación de la masa.

Figura 55

Envases de dosificación



3. Ubicación y señalización

Los envases fueron colocados estratégicamente cerca de las estaciones de trabajo de los operarios, tal como se muestra en la Figura 56. Esta ubicación permite un acceso rápido y facilita su uso durante el proceso de dosificación, minimizando interrupciones y manteniendo la fluidez operativa.

Figura 56

Ubicación de envases de dosificación



4. Procedimiento de uso

Se desarrolló un procedimiento claro para guiar a los operarios en el uso correcto de los envases de 500 ml, asegurando la dosificación precisa del agua según el tipo de masa. Este procedimiento se basa en las combinaciones definidas en la Tabla 18.

Tabla 18*Combinaciones de cantidad de agua por masa*

Tipo de masa	Combinaciones
Estándar (13,5 L)	$4 \times 3 \text{ L} + 1 \times 1 \text{ L} + 1 \times 0,5 \text{ L}$
Pasta mix y wantán (12,9 L)	$4 \times 3 \text{ L} + 1 \times 0,5 \text{ L} + 1 \times 0,3 \text{ L} + 1 \times 0,1 \text{ L}$
Est. baja Tarirazina (14,4 L)	$4 \times 3 \text{ L} + 2 \times 1 \text{ L} + 1 \times 0,3 \text{ L}$
Rigo (13,8 L)	$4 \times 3 \text{ L} + 1 \times 1 \text{ L} + 1 \times 0,5 \text{ L} + 1 \times 0,3 \text{ L}$
Comercial (15,0 L)	$5 \times 3 \text{ L}$
Integral (10,95 L)	$3 \times 3 \text{ L} + 1 \times 1 \text{ L} + 1 \times 0,5 \text{ L} + 1 \times 0,3 \text{ L} + 1 \times 0,1 \text{ L} (\approx 10,9 \text{ L})$
Com. baja Tarirazina (15,0 L)	$5 \times 3 \text{ L}$
Artesanal (16,0 L)	$5 \times 3 \text{ L} + 1 \times 1 \text{ L}$

5. Documentar el uso de las nuevas adquisiciones

Se elaboró un documento formal (Figura 57) que detalla el procedimiento estandarizado para el uso de las herramientas de dosificación. Este documento incluye las siguientes secciones:

- **Objetivo y alcance:** Establece la finalidad de estandarizar la dosificación de agua para garantizar la consistencia de la masa.
- **Materiales:** Lista los envases, la Tabla 18 de combinaciones y las señales visuales implementadas.
- **Paso a paso:** Describe el proceso desde la identificación del tipo de masa hasta la verificación final de la dosificación.

- Responsabilidades: Asigna roles: operarios (ejecutar la dosificación), supervisores (verificar el cumplimiento) y calidad (auditoría).
- Criterio de aceptación: Define que la dosificación se considera correcta si sigue las combinaciones de la Tabla 18 con un margen de error máximo del 2%.
- Tiempo de implementación: Especifica que el procedimiento debe aplicarse en cada lote de producción.
- Tabla de combinaciones: Incluye la Tabla 18 como referencia rápida para los operarios.

Figura 57

Documento de procedimiento estandarizado

DOSIS DE AGUA ESTANDARIZADA CON JARRAS MEDIDORAS

1. Descripción general

Nombre: Dosificación estandarizada de agua con jarras medidoras

Descripción: Implementar un juego de jarras medidoras graduadas (3 L, 1 L, 0,5 L, 0,3 L, 0,1 L) para dosificar con precisión el agua en lotes de 50 kg de harina, garantizando la consistencia y reduciendo el desperdicio.

2. Objetivo y alcance

Objetivo: Lograr una medición precisa de agua con una precisión de $\pm 0,1$ L para cada lote de masa.

Alcance: Aplica a todas las líneas de producción argentinas para lotes de harina de 50 kg.

3. Materiales y equipos

Artículo	Especificaciones
Frasco graduado (3 L)	Existente, precisión $\pm 0,1$ L
Frasco graduado (1 L)	Cantidad: 3, precisión $\pm 0,05$ L
Frasco graduado (0,5 L)	Cantidad: 2, precisión $\pm 0,02$ L
Frasco graduado (0,3 L)	Cantidad: 1, precisión $\pm 0,01$ L
Soporte de montaje	Pared o estante cerca de la estación de mezcla

4. Pasos del procedimiento

1. Consulte el volumen total de agua necesario para el lote.
2. Seleccione la combinación de frascos para obtener el volumen requerido.
3. Llene cada frasco hasta la marca de graduación.
4. Vierta agua en la tolva de mezcla.
5. Registre el volumen dosificado en el registro de dosificación de agua.
6. Verifique que el volumen total sea igual al objetivo con una diferencia de $\pm 0,1$ L.
7. Si la desviación es $> \pm 0,1$ L, ajuste con un frasco de 0,1 L y vuelva a registrar.

5. Responsabilidades

Operadores: Ejecutar el procedimiento de dosificación, registrar las mediciones.

Supervisores: Verificar el cumplimiento, revisar los registros de dosificación.

Mantenimiento: Calibrar los frascos semestralmente.

Aseguramiento de la calidad: Auditar la precisión de la dosificación mensualmente.

6. Criterios de aceptación

- Los registros de dosificación muestran que ≥ 95 % de los lotes se encuentran dentro de una tolerancia de $\pm 0,1$ L.

- No se han rechazado lotes por dosificación incorrecta de agua.

- Registros de calibración actualizados.

7. Cronograma de implementación

Fase	Actividades	Cronología
Planificación	Definir volúmenes y especificaciones de los frascos; adquirir frascos	Semana 1
Configuración	Instalar bastidores; calibrar frascos	Semana 2
Capacitación	Capacitar a operadores y supervisores	Semana 2
Piloto y lanzamiento	Ejecutar la prueba piloto; revisar e implementar	Semana 3-4

9. 9. Procedimiento

Tipo de masa	Combinación
Estándar (13,5 L)	$4 \times 3 \text{ L} + 1 \times 1 \text{ L} + 1 \times 0,5 \text{ L}$
Pasta mix y wantán (12,9 L)	$4 \times 3 \text{ L} + 1 \times 0,5 \text{ L} + 1 \times 0,3 \text{ L} + 1 \times 0,1 \text{ L}$
Est. baja Tartrazina (14,4 L)	$4 \times 3 \text{ L} + 2 \times 1 \text{ L} + 1 \times 0,3 \text{ L}$
Rigo (13,8 L)	$4 \times 3 \text{ L} + 1 \times 1 \text{ L} + 1 \times 0,5 \text{ L} + 1 \times 0,3 \text{ L}$
Comercial (15,0 L)	$5 \times 3 \text{ L}$
Integral (10,95 L)	$3 \times 3 \text{ L} + 1 \times 1 \text{ L} + 1 \times 0,5 \text{ L} + 1 \times 0,3 \text{ L} + 1 \times 0,1 \text{ L} (\approx 10,9 \text{ L})$
Com. baja Tartrazina (15,0 L)	$5 \times 3 \text{ L}$
Artisanal (16,0 L)	$5 \times 3 \text{ L} + 1 \times 1 \text{ L}$

6. Capacitación del personal y pruebas piloto.

Se capacitó al personal en el uso de las nuevas herramientas de dosificación y las combinaciones de agua para cada tipo de masa.

