

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Propuesta de mejora del proceso productivo de harina en la empresa FHACASA mediante la aplicación de la metodología Lean–DMAIC, en el III cuatrimestre del 2025.

Proyecto de graduación para optar por el
Bachillerato en Ingeniería Industrial.

ESTUDIANTE: CHRISTIAN ACEVEDO VIVAS

TUTOR: MBA. DAMARIS BERMÚDEZ ELIZONDO

PUNTARENAS, 2025

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de graduación se desarrolló en la empresa FHACASA (Fábrica de Harinas de Centroamérica S.A.) con el objetivo de mejorar el desempeño de la línea de producción de harina mediante la aplicación de la metodología Lean–DMAIC. Durante el diagnóstico se identificó un desbalance en el flujo productivo entre las etapas de molienda y empaque, lo que generaba acumulación de inventario en proceso (WIP), tiempos de espera elevados y dificultades para cumplir con el plan de producción.

El estudio se enfocó en analizar la interacción entre ambas etapas del proceso bajo condiciones normales de operación. Metodológicamente se aplicaron las fases de la metodología DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Para el análisis del problema se recolectaron datos operativos relacionados con tiempos de ciclo, inventario en proceso y cumplimiento del plan de producción. Posteriormente se utilizaron herramientas de mejora continua como el diagrama de Pareto, el diagrama de causa–efecto y la técnica de los cinco porqués para identificar las principales causas raíz.

Los resultados evidenciaron que el cuello de botella del proceso se encontraba en la etapa de empaque, debido a tiempos de ciclo mayores, falta de control del inventario en proceso y ausencia de reglas operativas claras para regular el flujo entre procesos. A partir de este diagnóstico se diseñó una propuesta de mejora orientada al balance de capacidades, la estandarización del método de trabajo y la implementación de herramientas de control operativo.

Entre los principales aportes del proyecto se destaca el diseño de procedimientos operativos estandarizados, instrucciones de trabajo visuales, listas de verificación y un sistema de indicadores de desempeño para monitorear variables como el tiempo de ciclo, el nivel de WIP, el cumplimiento del plan de producción y el indicador OEE de la etapa de empaque.

Finalmente, la propuesta contempla un plan de implementación acompañado de mecanismos de seguimiento y control que permiten asegurar la sostenibilidad de la mejora. Se espera que su aplicación contribuya a reducir tiempos improductivos, mejorar el flujo productivo y fortalecer la eficiencia operativa de la empresa.

Contenido

RESUMEN EJECUTIVO	1
Contenido	2
ACRÓNIMOS Y SIGLAS	9
I. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	11
1.1 Descripción general del proyecto	11
1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto	12
1.2.1 Descripción general de la organización	12
1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa	16
1.3 Planteamiento del problema	17
1.3.1 Definición y medición del problema	17
1.3.2 Justificación del proyecto	19
1.4 Objetivos del proyecto.....	20
1.4.1 Objetivo general.....	20
1.4.2 Objetivos específicos	20
1.5 Alcances y limitaciones	21
1.5.1 Alcances	21
1.5.2 Limitaciones.....	21
II. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera	22
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto	26

2.3	Marco conceptual referente al impacto del proyecto.....	34
2.4	Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes	37
III.	CAPITULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	45
3.1	Metodología para la definición del problema.....	45
3.2	Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto	48
3.3	Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica	51
3.4	Metodología para la implementación del proyecto.....	54
3.5	Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados	57
IV.	CAPITULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ	60
4.1	Caracterización del proceso.....	60
4.2	Recolección de datos.....	66
4.2.1	Datos productivos	71
4.3	Análisis de datos.....	76
4.3.1	Análisis descriptivo del desempeño del proceso	76
4.3.2	Análisis de tiempos de ciclo y capacidad.....	78
4.3.3	Análisis de inventario en proceso (WIP)	80
4.3.4	Análisis del cumplimiento del plan y desempeño global (OEE)	81
4.3.5	Análisis de Pareto de causas.....	82
4.3.6	Análisis causa–efecto (Ishikawa).....	84
4.3.7	Análisis de causa raíz (5 Porqués)	87
4.4	Diagnóstico	93
4.5	Conclusiones	95

4.6	Principales hallazgos	96
V.	CAPITULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	97
5.1	Diseño general de la solución propuesta	97
5.2	Objetivo de la propuesta de mejora	98
5.3	Relación entre causas raíz y soluciones propuestas	99
5.4	Diseño de la propuesta de mejora	101
5.4.1	Estandarización del método de trabajo en la etapa de empaque ..	101
5.4.2	Balance de capacidad entre molienda y empaque	108
5.4.3	Ajuste de la planificación de la producción considerando la restricción 111	
5.5	Gestión y control del flujo productivo	114
5.5.1	Plan de implementación de la propuesta	114
5.5.2	Actividades y secuencia de implementación.....	116
5.5.3	Cronograma de implementación	119
5.5.4	Recursos requeridos (humanos, técnicos y económicos).....	121
5.6	Evaluación del impacto de la propuesta.....	124
5.6.1	Impacto en el desempeño del proceso	125
5.6.2	Impacto económico estimado de la propuesta.....	126
5.7	Plan de control, evaluación y sostenibilidad.....	128
5.7.1	Indicadores de desempeño (KPI).....	129
5.7.2	Estandarización y documentación del proceso	133
5.7.3	Seguimiento y control de la mejora.....	139
5.8	Gestión de riesgos de la propuesta.....	143
5.9	Identificación y análisis de riesgos	144

VI.	CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	147
6.1	Conclusiones	147
6.2	Recomendaciones	149
VII.	CAPITULO VII: BIBLIOGRAFIAS	151
VIII.	CAPITULO VIII: ANEXOS	155

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Variables representativas del desempeño productivo en FHACASA. .	18
Tabla 2.	Metodología para la definición del problema (DMAIC – Definir).....	46
Tabla 3.	Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto (DMAIC – Medir)	50
Tabla 4.	Metodología para la propuesta de mejora (DMAIC – Analizar)	53
Tabla 5.	Metodología para la implementación del proyecto (DMAIC – Implementar)56	
Tabla 6.	Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados (DMAIC – Controlar)	59
Tabla 7.	Resumen de datos recolectados	67
Tabla 8.	Periodo de muestreo	68
Tabla 9.	Herramientas utilizadas	69
Tabla 10.	Población vs. Muestra.....	70
Tabla 11.	Producción diaria y transferencia entre molienda y empaque	71
Tabla 12.	Tiempos de ciclo medidos	72

Tabla 13.	Tiempos de espera por acumulación	72
Tabla 14.	Inventario en proceso entre molienda y empaque	73
Tabla 15.	Cumplimiento del plan y OEE	76
Tabla 16.	Priorización de causas del cuello de botella (Pareto)	82
Tabla 17.	Relación entre causas raíz y soluciones propuestas	100
Tabla 18.	Procedimiento Operativo Estandarizado (POE) – Etapa de Empaque 103	
Tabla 19.	Diseño de instrucciones de trabajo visuales – Etapa de empaque	104
Tabla 20.	Lista de verificación operativa (Checklist) – Etapa de empaque....	105
Tabla 21.	Plan de capacitación operativa básica – Etapa de empaque.....	107
Tabla 22.	Capacidad operativa estimada por etapa del proceso	109
Tabla 23.	Comparación entre planificación actual y capacidad real	111
Tabla 24.	Plan semanal de producción ajustado a la capacidad de empaque 112	
Tabla 25.	Plan mensual de producción ajustado	113
Tabla 26.	Actividades, entregables y criterios de aceptación de la implementación	117
Tabla 27.	Cronograma estimado de implementación de la propuesta	120
Tabla 28.	Recursos humanos requeridos para la implementación	122
Tabla 29.	Recursos técnicos requeridos.....	123
Tabla 30.	Estimación de costos de implementación	124
Tabla 31.	Comparación del desempeño del proceso antes y después de la propuesta	125
Tabla 32.	Costos estimados de implementación de la propuesta.....	126
Tabla 33.	Beneficios económicos estimados	127

Tabla 34.	Indicadores de desempeño propuestos para el control del proceso 130
Tabla 35.	Acciones correctivas asociadas a desviaciones de KPI..... 133
Tabla 36.	Machote – Procedimiento Operativo Estandarizado (POE) 134
Tabla 37.	Machote – Instrucción de trabajo visual..... 136
Tabla 38.	Machote – Checklist operativo diario 136
Tabla 39.	Machote – Control visual de WIP 137
Tabla 40.	Machote – Control de versiones documentales 138
Tabla 41.	Machote – Plan básico de capacitación operativa 138
Tabla 42.	Machote – Seguimiento diario del proceso 140
Tabla 43.	Machote – Revisión semanal del desempeño 141
Tabla 44.	Machote – Acciones correctivas ante desviaciones..... 143
Tabla 45.	Identificación, evaluación y mitigación de riesgos..... 144

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación geográfica de FHACASA en el distrito de Barranca, cantón de Puntarenas..... 13
Figura 2.	Estructura organizativa general de FHACASA. 15
Figura 3.	SIPOC – Proceso de Producción de Harina (AS-IS)..... 60
Figura 4.	Mapa de Procesos de FHACASA.. 63
Figura 5.	Diagrama de flujo del proceso AS-IS de la línea de producción de harina en FHACASA. 65
Figura 6.	Comparación de la producción diaria entre molienda y empaque ... 77
Figura 7.	Comparación de los tiempos de ciclo promedio por etapa 78

Figura 8.	Tiempos de espera promedio por acumulación entre molienda y empaque	79
Figura 9.	Inventario en proceso (WIP) acumulado entre molienda y empaque	80
Figura 10.	Cumplimiento del plan de producción y OEE	81
Figura 11.	Diagrama de Pareto de causas del cuello de botella en la etapa de empaque	83
Figura 12.	Diagrama causa–efecto del cuello de botella en la etapa de empaque	85
Figura 13.	Ciclo de seguimiento y control de la mejora.	142

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Procedimiento Operativo Estandarizado (POE) – Empaque de Harina	155
Anexo 2.	LISTA DE VERIFICACIÓN OPERATIVA (CHECKLIST) – ETAPA DE EMPAQUE	156
Anexo 3.	Instrucciones de trabajo visuales / contexto operativo del empaque	157
Anexo 4.	Material visual de referencia del producto empacado	158
Anexo 5.	Material visual de referencia del sistema de transporte de grano ..	158
Anexo 6.	Registro visual de productos atrasados por restricción del proceso	159
Anexo 7.	Cronograma de implementación de la propuesta de mejora	160
Anexo 8.	Formato visual de control de calidad del proceso de empaque	161

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

5S: Metodología Lean enfocada en la organización, orden y estandarización del área de trabajo.