Paralelamente, se realizaron pruebas piloto para observar el desempeño de los operarios con las nuevas herramientas. Estas pruebas consistieron en sesiones supervisadas como ilustra la Figura 58.

Figura 58

Capacitaciones y pruebas piloto de herramientas de dosificación



2.5 Control

Con las soluciones implementadas en la Línea Argentina, se inicia la fase de Control, destinada a garantizar que las mejoras se mantengan en el tiempo y los avances en productividad sean sostenibles.

2.5.1 Plan de control

Se desarrolló un plan de control detallado (Tabla 19) para asegurar que las soluciones implementadas se mantengan en el tiempo y continúen generando beneficios. Este plan incluye para cada solución:

- Actividades específicas para monitorear y mantener los cambios realizados.

- Área de actividades
- Responsables directos (roles o personas asignadas).
- Frecuencia de cada actividad (diaria, semanal, mensual).
- Tiempo de actuación para corregir desviaciones.

Tabla 19*Plan de control de soluciones*

Solución	Variable	Pasos que seguir	Área	Responsable	Tiempo
Control visual de maquinaria	Grosor de las láminas de masa en comparación con el estándar (5,00 mm). Uso correcto de las marcas de la máquina.	Los operadores registran las mediciones cada 2 horas; los supervisores las revisan a diario; el equipo de calidad realiza auditorías semanales.	Máquinas aplanadoras de masa para líneas Argentinas.	Operadores → registrar; Supervisores → verificar; Calidad → auditar.	Cada 2 h (operador), Diariamente (supervisor), Semanalmente (calidad).
Cronograma de mantenimiento preventivo	Cumplimiento del programa de mantenimiento y actualizaciones del panel de control.	El personal de mantenimiento registra las tareas; los supervisores supervisan el panel de control y garantizan que se complete el mantenimiento.	Cronograma de mantenimiento y sistema de tablero de control.	Personal de mantenimiento → registrar; Supervisores → rastrear.	Registrar cada mantenimiento (personal), Mensualmente (supervisor).
Dosificación estandarizada de agua	Uso correcto de los frascos estandarizados y cumplimiento de la dosificación de agua. % de lotes dentro de la receta estándar.	Realizan inspecciones puntuales del proceso de mezcla en cada turno; los supervisores verifican el uso de frascos estandarizados; el equipo de control de calidad revisa los registros de los lotes semanalmente.	Área de mezcla.	Operadores → usar jars/registrar; Supervisores → verificar; Calidad → auditar.	Cada lote (operador), Cada turno (supervisor), Mensualmente (calidad).

En colaboración con el área de mantenimiento, se adaptó el dashboard existente (originalmente diseñado para mantenimiento correctivo) para integrar la nueva base de datos de la segunda solución (mantenimiento preventivo) como se observa en la figura 59. Los cambios realizados incluyen:

- Incorporación de datos preventivos
- Visualización unificada
- Accesibilidad

Figura 59

Dashboard de mantenimiento



2.5.2 Plan de reacción

Como último paso de la metodología, se desarrollaron planes de reacción específicos para cada solución de forma de diagramas de flujo, con el fin de actuar rápidamente si se detectan desviaciones o fallas en su implementación. Estos planes se documentan en las figuras:

- Figura 60: Plan de reacción para la solución de control visual (medición de espesor de masa).

- Figura 61: Plan de reacción para la solución de cronograma de mantenimiento preventivo.
- Figura 62: Plan de reacción para la estandarización de herramientas de dosificación.

Figura 60

Plan de reacción control visual de maquinaria

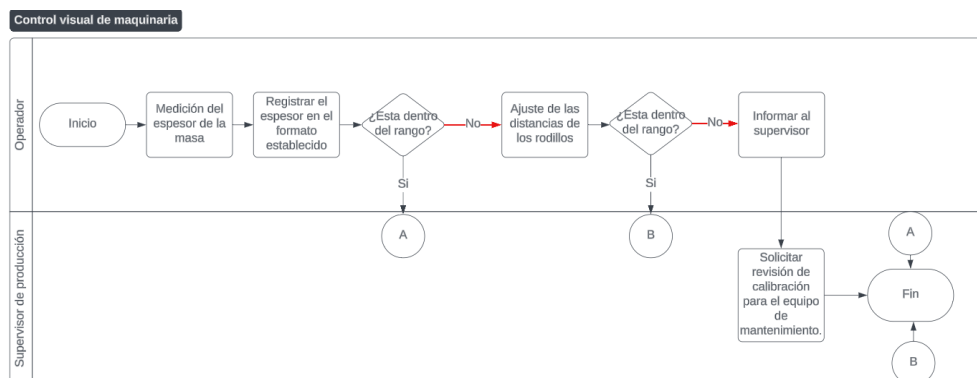


Figura 61

Plan de reacción cronograma de mantenimiento preventivo

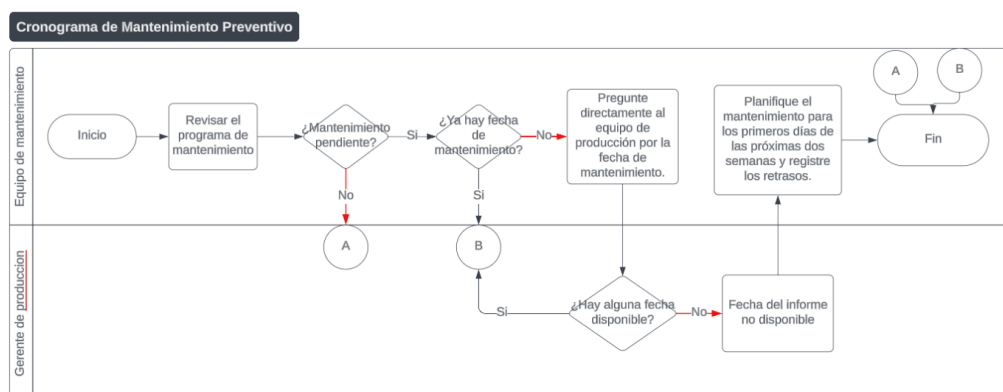
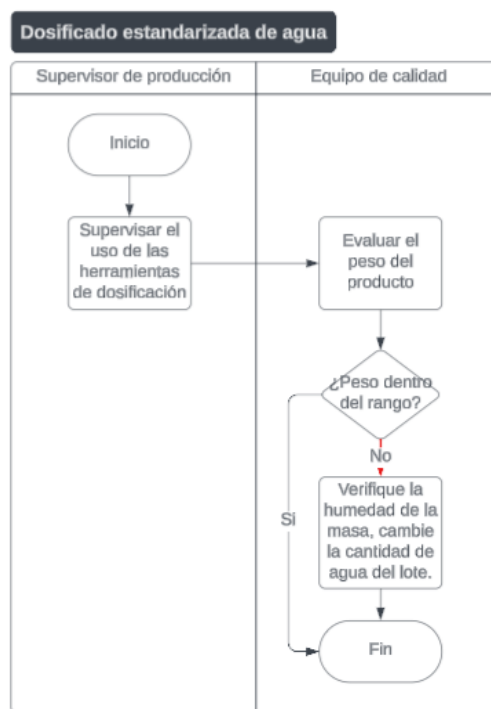


Figura 62

Plan de reacción dosificado estandarizado



Capítulo 3

3. Resultados y análisis

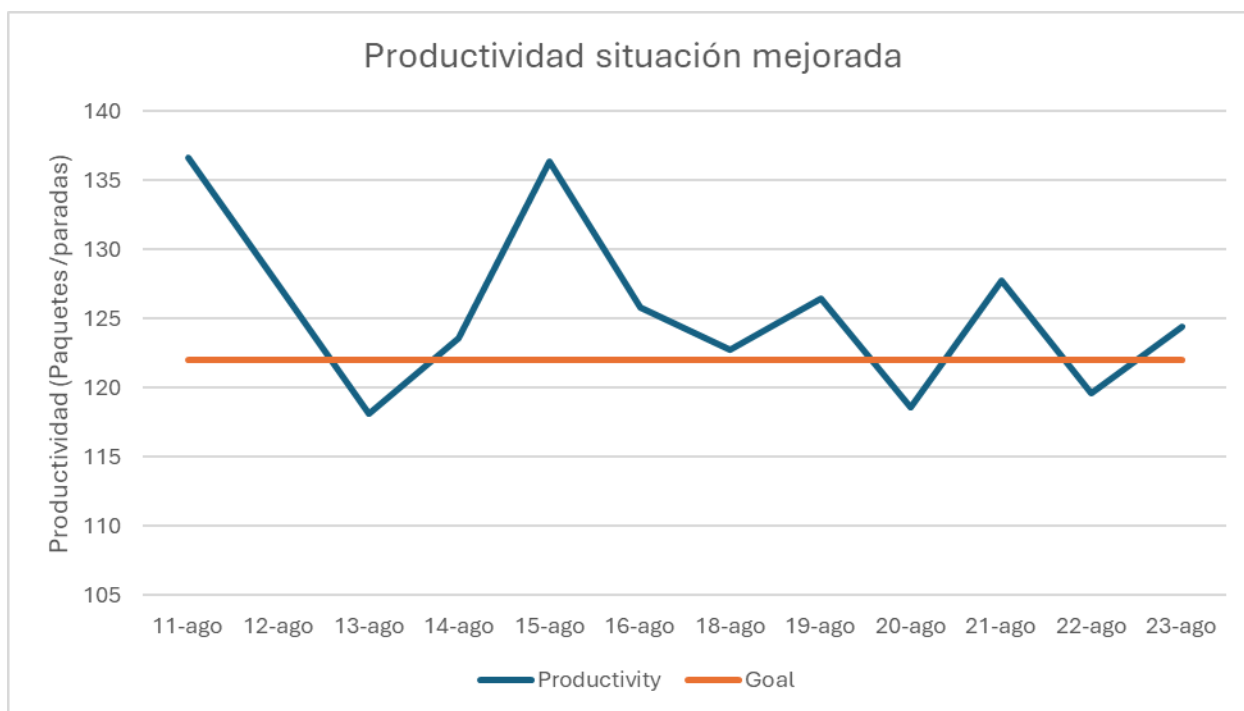
Tras la implementación de las soluciones, se recolectaron datos diarios de productividad durante un período definido (12 días después de las aplicaciones de las soluciones). Esta data permitió comparar el desempeño actual con la línea base inicial (118.53 unidades/parada) y medir el impacto de las soluciones.

3.1 Serie de tiempo

La Figura 63 muestra la serie temporal de la productividad (unidades/parada) después de la implementación de las soluciones. Los resultados evidencian un cambio significativo y positivo en el comportamiento del proceso

Figura 63

Serie de tiempo después



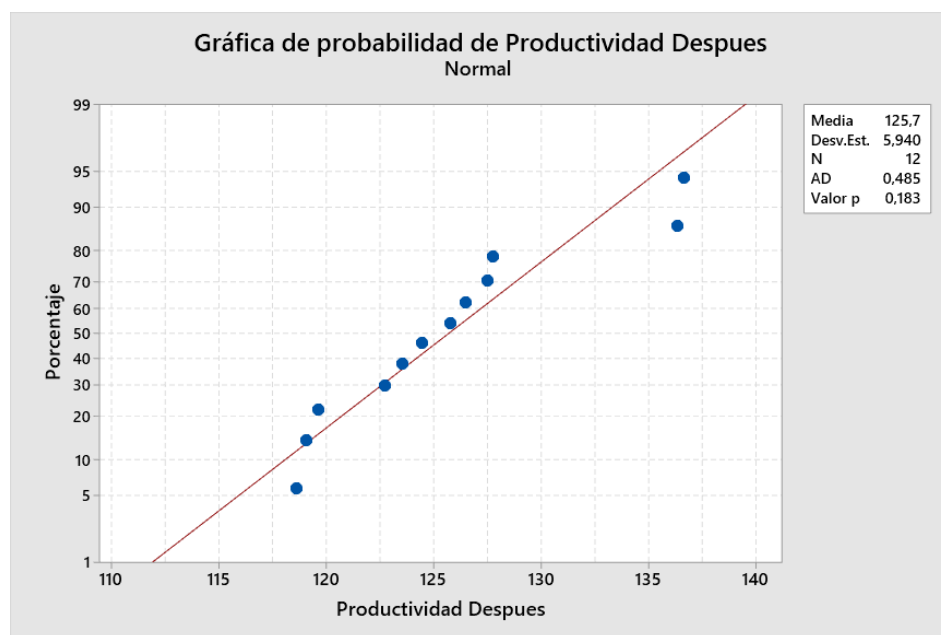
3.2 Análisis de normalidad

Previo al análisis de los resultados post-implementación, se realizaron pruebas de normalidad para garantizar que los datos de productividad cumplieran con los supuestos requeridos para aplicar técnicas estadísticas paramétricas. Los resultados fueron los siguientes:

- Productividad Global (Todas las Líneas):
 - Prueba de normalidad (Figura 64): Valor-p = 0.234.
 - Conclusión: Dado que el valor-p es mayor que el nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, los datos de productividad global siguen una distribución normal.