5 Why's (5 Porqués): Herramienta de análisis de causas raíz basada en la formulación iterativa de preguntas “por qué”.

APA: American Psychological Association. Norma utilizada para la citación y referencia bibliográfica del documento académico.

AS-IS: Representación del estado actual de un proceso, sistema o situación antes de aplicar mejoras.

Balance de línea: Técnica utilizada para distribuir equitativamente las cargas de trabajo entre las estaciones de un proceso productivo.

CAPEX: Capital Expenditure. Inversión de capital destinada a mejoras, equipos o infraestructura del proceso productivo.

CRC: Colón costarricense. Moneda oficial de Costa Rica empleada para la estimación de costos, inversiones y beneficios económicos del proyecto.

CT (Cycle Time): Tiempo de ciclo. Tiempo requerido para completar una operación o etapa del proceso productivo.

DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Metodología estructurada utilizada en Lean Six Sigma para la mejora de procesos.

DOE (Design of Experiments): Diseño de Experimentos. Metodología estadística empleada para analizar la influencia de variables sobre el desempeño de un proceso.

FHACASA: Fábrica de Harinas de Centroamérica S.A. Empresa donde se desarrolla el proyecto.

FIFO (First In, First Out): Primero en entrar, primero en salir. Principio de control de inventarios utilizado para regular el flujo de materiales.

Ishikawa: Diagrama de causa-efecto utilizado para identificar y clasificar las posibles causas de un problema dentro de un proceso.

Kanban: Herramienta Lean de control visual utilizada para regular el flujo de producción y limitar el inventario en proceso.

Kaizen: Enfoque de mejora continua basado en la implementación de mejoras incrementales y sostenidas en el tiempo.

KPI (Key Performance Indicator): Indicador Clave de Desempeño. Métrica utilizada para evaluar el desempeño y la estabilidad del proceso productivo.

Lead Time: Tiempo total transcurrido desde el inicio hasta la finalización de un proceso o entrega de un producto.

Lean: Enfoque de gestión orientado a la eliminación de desperdicios y a la optimización del flujo en los procesos productivos.

OEE (Overall Equipment Effectiveness): Efectividad General de los Equipos. Indicador que mide el desempeño productivo considerando disponibilidad, rendimiento y calidad.

OPEX: Operational Expenditure. Costos operativos asociados a la ejecución y mantenimiento de un proceso productivo.

Pareto (80/20): Principio que establece que un pequeño número de causas genera la mayor parte de los efectos.

PDCA (Plan, Do, Check, Act): Ciclo de mejora continua utilizado como referencia para el seguimiento y control de procesos.

POE: Procedimiento Operativo Estandarizado. Documento que define la forma correcta y repetible de ejecutar una operación.

S.A.: Sociedad Anónima. Tipo de figura legal empresarial.

Six Sigma: Metodología de mejora de procesos enfocada en la reducción de la variabilidad y defectos mediante el análisis de datos.

SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer): Herramienta utilizada para describir de forma general un proceso.

SPC (Statistical Process Control): Control Estadístico de Procesos. Conjunto de técnicas estadísticas utilizadas para monitorear la estabilidad y variabilidad de un proceso.

TCU: Trabajo Comunal Universitario. Modalidad académica mediante la cual se desarrolla el proyecto.

Throughput: Tasa de producción efectiva del sistema, especialmente determinada por la restricción o cuello de botella.

UH: Universidad Hispanoamericana.

VSM (Value Stream Mapping): Mapeo de la Cadena de Valor. Herramienta Lean utilizada para visualizar el flujo de materiales e información.

WIP (Work In Process): Inventario en proceso. Cantidad de producto que se encuentra entre etapas del proceso productivo.

I. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1.1 Descripción general del proyecto

El presente proyecto surge a partir de la necesidad identificada en la empresa Fábrica de Harinas de Centroamérica S.A. (FHACASA) de mejorar la eficiencia dentro de su línea de producción de harina, debido a que se han presentado atrasos en la operación que afectan la

planificación y los tiempos de entrega al cliente. Estas situaciones han generado un reto para la empresa, ya que impactan la continuidad del proceso, el uso de los recursos y la competitividad en el sector.

Considerando esta realidad, se plantea una propuesta orientada a analizar y optimizar el proceso productivo para mejorar la fluidez del trabajo y la productividad de la planta. Desarrollado dentro de la línea de investigación Procesos de Producción.

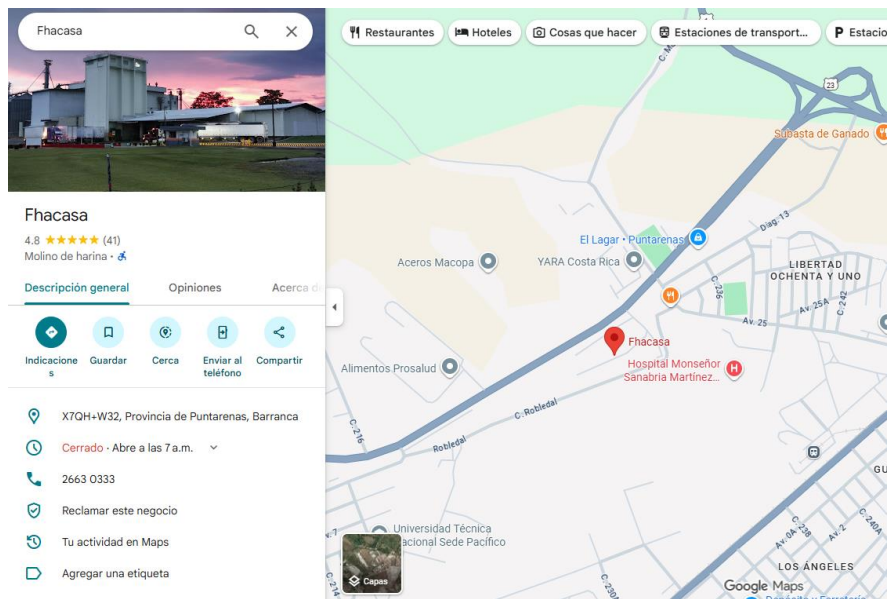
La elaboración de este proyecto permitirá identificar oportunidades de mejora que contribuyan al fortalecimiento operativo de FHACASA, al cumplimiento de los estándares de calidad e inocuidad del producto y al aseguramiento de la entrega oportuna al mercado. De esta manera, el trabajo se convierte en una herramienta que alinea los requerimientos de la empresa con las competencias profesionales desarrolladas durante la carrera.

1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto

1.2.1 Descripción general de la organización

La Fábrica de Harinas de Centroamérica S.A. (FHACASA) es una empresa costarricense ubicada en la provincia de Puntarenas, cantón de Puntarenas, distrito de Barranca, dedicada a la producción, envasado y comercialización de harinas y subproductos derivados del trigo. Desde su fundación, la organización ha desempeñado un papel esencial en el abastecimiento del mercado nacional de harinas, consolidándose como uno de los principales referentes del sector agroindustrial en la región del Pacífico costarricense. (*P. Pineda, comunicación personal, octubre 2025*).

Figura 1. Ubicación geográfica de FHACASA en el distrito de Barranca, cantón de Puntarenas.



Nota: Elaboración propia con apoyo de Google Maps, 2025.

En la Figura 1 se presenta la ubicación geográfica aproximada de la empresa, evidenciando su localización estratégica para la atención del mercado del Pacífico costarricense y la distribución de sus productos a nivel nacional.

FHACASA cuenta con una fuerza laboral aproximada de 120 colaboradores, distribuidos entre las áreas de producción, control de calidad, mantenimiento, logística, administración y ventas, lo que permite mantener una operación integrada y eficiente. Su estructura organizativa se compone de una gerencia general, áreas técnicas y departamentos especializados que aseguran el cumplimiento de los estándares de inocuidad y calidad exigidos por el mercado alimentario nacional e internacional. (P. Pineda, comunicación personal, octubre 2025).

Por otro lado, y como enfoque de este proyecto es necesario indicar que el proceso productivo principal se basa en la molienda del trigo para la obtención de harina, seguido por etapas de control de calidad, envasado y distribución hacia distintos sectores industriales y

comerciales. Además, la empresa promueve principios de mejora continua y sostenibilidad operativa, buscando optimizar sus recursos y reducir desperdicios en sus líneas de producción. (P. Pineda, comunicación personal, octubre 2025).

Misión:

La Fábrica de Harinas de Centroamérica S.A. (FHACASA) orienta su operación bajo principios estratégicos que guían su desarrollo industrial y su relación con los clientes. Su misión organizacional se centra en producir y comercializar harinas de alta calidad, garantizando la satisfacción del cliente mediante procesos eficientes, seguros y sostenibles. Esta declaración refleja el compromiso de la empresa con la inocuidad alimentaria, la mejora continua y la eficiencia productiva, aspectos necesarios para mantener su competitividad en la industria agroalimentaria. (P. Pineda, comunicación personal, octubre 2025).

Para conocer su razón de ser y sus proyecciones futuras, se presenta a continuación la misión y visión de la organización.