Figura 64

Prueba de normalidad productividad después

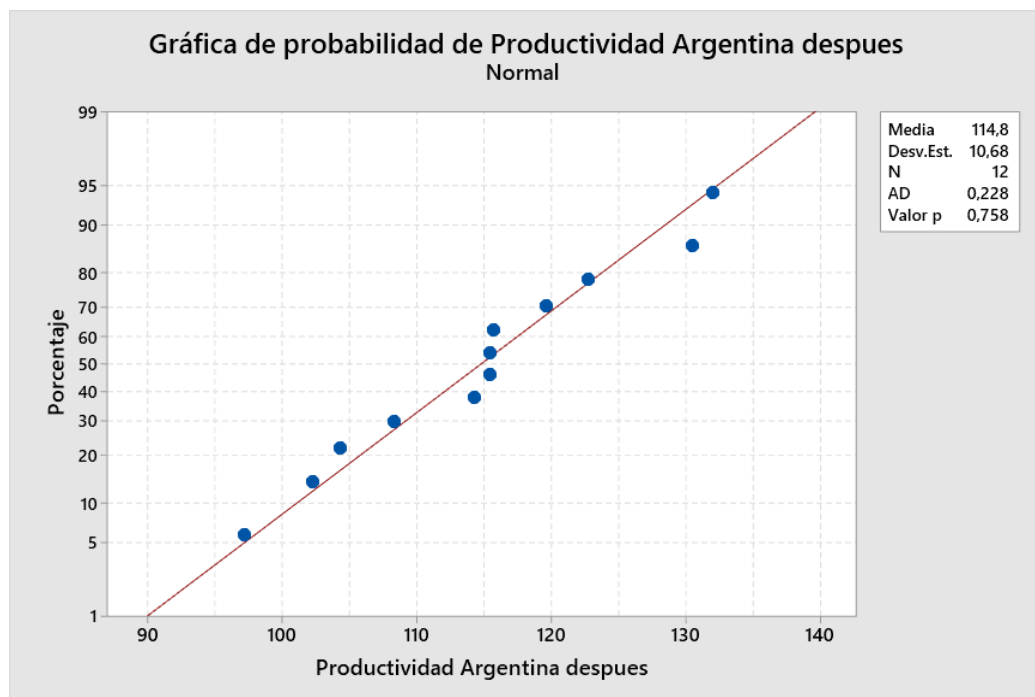


- Productividad de la Línea Argentina (Enfoque Principal):
 - Prueba de normalidad (Figura 65): Valor-p = 0.758.

- Conclusión: El valor-p es significativamente mayor que $\alpha = 0.05$, lo que confirma que los datos de productividad de la Línea Argentina siguen una distribución normal.

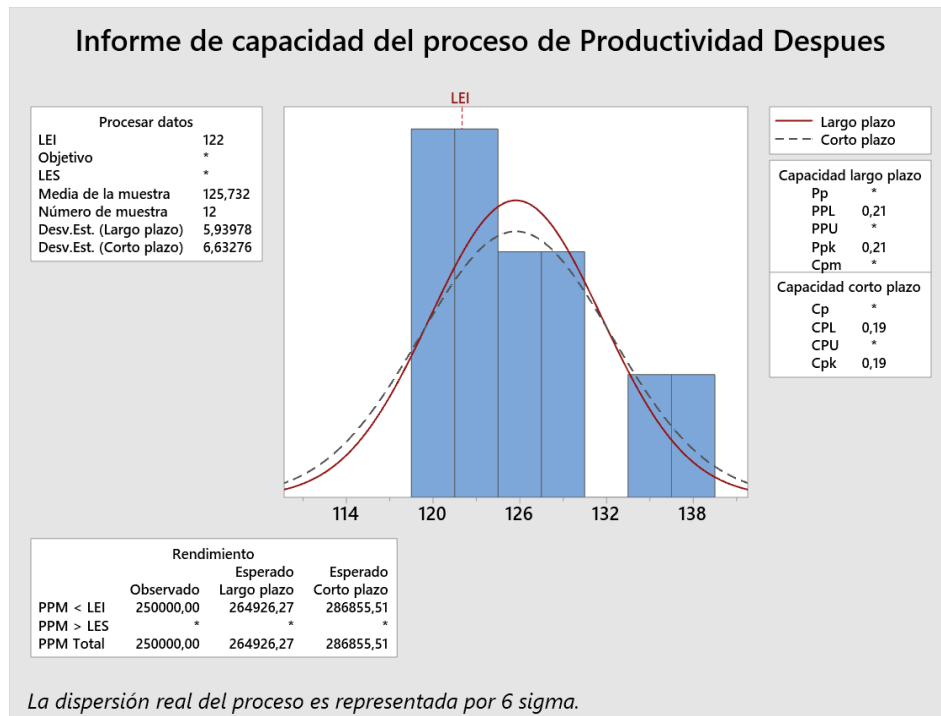
Figura 65

Prueba de normalidad productividad Argentina después



3.3 Análisis de capacidad

Una vez verificada la normalidad de los datos de productividad, se realizó un análisis de capacidad del proceso para evaluar el rendimiento de la productividad después de la implementación de las soluciones. Los resultados se muestran en la Figura 66 y se detallan a continuación:

Figura 66*Informe de capacidad de productividad después***Resultados del Análisis de Capacidad:**

- Cpk (Índice de Capacidad del Proceso): 0.19
- Cpl (Índice de Capacidad Inferior): 0.19
- Ppk (Índice de Desempeño del Proceso): 0.21
- Ppl (Índice de Desempeño Inferior): 0.21

Valores bajos (<1.33): Indican que el proceso aún tiene margen de mejora en cuanto a variabilidad y centrado. Sin embargo, el avance es significativo comparado con el estado inicial.

Media actual de productividad: 125.732 unidades/parada. Supera la meta inicial de 122 unidades/parada, lo que refleja un avance notable. La media se encuentra por encima del límite inferior de especificación (LIE = 122), lo que confirma que el proceso ya no opera en valores inaceptables.

Comparación con el Estado Inicial:

Antes de las soluciones:

- Media: 118.53 unidades/parada
- Cpk y Ppk: Negativos (por debajo del LIE).

Después de las soluciones:

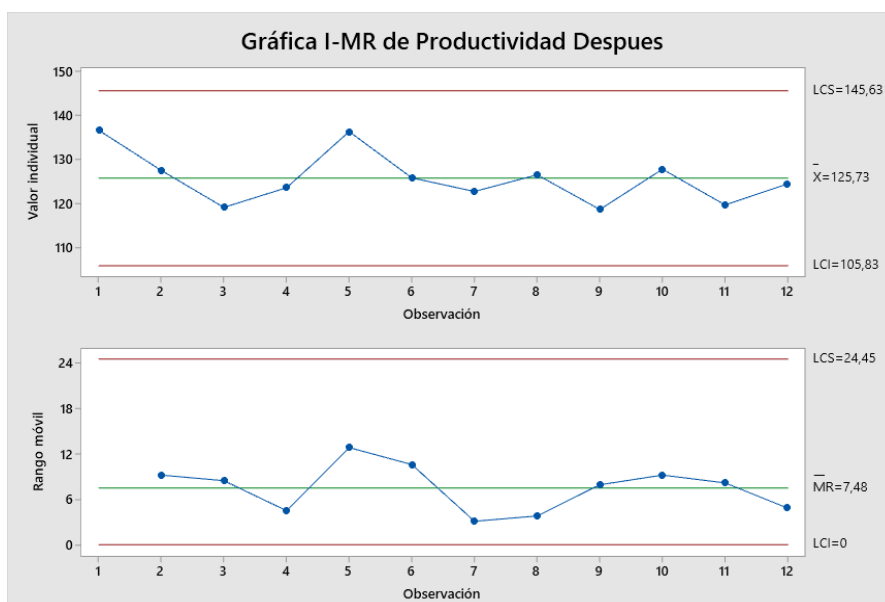
- Media: 125.732 unidades/parada (+6.1% de mejora).
- Índices de capacidad positivos (aunque bajos), lo que indica que el proceso está dirigido en la dirección correcta.

3.4 Rango móvil y valores individuales

Para asegurar que el proceso de productividad se mantenga estable después de la implementación de las soluciones, se analizaron los rangos móviles y los valores individuales de la productividad diaria. Los resultados, documentados en la Figura 67, confirman que el proceso se encuentra bajo control estadístico:

Figura 67

Figura de valores individuales y rango móvil



3.5 Productividad

Para evaluar el impacto de las soluciones implementadas en la productividad, se realizó un análisis estadístico comparativo entre los datos previos y posteriores a la implementación. Los resultados se presentan en el Figura 68 (prueba de hipótesis) y el Figura 69 (diagrama de cajas).

Figura 68

Prueba de hipótesis productividad mejora

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

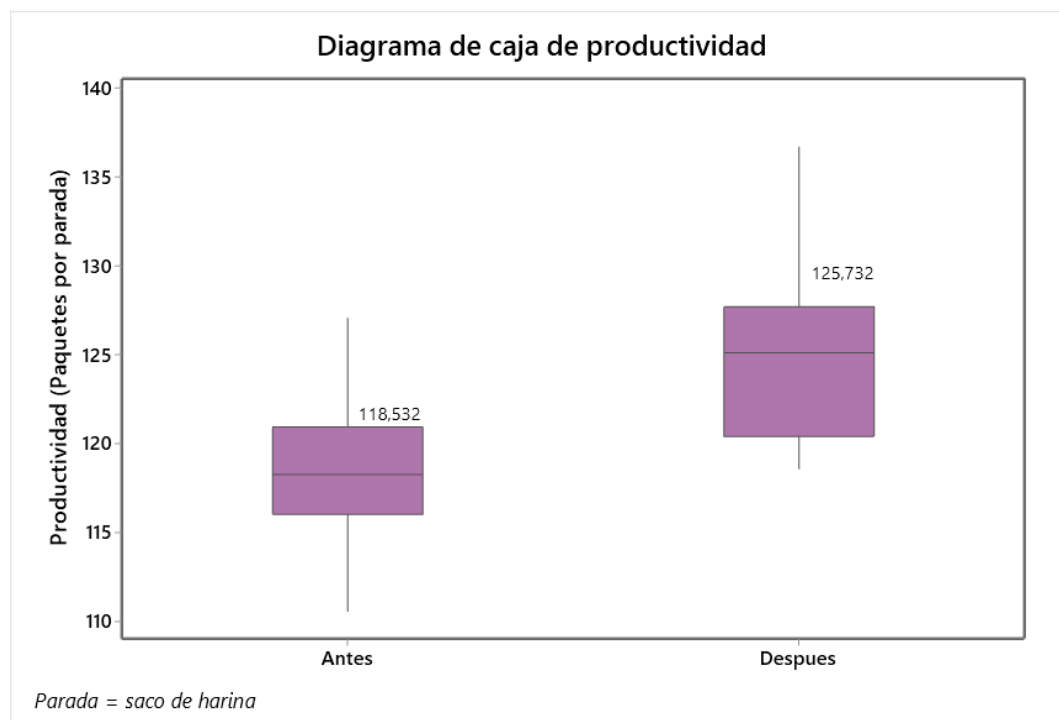
Valor T GL Valor p

-3,87 15 0,002

Existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, confirmando que las medias de productividad antes y después de las soluciones son estadísticamente diferentes.

Figura 69

Diagrama de cajas de productividad por escenarios



En términos prácticos, la productividad experimentó un crecimiento de 7.20 paquetes por parada, pasando de un promedio de 118.53 a 125.73 unidades por parada, lo que representa un incremento del 6.07%. La gráfica muestra un desplazamiento evidente de la distribución hacia valores más altos, corroborando el crecimiento estadísticamente significativo.

Estos resultados validan la efectividad de las soluciones implementadas, como la medición visual, el mantenimiento preventivo y la dosificación estandarizada. El valor actual de 125.73 unidades por parada se acerca notablemente a la meta inicial de 127, demostrando que el proyecto está en la dirección correcta. Además, la estabilidad observada en los datos sugiere que las mejoras son sostenibles a largo plazo.

3.6 Productividad Línea Argentina

Para evaluar el impacto específico de las soluciones implementadas en la Línea Argentina, se realizó un análisis comparativo de la productividad antes y después de la intervención. Mediante una prueba de hipótesis de diferencia de medias (Figura 70), se obtuvo un valor-p de 0.00, lo que indica que la diferencia entre los períodos es estadísticamente significativa. Este resultado confirma que las soluciones aplicadas generaron un cambio sustancial en el desempeño de la línea.