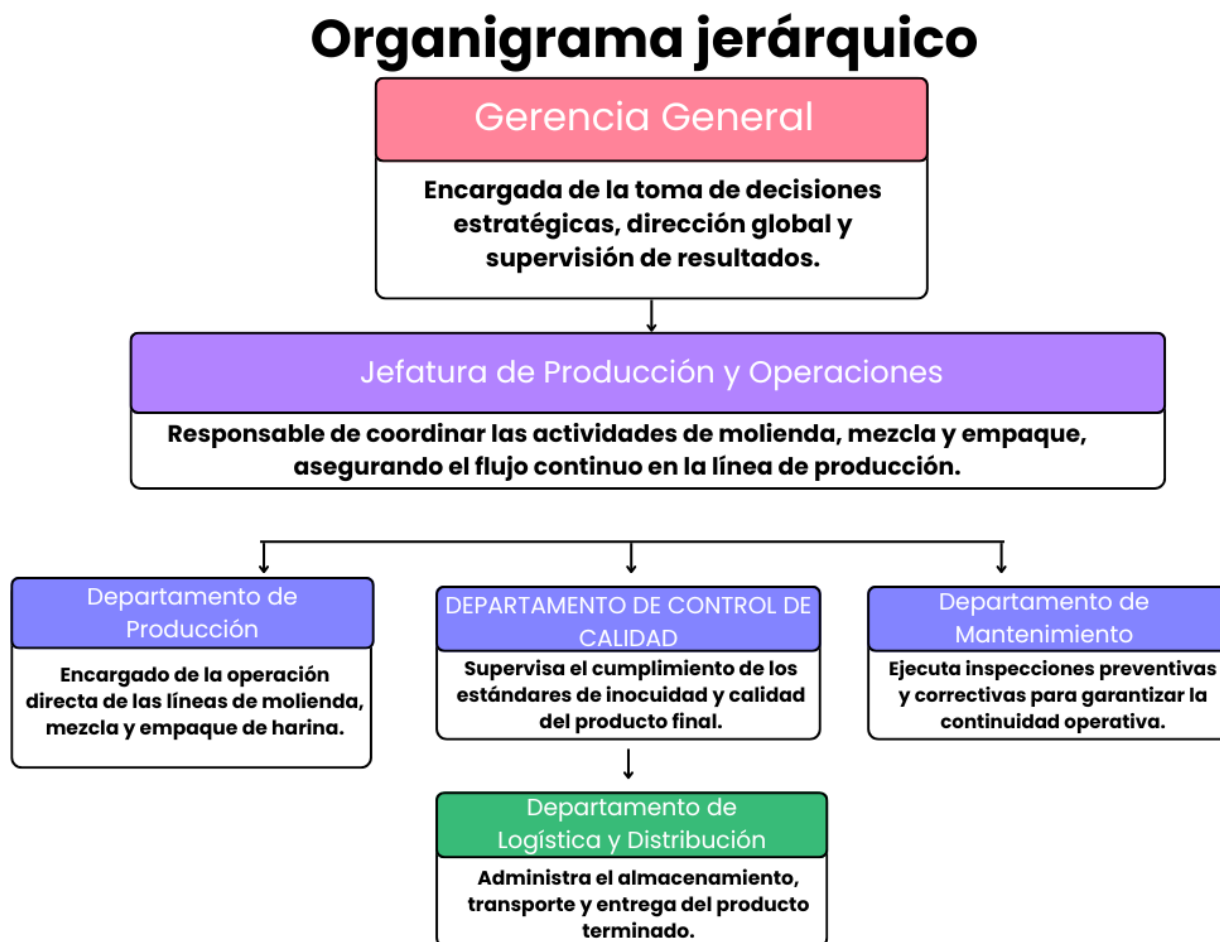
Visión:

Por su parte, la visión corporativa de FHACASA proyecta a la empresa como líder nacional en producción de harinas, destacándose por su innovación, cumplimiento normativo y fortalecimiento continuo de sus sistemas industriales. Este enfoque responde a la intención de posicionarse a largo plazo como una compañía referente en Costa Rica, alineada con prácticas tecnológicas y operativas que contribuyan al desarrollo económico del sector. (P. Pineda, comunicación personal, octubre 2025).

Estructura organizativa

En cuanto a su estructura organizativa, FHACASA cuenta con un modelo jerárquico funcional que permite una adecuada distribución de responsabilidades y una comunicación eficiente entre las diferentes áreas. En la Figura 2 se presenta el organigrama general de la empresa, donde se observa la interrelación entre los departamentos que conforman la operación productiva y administrativa.

Figura 2. Estructura organizativa general de FHACASA.



Nota: *Elaboración propia, 2025.*

A partir de la estructura organizativa de la figura 2 con la ayuda de la entrevista con el jefe de departamento tenemos lo siguiente:

De esta estructura organizativa, se identificó que la Gerencia General se encarga de la toma de decisiones estratégicas, la coordinación de recursos y la supervisión de los resultados globales de la empresa. A partir de esta instancia se desprenden los departamentos funcionales, entre ellos Producción, que tiene bajo su responsabilidad la operación de las líneas de molienda, mezcla y empaque de harina; Control de Calidad, encargado de garantizar el cumplimiento de los estándares de inocuidad, calidad y especificaciones técnicas del producto final; Mantenimiento, que desarrolla inspecciones preventivas y correctivas para

asegurar la continuidad operativa del proceso productivo; y Logística, responsable del almacenamiento, transporte y distribución del producto terminado.

Esta estructura permite una gestión ordenada de las actividades industriales y administrativas, fomentando la especialización de funciones, la trazabilidad de las decisiones y la mejora continua dentro de la organización. (P. Pineda, comunicación personal, octubre 2025).

1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa

La empresa FHACASA tiene una trayectoria consolidada dentro del sector alimentario costarricense, siendo parte del grupo corporativo CMI Molinos Modernos. Desde su establecimiento en el país, ha contribuido al desarrollo de la industria panificadora mediante la producción de harinas de calidad, destinadas tanto al mercado local como a la exportación. (P. Pineda, comunicación personal, octubre 2025).

La producción inicial se enfocaba únicamente en una harina estándar para panificación, pero con la evolución del mercado nacional la empresa amplió su portafolio a más de seis tipos de harinas industriales para panadería, repostería, galletería y productos congelados. Asimismo, la empresa procesa y comercializa subproductos del trigo como afrecho y sémolas, utilizados en la industria de alimentos para animales, lo cual ha diversificado sus fuentes de ingreso. (P. Pineda, comunicación personal, octubre 2025).

En términos operativos, la planta cuenta con un sistema de molienda industrial continúa basado en tecnología de rodillos. Según datos estimados compartidos por personal de producción, FHACASA posee una capacidad instalada aproximada de 90 a 110 toneladas diarias de procesamiento de trigo, con una producción efectiva levemente menor debido a detenciones, ajustes de calidad y variaciones en la demanda. El volumen de producción ha mostrado un crecimiento gradual durante los últimos años impulsado por el incremento del consumo de pan y productos farináceos a nivel nacional (P. Pineda, comunicación personal, octubre 2025).

La empresa ha implementado mejoras tecnológicas para elevar la productividad y mantener la inocuidad del producto, incluyendo sistemas automatizados de envasado, control de peso en línea y monitoreo digital de parámetros de molienda. No obstante, el aumento de la

demanda ha generado nuevos desafíos en la gestión del flujo productivo, presentándose desequilibrios entre capacidades de los equipos, acumulación de producto en proceso y tiempos de espera que afectan el rendimiento global de la planta. Estas condiciones han motivado el desarrollo del presente proyecto orientado a la optimización de su proceso productivo.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Definición y medición del problema

En la línea de producción de harina de FHACASA se han identificado diversas situaciones operativas que generan disconformidad dentro de la organización y dificultan el cumplimiento del plan semanal de producción. Según estimaciones internas proporcionadas por personal del área de producción, la planta procesa diariamente entre 90 y 110 toneladas de trigo; no obstante, la producción efectiva alcanza en promedio entre 80 y 85 toneladas diarias, lo cual representa aproximadamente entre un 77 % y 89 % de la capacidad instalada (110 toneladas). Esta diferencia evidencia una brecha operativa atribuida a interrupciones, desacoples y pérdidas de eficiencia entre las etapas del proceso (P. Pineda, comunicación personal, octubre 2025). Estas inconsistencias se traducen en retrasos que obligan a extender turnos o reprogramar órdenes de fabricación, especialmente en momentos de alta demanda por parte de cadenas panificadoras y distribuidores del Pacífico costarricense.

Uno de los síntomas más evidentes es la acumulación de producto en proceso entre las áreas de molienda y empaque, lo cual incrementa el tiempo total de fabricación y disminuye la fluidez del flujo operativo. En algunos turnos se han registrado tiempos de espera superiores a 20 minutos en puntos específicos del proceso, durante los cuales la materia prima permanece inmovilizada y sin agregación de valor (P. Pineda, comunicación personal, octubre 2025). Esto ha ocasionado una reducción aproximada del 8 % en el rendimiento global de los equipos (OEE), afectando así la eficiencia de la planta.

El incumplimiento del plan semanal de producción se estima entre un 10 % y un 15 % respecto a la cantidad programada en el plan semanal y a los volúmenes comprometidos con los clientes, lo cual genera presión operativa para recuperar atrasos. Para lograr cumplir con los compromisos comerciales, frecuentemente se deben emplear horas extraordinarias y

redistribuir cargas laborales, incrementando el costo de operación y afectando el bienestar del personal. Adicionalmente, los retrasos han provocado que algunos clientes deban ajustar sus propios cronogramas de producción, lo que se ha reflejado en comentarios y quejas relacionadas con incumplimientos en los plazos de entrega, afectando la percepción de confiabilidad del servicio (P. Pineda, comunicación personal, octubre 2025). Asimismo, el incremento de la utilización intensiva de maquinaria genera una mayor demanda de mantenimiento correctivo, lo cual eleva aún más el presupuesto operativo de planta.

Estas afectaciones se han observado de manera recurrente en el proceso de producción de harina, especialmente durante los turnos matutinos y nocturnos, involucrando directamente a los departamentos de Producción, Control de Calidad y Logística interna. Aunque se cuenta únicamente con estimaciones iniciales, durante la fase de Medición se recopilarán datos reales del proceso con el objetivo de establecer una línea base cuantificable que permita dimensionar formalmente la magnitud del problema y comparar la mejora obtenida al finalizar el proyecto. Esto permitirá evidenciar de manera objetiva el impacto actual de los síntomas sobre la operación y la necesidad de actuar oportunamente para evitar que el costo operativo continúe aumentando.

A continuación, se presentan las principales variables seleccionadas para representar los efectos observados en el proceso productivo. Estas variables forman parte de la línea base inicial del proyecto y serán medidas formalmente durante la fase de Medición, con el objetivo de analizar su tendencia y cuantificar la mejora al finalizar el estudio.

Tabla 1. Variables representativas del desempeño productivo en FHACASA.

Variable	Descripción	Unidad	Situación preliminar
Cumplimiento del plan semanal	Mide la cantidad producida vs. lo programado	%	Incumplimiento estimado entre 10 % y 15 %

Variable	Descripción	Unidad	Situación preliminar
OEE (Overall Equipment Effectiveness)	Indica la eficiencia global del equipo considerando disponibilidad, desempeño y calidad	%	Reducción estimada cercana al 8 %
Tiempo de espera entre etapas	Duración de la detención del flujo para continuar con la siguiente operación	Minutos por lote	En algunos turnos se han registrado esperas > 20 minutos

Nota: Elaboración propia con base en comunicación personal con P. Pineda, octubre 2025.

1.3.2 Justificación del proyecto

La ejecución de este proyecto es fundamental para FHACASA, ya que los síntomas identificados en la producción están generando pérdidas económicas significativas asociadas a retrasos, acumulación de producto en proceso y tiempos improductivos. La disminución actual del rendimiento global de los equipos, estimada en un 8 %, y el incumplimiento del plan semanal entre 10 % y 15 %, representan costos adicionales asociados a horas extraordinarias, uso intensivo de maquinaria y reorganización constante de la operación (P. Pineda, comunicación personal, octubre 2025). Si esta situación continúa sin intervención, el costo de oportunidad para la empresa incrementaría y afectaría su competitividad en el mercado nacional.

El proyecto es pertinente porque permitirá recuperar estabilidad operativa, dar continuidad al proceso y mejorar la puntualidad de entrega al cliente, uno de los compromisos más relevantes para el negocio. Los principales beneficiarios serán los clientes industriales, quienes recibirán el producto en los tiempos esperados, y el personal interno, que tendrá una planificación más ordenada de la producción y menor presión laboral derivada de atrasos.

Además, este estudio contribuye al fortalecimiento de la cultura de mejora continua, apoyándose en el uso de herramientas de análisis de datos que permitirán una toma de decisiones más precisa dentro de la organización. A nivel académico, la investigación genera

conocimiento aplicable a otras empresas del sector manufacturero costarricense, mediante la aplicación estructurada de metodologías de gestión y optimización de procesos productivos, lo que también aporta valor tecnocientífico a la disciplina de la Ingeniería Industrial.

El proyecto representa una oportunidad estratégica de negocio para FHACASA, pues mejora su respuesta al mercado y refuerza su posición en la industria alimentaria del país. Asimismo, contribuye al desarrollo económico de la región Pacífico al garantizar un suministro eficiente de harinas y subproductos, generando un impacto positivo en la sociedad, al asegurar la disponibilidad de un producto base en la alimentación costarricense.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

Mejorar la línea de producción de harina en la empresa FHACASA mediante la aplicación de la metodología Lean–DMAIC, con el fin de eliminar cuellos de botella, reducir desperdicios y mejorar la eficiencia operativa.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el proceso productivo actual para identificar las principales fuentes de ineficiencia.
- Analizar los tiempos de ciclo, capacidad de estaciones y niveles de acumulación de producto en proceso.
- Aplicar herramientas Lean y DMAIC para priorizar causas raíz y proponer soluciones de mejora.
- Diseñar e implementar propuestas de optimización del flujo productivo.
- Establecer herramientas de control para evaluar los indicadores de desempeño (OEE, tiempo de ciclo y cumplimiento de entrega), con el fin de monitorear la estabilidad del flujo productivo.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances

El proyecto se desarrollará en las instalaciones de FHACASA Puntarenas, abarcando las etapas del proceso productivo de harina desde la recepción de la materia prima hasta el empaque final, con el fin de analizar el flujo completo del proceso y los cuellos de botella asociados.

El estudio comprenderá un período de ejecución entre octubre de 2025 y abril de 2026, incluyendo diagnóstico, análisis, propuesta de mejora e implementación piloto, lo que permite contar con información representativa y validar las acciones de optimización propuestas.

El alcance del proyecto se limita a la optimización de los procesos internos de producción, sin intervenir en la gestión comercial o de distribución, ya que la problemática identificada se concentra en el desempeño operativo interno.

1.5.2 Limitaciones

El desarrollo del proyecto puede verse limitado por la disponibilidad de datos históricos precisos en algunas etapas del proceso, así como por la dependencia de la programación operativa y del mantenimiento de los equipos, lo cual puede influir en la continuidad de la recolección de información.

Estas condiciones no impiden la ejecución del estudio, pero pueden requerir ajustes en la toma de tiempos y en el muestreo directo para asegurar la obtención de datos representativos del comportamiento real del proceso.

Asimismo, el proyecto no contempla modificaciones estructurales en maquinaria ni inversiones de capital significativas, ya que se enfoca en mejoras de proceso, balanceo de operaciones y estandarización operativa, coherentes con el alcance y los objetivos planteados.

II. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

La ingeniería industrial se fundamenta en la integración eficiente de recursos físicos, tecnológicos y humanos para diseñar, mejorar y optimizar sistemas productivos orientados a la generación de valor. Su principal contribución a la sociedad consiste en desarrollar soluciones basadas en ciencia aplicada para aumentar la productividad de las organizaciones y resolver problemas reales de la industria moderna. De acuerdo con García-Sabater, “la ingeniería industrial se centra en la creación de sistemas integrados que maximizan la eficiencia, minimizan los desperdicios y fortalecen la competitividad mediante la toma de decisiones basada en datos” (García-Sabater, 2022, pág. 41). Bajo esta perspectiva, el proyecto propuesto se sustenta en principios de análisis de procesos, optimización operativa y mejora continua.

Dentro de la estructura conceptual de la ingeniería industrial, el área de gestión de operaciones proporciona los lineamientos para coordinar el flujo productivo y asegurar que los recursos sean utilizados de manera eficiente. Esta disciplina aborda la planificación de la capacidad, el balanceo de líneas, la programación de la producción y el control de inventarios. Para Heizer y Render, “la gestión de operaciones es la disciplina encargada de diseñar y administrar los procesos mediante los cuales se transforman entradas en bienes y servicios, en el tiempo y la forma que los clientes requieren” (Heizer & Render, Operations Management, 2023, pág. 18). Por lo tanto, cuando una planta como FHACASA presenta desacoples operativos, acumulación de producto en proceso y retrasos en la entrega, la ingeniería industrial ofrece la estructura teórica para diagnosticar el problema y generar soluciones basadas en datos y en la racionalización del flujo productivo.

El análisis de procesos, otro eje fundamental de la disciplina permite descomponer una operación en actividades para identificar interrupciones, tiempos muertos y limitaciones de capacidad. Hernández y Ramírez subrayan que “la representación sistemática de un proceso facilita la identificación de pérdidas operativas y la diferenciación entre actividades con valor agregado y actividades que no lo poseen” (Heizer & Render, Operations Management, 2023, pág. 67). Este enfoque resulta esencial para comprender cómo los retrasos entre las etapas de

molienda y empaque en FHACASA impactan negativamente el rendimiento general del sistema.

La ingeniería industrial también incorpora una sólida dimensión cuantitativa mediante el empleo de estadística, muestreo de tiempos, análisis de capacidad, indicadores clave de desempeño (KPIs) y modelos matemáticos aplicados. En este sentido, Escalante y Ulate mencionan que “la toma de decisiones operativas debe estar respaldada por indicadores confiables; sin cuantificación no es posible gestionar ni mejorar” (Escalante & Ulate, 2024, pág. 93). Por esta razón, variables como el OEE, el tiempo de ciclo y la acumulación de WIP se convierten en herramientas esenciales para evaluar objetivamente la situación actual e identificar los beneficios asociados a una mejora futura en la planta analizada.

Asimismo, la gestión de la calidad y la filosofía de mejora continua poseen un papel determinante en el marco conceptual de este proyecto. Su propósito consiste en mantener la consistencia del proceso mediante la estandarización de actividades, eliminación de desperdicios y participación del personal en la innovación operativa. López y Pacheco afirman que “la mejora de la calidad es consecuencia directa de procesos estables, sistemáticos y repetibles, los cuales reducen variaciones y garantizan un producto confiable para el cliente final” (López & Pacheco, 2022, pág. 52). En industrias alimentarias como la de la harina, la estabilidad del proceso adquiere un carácter estratégico, ya que las variaciones operativas no solo incrementan costos, sino que pueden afectar la inocuidad del producto final.

Dentro de la conceptualización general también se incluye la dimensión humana de los sistemas productivos, donde la ergonomía, la motivación laboral y la carga física de trabajo influyen en los resultados operativos. Cortés señala que “la eficiencia productiva sostenible solo es posible cuando se integran consideraciones técnicas con el bienestar del trabajador, instaurando sistemas que promuevan seguridad, salud y colaboración” (Cortés, 2021, pág. 114). Por lo tanto, cuando los retrasos obligan a extender turnos o generar presión por cumplimiento, el impacto afecta tanto la productividad como la calidad de vida laboral, lo cual justifica aún más la intervención del proyecto.