Figura 70

Prueba de hipótesis productividad Argentina

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T GL Valor p

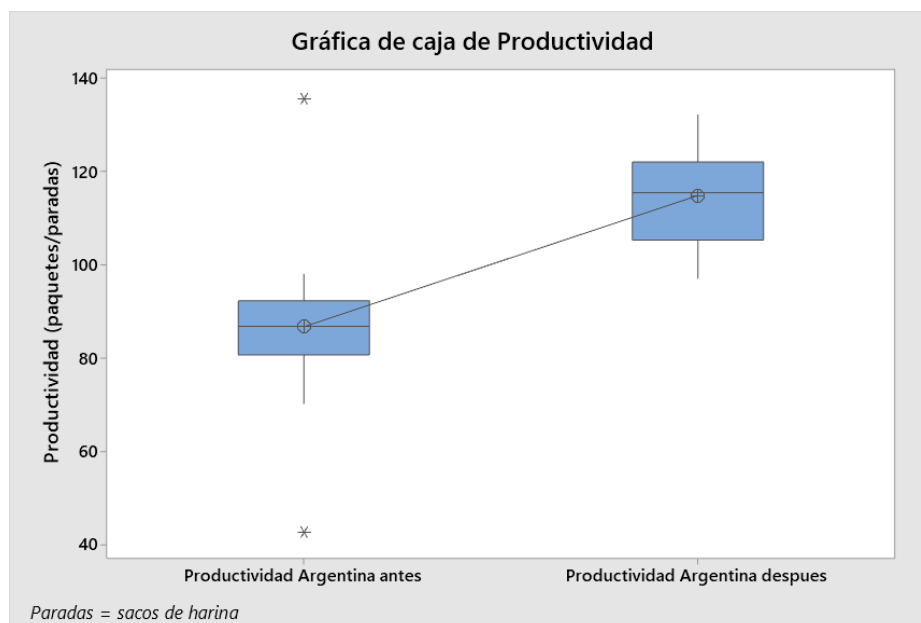
-6,78 28 0,000

La magnitud de la mejora se cuantificó en 28.08 paquetes por parada, lo que refleja un avance notable en la eficiencia operativa. Este incremento no solo supera las expectativas iniciales, sino que también demuestra la efectividad de las estrategias implementadas, como la estandarización de herramientas de dosificación, el mantenimiento preventivo y el control visual del espesor de la masa.

La visualización de estos resultados en el Figura 71 (diagrama de cajas) permite apreciar de manera clara la distancia entre las distribuciones de productividad antes y después de las soluciones.

Figura 71

Diagrama de cajas de productividad Argentina



3.7 Variable de sobrepeso del producto

Como parte crítica del proyecto, se evaluó el impacto de las soluciones implementadas sobre la causa principal identificada: el sobrepeso del producto. Los datos recopilados post-implementación, documentados en la Tabla 20 y visualizados en el Figura (Figura de barras), demuestran una reducción significativa en la incidencia de este problema.

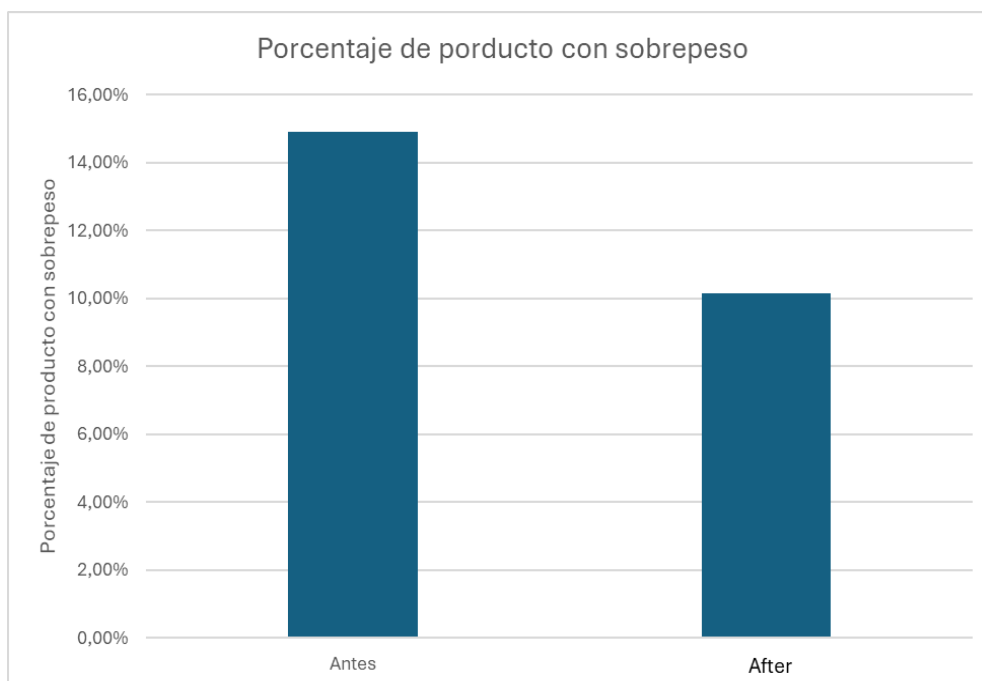
Tabla 20

Valores del sobrepeso de paquetes

	Antes	Después
Paquetes dentro del limite	548	177
Paquetes fuera del limite	96	20
Total	644	197
Fuera del límite (%)	14,91%	10,15%

Figura 72

Diagrama de barras de productos con sobrepeso



Esta reducción del 4,76% (equivalente a una disminución relativa del 31,9% en la frecuencia de sobrepeso) confirma que las soluciones relacionadas con la medición visual, la dosificación estandarizada y el mantenimiento preventivo fueron efectivas para atacar la causa raíz del problema.

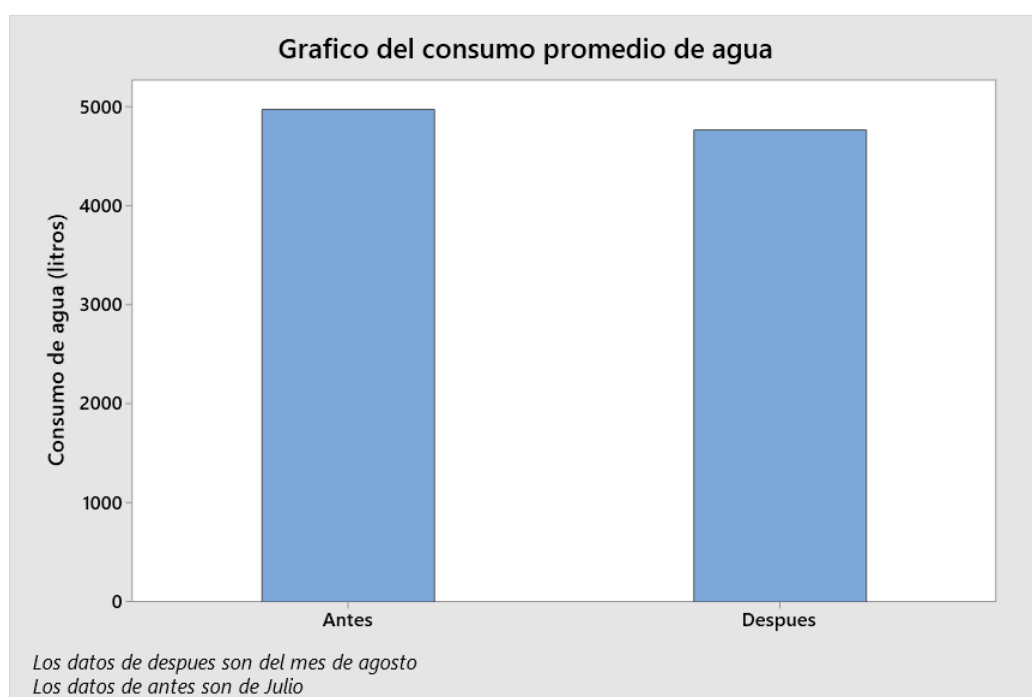
3.8 Triple bottom line

3.8.1 Medio ambiente

Como parte de la evaluación del Triple Bottom Line, se midió el impacto ambiental de las soluciones implementadas, específicamente en el consumo de agua. Los resultados, documentados en la Tabla 21 y visualizados en la Figura 73, confirman una reducción significativa en el uso de este recurso.

Tabla 21*Valores de consumo de agua*

Consumo de agua promedio diario	
Antes	4971,94 litros
Después	4766,85 litros

Figura 73*Diagrama de barras de consumo de agua*

La reducción del 4.12% en el consumo de agua demuestra que las soluciones no solo mejoraron la productividad, sino que también generaron un impacto ambiental positivo, alineándose con los principios de sostenibilidad y eficiencia.

3.8.2 Social

Como parte de la dimensión social del Triple Bottom Line, se evaluó el impacto de las soluciones en la producción promedio. Los resultados, documentados en la Tabla 22 y visualizados en el Figura 74, reflejan un avance significativo en el desempeño operativo.

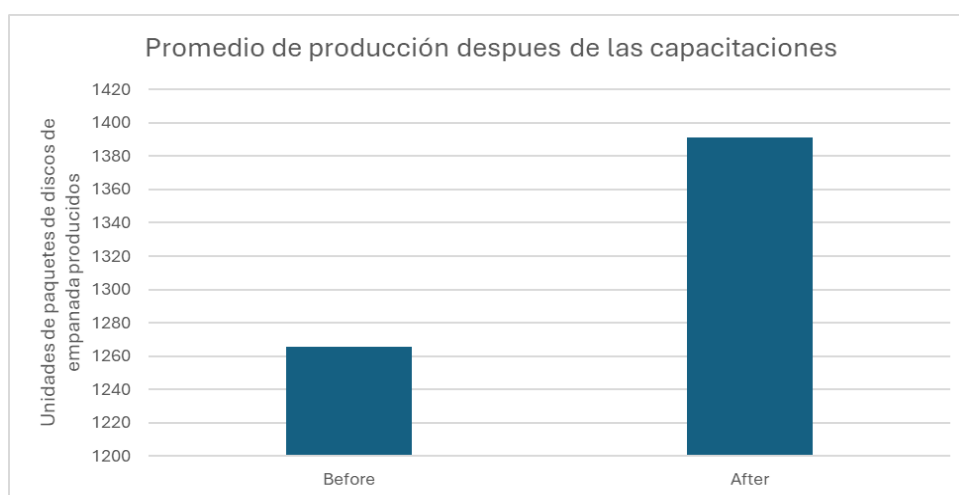
Tabla 22

Producción promedio diaria

Producción promedio diaria	
Antes	1265,32 unidades
Después	1391,07 unidades

Figura 74

Diagrama de barras de producción luego de capacitaciones



El incremento del 9.93% en la producción promedio demuestra que las soluciones no solo mejoraron la eficiencia, sino que también generaron un impacto social positivo al empoderar a los trabajadores y crear un entorno operativo más estable.

3.8.3 Económico

Como parte de la dimensión económica del Triple Bottom Line, se evaluó el impacto financiero de las soluciones implementadas, específicamente en el costo de materia prima. Los resultados, documentados en la Tabla 23 y visualizados en el Figura 75, confirman un ahorro significativo en la cantidad de sacos de harina requeridos para la producción.

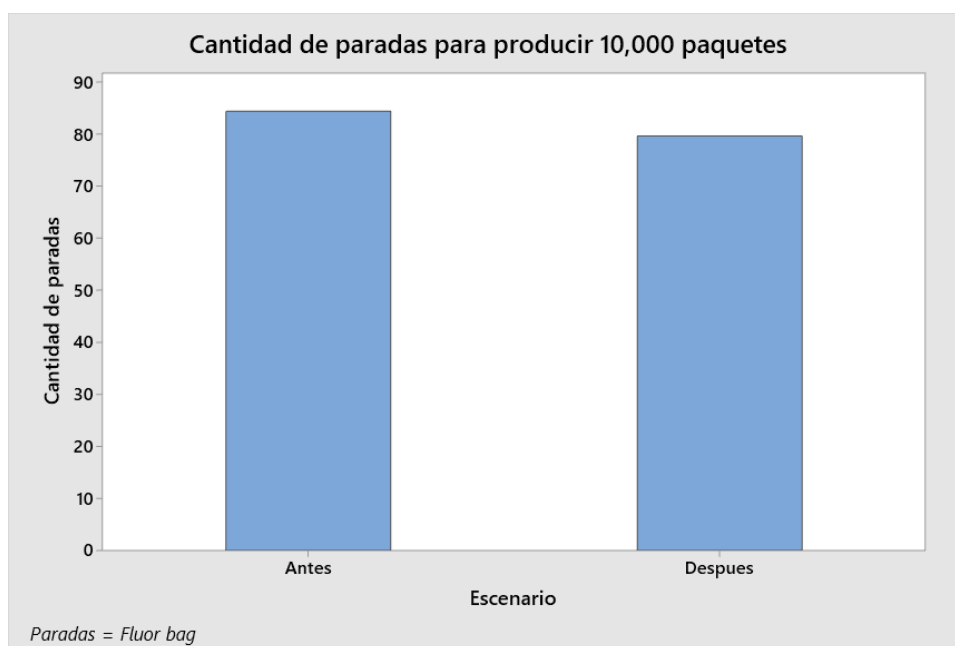
Tabla 23

Cantidad de paradas para producir 10,000 paquetes

Paradas para producir 10,000 paquetes de discos de empanada	
Antes	85
Después	80

Figura 75

Diagrama de barras de cantidad de paradas necesarias para producir 10,000 paquetes



La reducción del 5.67% en costos de materia prima demuestra que las soluciones no solo mejoraron la productividad y calidad, sino que también generaron un impacto económico tangible, alineándose con los objetivos de eficiencia y rentabilidad de la empresa.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- El proyecto cumplió exitosamente con los objetivos planteados inicialmente, logrando incrementar la productividad de la Línea Argentina de 118.53 a 125.73 unidades por parada, lo que representa una mejora del 6.07% y se acerca significativamente a la meta establecida de 127 unidades.
- Se identificaron como principales limitantes de la productividad los sobrepesos del producto en el proceso de producción de discos de empanadas teniendo, así como causa raíces la falta de mantenimiento de las maquinarias por lo que la maquinaria se descalibraba, así como la variación en los grosores de la masa por la distinta separación de los rodillos y por último la variación en la dosificación del agua variando así el cuerpo de la masa.
- Con base en las causas encontradas, se diseñaron soluciones factibles de aplicar sin necesidad de nueva infraestructura, tales como la implementación de un sistema de control visual para el aplanado de la masa, la priorización de mantenimiento por medio de un cronograma de mantenimiento preventivo para toda la maquinaria de las diferentes líneas de producción de la planta, y la estandarización en el dosificado de agua en la masa por medio de herramientas de dosificación.
- Las soluciones aplicadas demostraron un impacto positivo en el desempeño de la línea, logrando incrementar las unidades de paquetes de discos producidos por paradas por encima de lo establecido como meta. Esto refleja que, con un uso más eficiente de los recursos actuales y mejoras en los métodos de control, es posible optimizar significativamente la productividad.