Para una comprensión completa de la problemática analizada en la planta de FHACASA, es necesario profundizar en los conceptos técnicos productivos vinculados al comportamiento operacional de la línea de harina. Estos elementos permiten que un lector no especializado comprenda cómo se mide la eficiencia de un sistema industrial y qué variables intervienen en su desempeño.

El flujo productivo describe la secuencia continua de operaciones que permiten transformar una materia prima en producto terminado. Su correcta articulación depende del equilibrio entre estaciones, capacidades y ritmos de trabajo. Cuando existen interrupciones o tiempos de espera, el flujo se desacopla y disminuye su desempeño. Según Shingo, “el flujo debe ser continuo para garantizar la agregación constante de valor y eliminar los tiempos muertos entre actividades” (Shingo, 2021, pág. 33). En una planta de harina, si la molienda produce más rápido de lo que empaqueta la línea, se genera acumulación, sobrecarga y pérdida de ritmo operativo.

El WIP corresponde a la cantidad de producto en proceso que se encuentra dentro del sistema sin estar finalizado. Un nivel excesivo de WIP aumenta los tiempos de producción, oculta ineficiencias y genera costos de almacenamiento y manipulación. De acuerdo con Liker, “el incremento del inventario en proceso es un síntoma de desbalance en la capacidad del sistema y evidencia la presencia de desperdicio” (Liker, 2023, pág. 45). En el caso FHACASA, la acumulación de producto entre molienda y empaque es una manifestación directa de desequilibrios de capacidad.

El tiempo de ciclo representa la duración requerida para procesar una unidad o lote en una estación de trabajo. Si una etapa del proceso requiere más tiempo que las demás, se convierte en el cuello de botella de la línea. Para Mills, “el tiempo de ciclo determina el ritmo de producción y condiciona la velocidad máxima del sistema completo” (Mills, 2022, pág. 61). La medición del tiempo de ciclo en FHACASA permitirá identificar la etapa que está restringiendo la capacidad global de la línea de harina.

El OEE cuantifica la eficiencia productiva considerando tres componentes: disponibilidad, desempeño y calidad. Es uno de los indicadores más utilizados en manufactura para evaluar la productividad real del sistema frente a su potencial. Nakajima indica que “el OEE refleja

en un solo indicador la capacidad del proceso para producir de manera estable, rápida y sin defectos” (Nakajima, 2021, pág. 22). Una disminución en el OEE, como la reportada en la planta, evidencia pérdidas asociadas a detenciones, ciclos prolongados y reprocesos.

Los tiempos de espera representan periodos en los cuales el producto se encuentra detenido sin agregar valor, lo que reduce la eficiencia del proceso y aumenta el lead time. Womack y Jones destacan que “el tiempo de espera es uno de los desperdicios más críticos porque consume recursos sin producir ningún beneficio para el cliente” (Womack & Jones, 2022, pág. 74). Las esperas superiores a 20 minutos detectadas en turnos específicos constituyen una evidencia directa de pérdida Lean.

La capacidad instalada corresponde al volumen de producción máximo teórico del sistema, mientras que la capacidad efectiva es el volumen real después de considerar interrupciones y restricciones. Para Slack, “la diferencia entre capacidad instalada y capacidad efectiva representa la brecha de rendimiento productivo que debe ser reducida mediante métodos de mejora” (Slack, *Operations Management: Performance and Strategic Alignment*, 2024, pág. 58). En FHACASA, la capacidad instalada de 90 a 110 toneladas de trigo por día se ve reducida debido a atrasos y desacoples, lo que confirma la existencia de una brecha operativa

Finalmente, la ingeniería industrial contempla una visión social que conecta la operación con el mercado y con la economía del país. La cadena de suministro alimentaria depende en gran medida de la continuidad en la producción, especialmente cuando los productos representan insumos básicos de consumo nacional. Torres menciona que “la industria alimentaria forma parte de la seguridad económica de un país, por lo que la eficiencia de sus procesos impacta directamente a la estabilidad del consumidor final” (Torres, *Competitividad y productividad en industrias alimentarias*, 2023, pág. 76). Esto significa que la optimización de la planta de FHACASA no solo tiene efectos internos, sino también repercusiones en proveedores, distribuidores, panaderías y consumidores.

En síntesis, los pilares conceptuales de la ingeniería industrial —gestión de operaciones, análisis de procesos, estadística y análisis cuantitativo, gestión de la calidad, diseño de sistemas eficientes y sostenibilidad humana— constituyen el sustento teórico mediante el cual se aborda el problema identificado en FHACASA. Estos fundamentos no solo permiten

comprender la naturaleza del atraso productivo, sino que sirven de base científica para proponer e implementar mejoras que aumenten la capacidad efectiva del sistema, reduzcan los desperdicios y garanticen la entrega oportuna del producto al mercado.

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

La gestión de proyectos en ingeniería industrial proporciona una estructura ordenada para planificar, ejecutar y controlar intervenciones orientadas a la mejora del desempeño organizacional. El objetivo de esta sección es fundamentar teóricamente las fases que sustentan el desarrollo del presente proyecto, garantizando coherencia metodológica entre el planteamiento del problema, la selección de herramientas y la evaluación de resultados.

La administración de proyectos se compone de un conjunto de procesos sistemáticos mediante los cuales se definen objetivos, se asignan recursos, se gestionan riesgos y se monitorea el avance para asegurar resultados exitosos. Según el Project Management Institute, “la gestión de proyectos consiste en la aplicación de conocimientos, habilidades y herramientas para cumplir con los requisitos del proyecto mediante procesos de inicio, planificación, ejecución, monitoreo y cierre” (A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), 2023, pág. 14). Este enfoque proporciona la estructura lógica para abordar el estudio de optimización operativa en FHACASA.

Planeación del proyecto

La fase de planeación permite establecer el alcance, los objetivos, las actividades y los recursos necesarios para ejecutar la intervención. Para Kerzner, “una planeación adecuada es determinante para el éxito, ya que define el camino para convertir la visión del proyecto en resultados concretos” (Kerzner, 2022, pág. 37). En el caso de FHACASA, esta etapa permitirá identificar las variables críticas del proceso productivo, preparar la recopilación de datos y definir la estrategia de mejora.

Desarrollo y ejecución

En esta etapa se implementan las actividades planificadas y se despliegan los recursos operativos y analíticos del proyecto. Schwalbe señala que “la ejecución consiste en coordinar personas, procesos e información para producir los entregables del proyecto y alcanzar sus

objetivos técnicos” (Schwalbe, 2021, pág. 129). Para este estudio, la ejecución implica tomar tiempos, cuantificar indicadores productivos, analizar el flujo y caracterizar los puntos críticos de la línea de producción.

Control y seguimiento

El control corresponde al monitoreo continuo del desempeño durante la ejecución, contrastando avances contra lo planificado. Según el PMI, “el control permite identificar desviaciones en tiempo, alcance o calidad, y aplicar medidas correctivas antes de que afecten los resultados esperados” (A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), 2023, pág. 72). En la línea de FHACASA, esta fase se materializa mediante un análisis comparativo de métricas productivas antes y después de la intervención.

Evaluación de resultados

La evaluación final busca determinar si las mejoras implementadas generaron valor y si se cumplieron los objetivos planteados. Para Kerzner, “la evaluación consiste en medir los beneficios reales del proyecto frente a los beneficios previstos, generando aprendizaje y estandarización” (Kerzner, 2022, pág. 311). En este trabajo, la evaluación se realizará mediante la comparación de indicadores básicos como OEE, tiempos de ciclo, acumulación de WIP y cumplimiento del plan semanal.

Relación con la metodología DMAIC

El presente proyecto adopta la metodología Lean–DMAIC, ampliamente utilizada para optimizar procesos mediante análisis de datos y mejora continua. DMAIC se compone de cinco fases progresivas: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Según George, “DMAIC es un ciclo orientado al análisis estadístico que busca identificar causas raíz y diseñar soluciones permanentes para procesos inestables o ineficientes” (George, 2021, pág. 12). Su estructura se alinea directamente con las fases de gestión de proyectos previamente descritas.

DMAIC y su equivalencia en gestión de proyectos

- **Definir:** Planeación / delimitación
- **Medir:** Desarrollo y ejecución

- **Analizar:** Desarrollo y ejecución
- **Mejorar:** Implementación
- **Controlar:** Evaluación y control

Lean–DMAIC no solo proporciona pasos operativos, sino también una filosofía que prioriza la identificación de desperdicios, la eficiencia del flujo y la mejora basada en evidencia cuantitativa. Womack y Jones indican que “Lean persigue la generación de valor reduciendo los tiempos de espera, inventarios y variaciones del proceso” (Womack & Jones, 2022, pág. 59). Su integración con DMAIC lo convierte en un modelo idóneo para proyectos que buscan optimizar sistemas productivos como el de FHACASA.

Diagrama de flujo del proceso

El diagrama de flujo del proceso es una herramienta clásica de la ingeniería industrial que permite representar de forma gráfica la secuencia lógica de actividades, decisiones y flujos de materiales dentro de un sistema productivo. Desde el punto de vista teórico, esta herramienta facilita la comprensión integral del funcionamiento del proceso y permite identificar puntos críticos que afectan el desempeño global. Según Slack et al., “los diagramas de flujo permiten visualizar el proceso completo, facilitando la identificación de ineficiencias, retrasos y actividades que no agregan valor” (Slack, Operations Management: Performance and Strategic Alignment, 2024, pág. 98). En el marco del impacto del proyecto, esta herramienta sustenta la identificación de efectos sobre la reducción de tiempos de espera y la mejora del flujo productivo.

Mapa del proceso AS-IS / TO-BE

El mapeo del proceso en sus estados AS-IS y TO-BE constituye una herramienta conceptual que permite analizar la diferencia entre la situación actual de un proceso y la situación esperada tras la implementación de mejoras. Desde la teoría de mejora continua, esta herramienta respalda la evaluación del impacto del proyecto al permitir comparar escenarios y visualizar cambios en eficiencia y desempeño. De acuerdo con Harrington, *“el análisis comparativo entre el estado actual y el estado futuro del proceso es esencial para justificar*

el impacto de las mejoras propuestas” (Harrington, 2021, pág. 64). Esta comparación teórica permite anticipar beneficios tanto cualitativos como cuantitativos.

Análisis de cuellos de botella

El análisis de cuellos de botella se fundamenta en la teoría de restricciones y permite identificar aquellas etapas del proceso que limitan la capacidad global del sistema productivo. Desde el punto de vista conceptual, esta herramienta explica por qué las mejoras deben enfocarse en los puntos críticos que restringen el flujo. Goldratt señala que *“el rendimiento de todo sistema está determinado por su restricción más débil, y mejorar otras partes sin atenderla no genera impacto real”* (Goldratt, 2021, pág. 87). En términos de impacto del proyecto, esta herramienta sustenta la priorización de acciones de mejora con efectos directos en la productividad.

Análisis de tiempos de ciclo y tiempos de espera

El análisis de tiempos de ciclo y tiempos de espera es una herramienta teórica utilizada para evaluar la eficiencia temporal de los procesos productivos. Permite identificar pérdidas asociadas a demoras internas y falta de sincronización entre etapas. Según Heizer et al., *“la reducción de tiempos de espera es uno de los factores con mayor impacto en la mejora del desempeño operativo y en el cumplimiento de los planes de producción”* (Heizer & Render, Operations Management, 2023, pág. 145). Esta herramienta respalda conceptualmente la evaluación del impacto del proyecto en el corto plazo, al relacionar directamente las mejoras con la reducción de retrasos operativos.

Análisis de inventario en proceso (WIP)

El inventario en proceso representa la cantidad de material que se encuentra dentro del sistema productivo sin haber sido transformado en producto terminado. Desde la teoría de operaciones, el análisis del WIP permite comprender la relación entre inventarios elevados, tiempos de entrega y presión operativa. Little establece que *“a mayor inventario en proceso, mayor será el tiempo que el producto permanece dentro del sistema”* (Little, 2021, pág. 52). En el marco del impacto del proyecto, esta herramienta sustenta teóricamente la relación entre la reducción de acumulaciones intermedias y la mejora del desempeño global del proceso.

Diagrama de Ishikawa (causa–efecto)

El diagrama de Ishikawa es una herramienta conceptual utilizada para identificar y clasificar las posibles causas que originan un problema dentro de un proceso. Desde la teoría de la calidad, esta herramienta permite estructurar el análisis de causas en categorías que facilitan la comprensión sistémica del fenómeno estudiado. Según Ishikawa, *“el diagrama causa–efecto ayuda a ordenar y visualizar las relaciones entre un problema y los factores que lo generan, promoviendo un análisis integral del proceso”* (Ishikawa, 2021, pág. 41). En el marco del impacto del proyecto, esta herramienta respalda la identificación de causas críticas cuya corrección genera mejoras directas en el desempeño operativo.

Análisis de causa raíz – Técnica de los 5 Porqués

La técnica de los 5 Porqués es una herramienta teórica orientada a profundizar en el origen real de los problemas, evitando soluciones superficiales. Su fundamento radica en el cuestionamiento secuencial de las causas hasta llegar al factor primario que explica el problema observado. Ohno señala que *“preguntar repetidamente por qué permite ir más allá de los síntomas visibles y descubrir la causa fundamental del problema”* (Ohno, 2021, pág. 67). Esta herramienta sustenta el impacto del proyecto al garantizar que las acciones de mejora se enfoquen en causas reales y no en efectos secundarios.

Análisis de variabilidad del proceso

El análisis de la variabilidad del proceso se basa en principios estadísticos y de control de calidad que permiten evaluar la estabilidad y consistencia de un sistema productivo. Desde la teoría de operaciones, la reducción de la variabilidad es un factor clave para mejorar la previsibilidad y el rendimiento del proceso. Montgomery afirma que *“la variabilidad no controlada es una de las principales fuentes de ineficiencia en los procesos productivos”* (Montgomery, 2022, pág. 15). En términos de impacto, esta herramienta respalda la mejora del desempeño al disminuir fluctuaciones que afectan el cumplimiento del plan de producción.

Indicadores clave de desempeño (KPI)

Los indicadores clave de desempeño constituyen una herramienta conceptual que permite medir y evaluar el comportamiento de un proceso en función de objetivos previamente definidos. Desde la perspectiva teórica, los KPI facilitan la traducción de los resultados operativos en información útil para la toma de decisiones. Parmenter indica que *“los indicadores clave permiten monitorear el desempeño organizacional y evaluar el impacto real de las acciones de mejora implementadas”* (Parmenter, 2021, pág. 23). Esta herramienta sustenta el impacto del proyecto al vincular las mejoras propuestas con resultados cuantificables.

Balance de líneas

El balance de líneas es una herramienta de ingeniería industrial utilizada para distribuir de manera eficiente las cargas de trabajo entre las diferentes estaciones de un proceso productivo. Conceptualmente, su objetivo es reducir tiempos muertos y mejorar la sincronización del flujo. Según Heizer et al., *“un balance adecuado de la línea de producción contribuye a minimizar esperas, incrementar la eficiencia y mejorar la utilización de los recursos”* (Heizer & Render, Operations Management, 2023, pág. 158). En el marco del impacto del proyecto, esta herramienta respalda la mejora del flujo productivo y la reducción de acumulaciones intermedias.

Estandarización de procesos

La estandarización de procesos es un principio fundamental de la ingeniería industrial que busca establecer una forma óptima y repetible de ejecutar las actividades productivas. Desde el punto de vista teórico, esta herramienta permite reducir la variabilidad operativa y asegurar resultados consistentes a lo largo del tiempo. Según Heizer et al., *“la estandarización constituye la base para la mejora continua, ya que permite controlar el desempeño del proceso y mantener las mejoras alcanzadas”* (Heizer, Render, & Munson, Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management, 2022, pág. 171). En términos de impacto del proyecto, la estandarización sustenta la estabilidad del proceso y la sostenibilidad de los resultados obtenidos en el mediano y largo plazo.

Rediseño del flujo productivo

El rediseño del flujo productivo se refiere a la reorganización lógica de las actividades y movimientos dentro del proceso con el fin de mejorar la eficiencia global del sistema. Teóricamente, esta herramienta se fundamenta en la optimización del flujo continuo y la reducción de interrupciones innecesarias. Slack et al. señalan que *“el rediseño del flujo permite mejorar la coordinación entre etapas, reducir tiempos de espera y aumentar la velocidad de respuesta del sistema productivo”* (Slack, Brandon-Jones, & Burgess, Operations Management, 2022, pág. 112). Esta herramienta respalda el impacto del proyecto al explicar cómo la reorganización del flujo incide directamente en la reducción de inventarios en proceso.

Mejora en la secuenciación de operaciones

La secuenciación de operaciones es una herramienta conceptual orientada a determinar el orden más eficiente en el que deben ejecutarse las actividades dentro de un proceso productivo. Desde la teoría de operaciones, una secuencia adecuada permite minimizar tiempos muertos y evitar congestiones operativas. Según Stevenson, *“una correcta secuenciación de operaciones contribuye a optimizar la utilización de recursos y a mejorar el cumplimiento de los programas de producción”* (Stevenson, 2021, pág. 203). En el marco del impacto del proyecto, esta herramienta sustenta la mejora del cumplimiento del plan semanal y la reducción de retrasos operativos.

Propuestas de mejora operativa basadas en datos

Las propuestas de mejora operativa basadas en datos se fundamentan en el análisis objetivo de información cuantitativa obtenida del proceso productivo. Desde la teoría de la toma de decisiones en ingeniería, el uso de datos reduce la subjetividad y aumenta la efectividad de las soluciones implementadas. Montgomery indica que *“las decisiones fundamentadas en datos permiten seleccionar acciones de mejora con mayor probabilidad de éxito y menor riesgo operativo”* (Montgomery, 2022, pág. 19). Esta herramienta respalda conceptualmente el impacto del proyecto al garantizar que las mejoras propuestas respondan a evidencia medible.

Indicadores de productividad

Los indicadores de productividad permiten evaluar la relación entre los recursos utilizados y los resultados obtenidos en un proceso productivo. Desde la teoría de la gestión del desempeño, estos indicadores facilitan la medición del impacto de las mejoras implementadas. Parmenter afirma que *“la productividad es un indicador clave para determinar si las acciones de mejora generan beneficios reales en la operación”* (Parmenter, 2021, pág. 31). En el contexto del proyecto, esta herramienta sustenta la evaluación cuantitativa del impacto del proyecto tanto en el corto como en el mediano plazo.

Eficiencia Global de los Equipos (OEE)

La Eficiencia Global de los Equipos (OEE) es un indicador integral utilizado para evaluar el desempeño real de los equipos productivos considerando disponibilidad, rendimiento y calidad. Desde la teoría de operaciones, el OEE permite identificar pérdidas ocultas que afectan la capacidad efectiva del sistema. Según Muchiri y Pintelon, *“el OEE proporciona una medida compuesta que facilita la identificación de pérdidas de productividad y orienta la toma de decisiones de mejora”* (Muchiri & Pintelon, 2021, pág. 113). En el marco del impacto del proyecto, este indicador sustenta la medición cuantitativa de los beneficios obtenidos tras la optimización del flujo productivo.

Seguimiento del cumplimiento del plan de producción

El seguimiento del cumplimiento del plan de producción es una herramienta de control que permite evaluar la consistencia entre lo planificado y lo ejecutado. Teóricamente, esta herramienta se vincula con la gestión del desempeño operativo y la confiabilidad del sistema productivo. De acuerdo con Stevenson, *“la medición sistemática del cumplimiento del plan permite identificar desviaciones operativas y evaluar la efectividad de las mejoras implementadas”* (Stevenson, 2021, pág. 219). Esta herramienta respalda el impacto del proyecto al evidenciar mejoras en la confiabilidad y estabilidad de la producción.