4.1.2 Recomendaciones

- Para consolidar los avances conseguidos y garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las mejoras, se recomienda optimizar continuamente los procesos mediante la reducción de la variabilidad residual, con enfoque en elevar los índices de capacidad (Cpk/Ppk) a niveles ideales superiores a 1.33, lo que podría lograrse a través de ajustes finos en la calibración de equipos y capacitación avanzada para operarios en control estadístico de procesos.
- Es crucial replicar las soluciones exitosas en las líneas Manual y Blotta, utilizando como base la estructura de implementación ya probada, incluyendo planes de control, dashboards y protocolos estandarizados para homogenizar la productividad en toda la planta y maximizar el impacto operativo y económico.
- Se sugiere fortalecer el sistema de monitoreo mediante la actualización periódica de la base de datos de mantenimiento, la integración de alertas automatizadas para desviaciones críticas y la documentación sistemática de lecciones aprendidas, asegurando que el conocimiento se capitalice en futuros proyectos.
- Para escalar los beneficios, se debe explorar la automatización de mediciones —como sensores en tiempo real para el peso y espesor de la masa— lo que reduciría la dependencia de intervención manual y minimizaría errores, además de establecer nuevas metas que acerquen la productividad al máximo teórico de la línea (127 unidades/parada).

Referencias

- Antony, J. (2006). Six Sigma for service processes. *Business Process Management Journal*, 12(2), 234–248.
- Box, G. E. P., Jenkins, G. M., & Reinsel, G. C. (2015). *Time Series Analysis: Forecasting and Control* (5th ed.). Wiley.
- Castro, P., González, M., & Rojas, A. (2022). Aplicación de DMAIC en la producción de harina de maíz. *Revista Ingeniería Industrial*, 14(1), 45–58.
- Fernández, L., & Molina, R. (2021). Optimización de línea de galletas mediante Six Sigma. *Journal of Food Engineering*, 289, 110–117.
- García, S., Pérez, J., & Torres, F. (2021). Incremento de productividad en panaderías industriales. *Revista Latinoamericana de Gestión Industrial*, 9(2), 78–89.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations Management* (13th ed.). Pearson.
- Herrera, P., & Martínez, C. (2019). Desafíos de la productividad en la industria alimentaria. *Gestión y Producción*, 27(3), 201–214.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's Quality Handbook* (5th ed.). McGraw-Hill.
- López, V., & Ramírez, D. (2022). Alineación de proyectos con la voz del cliente en la industria de alimentos. *Innovación y Calidad*, 5(1), 12–24.
- Martínez, R., Soto, L., & Fuentes, P. (2020). Modelado de la productividad en agroindustria mediante series de tiempo. *Revista de Investigación Industrial*, 11(4), 301–318.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma Way*. McGraw-Hill.
- Silva, M., & Souza, T. (2018). Reducción de desperdicio en planta de snacks a través de DMAIC. *Journal of Manufacturing Systems*, 48, 123–131.
- Yang, K. (2003). *Quality Engineering Handbook*. Marcel Dekker.

Apéndice A

Productividad promedio semanal

Paquetes/saco	Productividad
SEMANAS	Total
1nov - 2nov	122,27
3nov - 9nov	116,30
10nov - 16nov	117,24
17nov - 23nov	110,61
24nov - 30nov	119,61
1dic - 7dic	113,00
8dic - 14dic	114,79
15dic - 21dic	115,56
22dic - 28dic	127,05
29dic - 4ene	120,37
5ene - 11ene	122,61
12ene - 18ene	118,18
19ene - 25ene	116,04
26ene - 1feb	117,96
2feb - 8feb	118,34
9feb - 15feb	118,28
16feb - 22feb	112,32
23feb - 1mar	119,54
2mar - 8mar	120,97

9mar - 15mar	122,61
16mar - 22mar	118,00
23mar - 29mar	119,79
30mar - 5abr	114,39
6abr - 12abr	122,26
13abr - 19abr	120,45
20abr - 26abr	123,80
27abr - 30abr	118,01

Apéndice B

Productividad promedio semanal por turno

	Por turno semanal (paquetes/saco)	
SEMANAS	DIA	NOCHE
1nov - 2nov	122,27	0,00
3nov - 9nov	122,25	107,47
10nov - 16nov	121,27	114,42
17nov - 23nov	126,98	90,55
24nov - 30nov	120,69	116,44
1dic - 7dic	124,59	95,93
8dic - 14dic	126,03	96,98
15dic - 21dic	115,88	121,72
22dic - 28dic	126,04	124,70
29dic - 4ene	112,99	113,08
5ene - 11ene	122,45	119,52
12ene - 18ene	120,92	116,53

SEMANAS	DIA	NOCHE
19ene - 25ene	124,30	108,90
26ene - 1feb	120,98	109,54
2feb - 8feb	123,80	109,53
9feb - 15feb	122,50	114,02
16feb - 22feb	118,88	106,01
23feb - 1mar	118,99	124,28
2mar - 8mar	117,30	127,14
9mar - 15mar	122,23	117,60
16mar - 22mar	123,06	114,18
23mar - 29mar	125,98	110,96
30mar - 5abr	120,98	97,69
6abr - 12abr	120,09	125,27
13abr - 19abr	118,10	126,55
20abr - 26abr	122,00	122,54
27abr - 30abr	117,17	124,54

Apéndice C

Paradas promedio semanales producidas

	Paradas (cantidad de sacos)
Semanas	Total
1nov - 2nov	303,00
3nov - 9nov	497,67
10nov - 16nov	507,67
17nov - 23nov	540,43
24nov - 30nov	546,00
1dic - 7dic	506,17
8dic - 14dic	543,19
15dic - 21dic	517,95
22dic - 28dic	331,57
29dic - 4ene	226,43
5ene - 11ene	453,14
12ene - 18ene	462,29
19ene - 25ene	472,57
26ene - 1feb	454,14

Semanas	Paradas (cantidad de sacos)
2feb - 8feb	445,71
9feb - 15feb	455,57
16feb - 22feb	437,57
23feb - 1mar	424,71
2mar - 8mar	330,43
9mar - 15mar	412,00
16mar - 22mar	412,14
23mar - 29mar	418,00
30mar - 5abr	423,29
6abr - 12abr	417,14
13abr - 19abr	356,86
20abr - 26abr	412,57
27abr - 30abr	423,75