Cuadro de Mando Integral (CMI / Balanced Scorecard)

El Cuadro de Mando Integral es una herramienta de planificación estratégica que traduce la estrategia organizacional en indicadores medibles desde diferentes perspectivas. Desde la teoría de gestión estratégica, el CMI permite evaluar el impacto de los proyectos más allá del ámbito operativo. Kaplan y Norton señalan que *“el Balanced Scorecard conecta las acciones*

operativas con los objetivos estratégicos, permitiendo evaluar el impacto integral de las iniciativas de mejora” (Kaplan & Norton, 2022, pág. 45). En el contexto del proyecto, esta herramienta sustenta la evaluación del impacto estratégico y organizacional de la mejora propuesta.

Gestión por Resultados de Desarrollo (GpRD)

La Gestión por Resultados de Desarrollo es un enfoque que prioriza la medición de resultados y efectos derivados de las intervenciones realizadas. Desde la teoría de la gestión pública y organizacional, la GpRD permite evaluar el impacto real de los proyectos a partir de indicadores verificables. Según Kusek y Rist, *“la gestión por resultados se centra en medir los efectos logrados y no únicamente las actividades ejecutadas”* (Kusek & Rist, 2021, pág. 18). Esta herramienta respalda el impacto del proyecto al permitir evaluar beneficios sostenibles en el largo plazo.

QFD – Despliegue de la Función de la Calidad

El Despliegue de la Función de la Calidad (QFD) es una herramienta de ingeniería que permite traducir las necesidades del cliente en características técnicas del proceso. Desde la teoría de diseño y calidad, el QFD facilita la alineación entre expectativas del cliente y desempeño operativo. Akao afirma que *“el QFD permite asegurar que las mejoras técnicas del proceso respondan directamente a los requerimientos del cliente”* (Akao, 2021, pág. 7). En el marco del impacto del proyecto, esta herramienta sustenta la orientación de la mejora hacia la satisfacción del cliente y la calidad del producto.

En síntesis, el enfoque de gestión del presente proyecto combina los principios del PMI y la estructura analítica de DMAIC, proporcionando tanto una organización táctica del proyecto como una ruta metodológica de mejora continua. Esto garantiza una ejecución sistemática, con fases perfectamente definidas y orientadas al análisis de datos, la eliminación de cuellos de botella y la evaluación del impacto de las propuestas implementadas.

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto

El impacto de un proyecto de ingeniería industrial se refleja en los cambios generados sobre el desempeño organizacional una vez implementadas las acciones de mejora. Dichos

impactos pueden manifestarse en el corto, mediano y largo plazo, a través de resultados cuantitativos —como reducción de tiempos, incremento de productividad o disminución de costos— y resultados cualitativos —como satisfacción del personal, mejora organizacional y fortalecimiento de la cultura de mejora continua. De acuerdo con Kaplan y Norton, “todo proyecto de mejora debe ser capaz de traducirse en beneficios medibles para la operación y en creación de valor sostenible para la organización” (Kaplan & Norton, 2022, pág. 25). Por tanto, el impacto esperado en FHACASA debe analizarse desde una perspectiva integral que abarque desempeño productivo, bienestar humano y posicionamiento estratégico.

Impacto en el corto plazo

El corto plazo se asocia a los resultados inmediatos derivados de la intervención en el proceso productivo. Entre estos destacan la reducción de tiempos de espera, la mejora del flujo operativo y la disminución de acumulaciones de WIP entre molienda y empaque. Según Slack, “la estabilización de un sistema productivo genera efectos visibles desde los primeros ciclos operativos, reduciendo los costos derivados de atrasos y horas extraordinarias” (Slack, *Operations Management: Performance and Strategic Alignment*, 2024, pág. 91). Estos impactos tempranos permiten validar la pertinencia técnica del proyecto mediante la comparación de indicadores antes y después de la mejora.

Impacto en el mediano plazo

El mediano plazo se relaciona con la consolidación de la mejora, donde el proceso comienza a operar con mayor estabilidad y repetitividad. En esta fase se espera un aumento sostenido en el OEE, una regularidad en la programación semanal y una menor dependencia de contingencias para cumplir con la demanda. Para George, “cuando la mejora continua se institucionaliza, los procesos mantienen niveles altos de desempeño y el costo de operación disminuye progresivamente” (George, 2021, pág. 76). Asimismo, los beneficios en el clima laboral se vuelven evidentes al reducir la presión operativa sobre el personal.

Impacto en el largo plazo

El largo plazo refleja los beneficios estructurales y estratégicos de la mejora. La estandarización del proceso, la reducción de la variabilidad operativa y la cultura de control continuo se traducen en mayor competitividad organizacional. Torres afirma que “la

optimización sostenida de los sistemas productivos fortalece la capacidad de respuesta de la empresa ante el mercado, generando ventajas competitivas a nivel nacional e internacional” (Torres, Competitividad y productividad en industrias alimentarias, 2023, pág. 148). En una industria alimentaria como la harina, esta estabilidad contribuye además a un suministro confiable de un insumo básico para la cadena alimentaria del país.

Modelos de gestión aplicables para sustentar el impacto

La evaluación del impacto del proyecto puede apoyarse en varias herramientas de planificación estratégica y diseño ingenieril:

- **Cuadro de Mando Integral (Balanced Scorecard, BSC/CMI):** permite monitorear el impacto en cuatro dimensiones: financiera, procesos internos, cliente y aprendizaje organizacional.
- **Gestión por Resultados de Desarrollo (GpRD):** orienta la evaluación de efectos en función de indicadores verificables antes y después del proyecto.
- **QFD (Despliegue de la función de calidad):** vincula los requerimientos del cliente con mejoras técnicas del proceso.
- **Resolución estructurada de problemas (A3, 8D):** fortalece el análisis del impacto mediante la determinación de causas raíz y contramedidas.

Tal como indican Kaplan y Norton, “una intervención que no define cómo se medirá su impacto corre el riesgo de convertirse en una acción aislada sin consolidación estratégica” (Kaplan & Norton, 2022, pág. 31). En consecuencia, el análisis del impacto en este proyecto se evaluará bajo indicadores productivos, satisfacción interna y cumplimiento de entregas, vinculando métricas operativas con los objetivos estratégicos de la planta.

En síntesis, el impacto esperado integra beneficios productivos, económicos, humanos y estratégicos, respaldados desde un punto de vista teórico por los enfoques de gestión de proyectos y mejora continua utilizados.

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

El análisis de antecedentes constituye un elemento fundamental del marco teórico, ya que permite contextualizar el presente proyecto dentro del conocimiento académico y práctico previamente desarrollado en torno a problemáticas similares. A través de la revisión de proyectos de graduación y experiencias documentadas, es posible identificar enfoques metodológicos, herramientas aplicadas y resultados obtenidos por otros autores, lo cual aporta sustento teórico y comparativo a la investigación planteada.

En este apartado se presentan antecedentes relevantes desarrollados tanto a nivel nacional, específicamente proyectos elaborados en el ámbito de la Ingeniería Industrial, que abordan la mejora de procesos productivos, el análisis de cuellos de botella, el incremento de la capacidad operativa y la optimización del flujo mediante metodologías como Lean Manufacturing y DMAIC. El estudio crítico de estas experiencias permite evidenciar similitudes con la problemática identificada en FHACASA, así como justificar la pertinencia del enfoque metodológico y de las herramientas seleccionadas para el desarrollo del presente proyecto.

Uno de los antecedentes relevantes a nivel institucional es el proyecto de graduación desarrollado por (Bojorge Centeno, 2025) en la Universidad Hispanoamericana, titulado *“Propuesta de mejora para reducir la cantidad de productos defectuosos mediante la implementación de la metodología Six Sigma en Muebles Akiro”*, el cual aborda una problemática de naturaleza operativa vinculada directamente con la generación de defectos, reprocesos y pérdida de eficiencia dentro de un sistema productivo-logístico.

El estudio se desarrolla en el centro de almacenamiento y distribución de la empresa Muebles Akiro, ubicado en San Antonio de Belén, Heredia, donde se identificó un incremento sostenido en la cantidad de productos defectuosos asociados principalmente a fallas en los procesos de manipulación, almacenamiento, control y despacho. Esta situación generaba impactos negativos tanto en la eficiencia operativa como en la satisfacción del cliente final, evidenciando la necesidad de aplicar una metodología estructurada de mejora continua (Bojorge Centeno, 2025).

Desde el punto de vista metodológico, el proyecto se fundamenta en la aplicación de Six Sigma mediante el ciclo DMAIC, lo cual permitió estructurar el análisis del problema en etapas claramente definidas: definición del problema, medición del desempeño actual, análisis de las causas raíz, propuesta de mejoras y establecimiento de mecanismos de control. En la fase de medición y análisis, el autor emplea herramientas como diagramas de flujo, análisis SIPOC, diagramas de Ishikawa, análisis de Pareto y recolección sistemática de datos, lo que permitió identificar las principales fuentes de defectos y priorizar las causas críticas que afectaban el desempeño del proceso.

Un hallazgo relevante del estudio es que una proporción significativa de los defectos se concentraba en un número reducido de causas, relacionadas con deficiencias en la gestión de inventarios, falta de estandarización en los procesos operativos y ausencia de controles preventivos antes del despacho de los productos. Este resultado refuerza el principio de Pareto y demuestra la utilidad de las herramientas Lean Six Sigma para focalizar los esfuerzos de mejora en aquellos puntos del proceso que generan mayor impacto negativo (Bojorge Centeno, 2025).

Asimismo, el proyecto evidencia cómo la falta de claridad en los procedimientos operativos y en las responsabilidades del personal contribuye a la variabilidad del proceso y a la generación de errores recurrentes. A partir de este diagnóstico, se proponen acciones orientadas a la estandarización, capacitación del personal y fortalecimiento del control de calidad, con el fin de reducir la ocurrencia de defectos y mejorar la confiabilidad del sistema operativo.

La pertinencia de este antecedente para el presente proyecto radica en la similitud del enfoque metodológico y en la naturaleza de la problemática abordada. Si bien el contexto industrial difiere del proceso productivo de FHACASA, ambos estudios comparten elementos comunes relacionados con la necesidad de analizar procesos existentes, identificar cuellos de botella, reducir reprocesos y mejorar el flujo operativo mediante herramientas de mejora continua. En ambos casos, la aplicación del enfoque DMAIC permite estructurar el análisis de datos, sustentar la identificación de causas raíz y diseñar soluciones orientadas a la estabilidad y eficiencia del proceso.

Adicionalmente, este antecedente demuestra la aplicabilidad de la metodología Six Sigma en empresas costarricenses, validando su utilidad como herramienta para la mejora de procesos en contextos reales y aportando evidencia académica sobre su efectividad en la reducción de defectos y el fortalecimiento del control operativo. Estos resultados respaldan teóricamente la selección de DMAIC como metodología central del presente proyecto, al evidenciar su capacidad para abordar problemáticas complejas asociadas al desempeño de procesos productivos y logísticos.

En síntesis, el proyecto desarrollado por (Bojorge Centeno, 2025) constituye un referente institucional relevante, ya que aporta experiencias concretas sobre la aplicación de herramientas Lean Six Sigma en el análisis de causas raíz y en la mejora de procesos, cuyos principios y enfoques resultan pertinentes para el estudio que se desarrolla en FHACASA. Su análisis contribuye a fortalecer el sustento teórico y metodológico del presente proyecto, al demostrar cómo la identificación sistemática de problemas y la toma de decisiones basada en datos permiten generar mejoras sostenibles en el desempeño organizacional.

Otro antecedente relevante a nivel nacional e institucional corresponde al proyecto de graduación desarrollado por (Serrano Amaya, 2025), titulado “*Mejora de eficiencia de la línea 4 de Enteral Feeding en la empresa Cardinal Health Costa Rica para el tercer cuatrimestre del 2024*”, elaborado en el marco de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana. Este estudio se orienta al análisis y optimización del desempeño de una línea productiva específica dentro de una empresa manufacturera de dispositivos médicos, caracterizada por altos volúmenes de producción, exigencias regulatorias estrictas y la necesidad de mantener estabilidad operativa.

El proyecto surge a partir de la identificación de problemas relacionados con el bajo nivel de eficiencia de la línea 4 de Enteral Feeding, los cuales se manifestaban en incumplimientos de los objetivos de producción, presencia de tiempos muertos, desbalance entre estaciones de trabajo y limitaciones en la capacidad efectiva del proceso. Estas condiciones generaban impactos directos sobre la productividad, la utilización de recursos y el cumplimiento de los planes operativos establecidos por la organización (Serrano Amaya, 2025).

Desde el punto de vista metodológico, el autor adopta la metodología DMAIC, estructurando el desarrollo del proyecto en las fases de Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. En la fase de definición se delimitó el alcance del estudio a una línea específica, lo cual permitió enfocar el análisis en las restricciones más críticas del sistema productivo. Posteriormente, en las fases de medición y análisis, se recopilaron datos cuantitativos asociados a tiempos de ciclo, capacidad de estaciones, volumen de producción, eficiencia operativa y cumplimiento de metas, utilizando herramientas propias de la ingeniería industrial como diagramas de flujo, estudios de tiempos y análisis estadístico descriptivo (Serrano Amaya, 2025, págs. 48-53).

Un aspecto relevante del estudio es la identificación de cuellos de botella como causa principal de la baja eficiencia de la línea productiva. El análisis realizado evidencia que ciertas estaciones presentaban tiempos de operación significativamente mayores que el resto del proceso, provocando acumulación de inventario en proceso y retrasos en el flujo productivo. Este hallazgo coincide con los principios de la teoría de restricciones, según los cuales el desempeño global de un sistema está condicionado por su etapa más limitada, independientemente del rendimiento de las demás estaciones (Serrano Amaya, 2025, pág. 61).

En la fase de análisis, el proyecto emplea herramientas como el diagrama de Ishikawa y el análisis de Pareto para priorizar las causas que incidían en la ineficiencia del proceso. Los resultados muestran que una proporción significativa de las pérdidas de eficiencia se concentraba en factores asociados a la falta de estandarización operativa, variabilidad en los métodos de trabajo y deficiencias en la sincronización entre estaciones. Este enfoque permitió sustentar de manera objetiva la necesidad de intervenir sobre el flujo productivo y no únicamente sobre actividades aisladas del proceso (Serrano Amaya, 2025, págs. 66-70).

Las propuestas de mejora desarrolladas en el proyecto se orientan a la redistribución de cargas de trabajo, estandarización de procedimientos, reducción de tiempos improductivos y fortalecimiento de los mecanismos de control del proceso. Como resultado de la implementación de estas acciones, se reporta una mejora significativa en los indicadores de desempeño de la línea, reflejada en un aumento de la eficiencia operativa y una mayor estabilidad en el cumplimiento de los objetivos de producción establecidos por la empresa (Serrano Amaya, 2025, págs. 85-89).

La relevancia de este antecedente para el presente proyecto radica en la similitud del enfoque analítico y de las herramientas empleadas. Aunque el contexto industrial difiere del proceso productivo de harina en FHACASA, ambos estudios comparten problemáticas estructurales relacionadas con la eficiencia del flujo, la presencia de cuellos de botella y la necesidad de optimizar la capacidad operativa sin recurrir a inversiones de capital significativas. Asimismo, ambos proyectos se apoyan en el uso de indicadores cuantitativos como base para la toma de decisiones, lo cual refuerza la importancia de la medición objetiva del desempeño del proceso.

Desde una perspectiva nacional, este antecedente evidencia cómo la metodología DMAIC ha sido aplicada exitosamente en empresas costarricenses para abordar problemas de eficiencia en líneas productivas, validando su pertinencia como herramienta de mejora continua en contextos industriales reales. Los resultados obtenidos por (Serrano Amaya, 2025) demuestran que la identificación y gestión sistemática de las restricciones del proceso permiten generar mejoras sostenibles en el desempeño operativo, lo cual constituye un aporte relevante para el desarrollo del presente proyecto.

En síntesis, el proyecto de mejora de eficiencia en la línea 4 de Enteral Feeding en Cardinal Health Costa Rica aporta evidencia empírica sobre la efectividad del enfoque DMAIC para el análisis de causas raíz, la reducción de ineficiencias y la optimización del flujo productivo. Este antecedente respalda teóricamente la orientación metodológica adoptada en el estudio de FHACASA, al demostrar que la mejora del desempeño global de un sistema productivo se logra mediante la intervención focalizada sobre los cuellos de botella y la estandarización de los procesos críticos.

Como tercer antecedente relevante a nivel nacional e institucional, se identifica el proyecto de graduación desarrollado por (Sanabria Pérez, 2025), titulado “*Diseño de un modelo de planificación mediante la metodología de DMAIC para el aumento de la capacidad del área de empaque de la empresa Calox Costa Rica S.A.*”, elaborado en el marco de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana. Este estudio se enfoca en el análisis y mejora del área de empaque, considerada una etapa crítica dentro del sistema productivo debido a su impacto directo sobre la capacidad global, el cumplimiento del plan de producción y la disponibilidad del producto terminado.

El proyecto surge a partir de la detección de problemas asociados a la limitada capacidad operativa del área de empaque, los cuales se manifestaban en atrasos recurrentes, acumulación de inventario en proceso y desalineación entre las etapas previas de producción y la etapa final de despacho. Estas condiciones afectaban el desempeño global del sistema productivo, evidenciando la necesidad de un enfoque estructurado que permitiera identificar las causas raíz del problema y proponer soluciones sostenibles orientadas a la mejora del flujo y la planificación operativa (Sanabria Pérez, 2025).

Desde el punto de vista metodológico, el estudio adopta la metodología DMAIC como eje central para el desarrollo del proyecto. En la fase de definición se delimita el alcance al área de empaque, estableciendo claramente los objetivos de aumento de capacidad y mejora del cumplimiento del plan productivo. Posteriormente, en las fases de medición y análisis, se recopilan datos cuantitativos relacionados con tiempos de ciclo, capacidad instalada, volumen procesado, niveles de inventario en proceso y tiempos de espera entre etapas, utilizando herramientas propias de la ingeniería industrial como diagramas de flujo, estudios de tiempos, análisis de capacidad y gráficos de control (Sanabria Pérez, 2025, págs. 42-48).

Un aspecto central del proyecto es la identificación del área de empaque como cuello de botella del sistema productivo. El análisis realizado evidencia que, aunque las etapas previas de producción contaban con capacidad suficiente para cumplir con la demanda, la limitación en el área de empaque generaba acumulaciones significativas de producto en proceso, retrasos en el despacho y presión operativa sobre el personal. Este hallazgo refuerza los principios de la teoría de restricciones, según los cuales el rendimiento global de un sistema está condicionado por su etapa más limitada, independientemente del desempeño de las demás fases del proceso (Sanabria Pérez, 2025, pág. 55).

Durante la fase de análisis, el proyecto emplea herramientas como el diagrama de Ishikawa, el análisis de Pareto y la comparación de tiempos estándar versus tiempos reales, permitiendo priorizar las causas que incidían en la baja capacidad del área de empaque. Los resultados muestran que una parte significativa del problema se originaba en la falta de planificación adecuada, la variabilidad en los métodos de trabajo y la ausencia de sincronización entre la producción y el empaque. Este enfoque analítico permitió sustentar la necesidad de diseñar

un modelo de planificación que alinee la capacidad del empaque con el ritmo del resto del sistema productivo (Sanabria Pérez, 2025, págs. 58-63).

Las propuestas de mejora desarrolladas en el proyecto se orientan al rediseño del modelo de planificación operativa, la estandarización de procesos, la redistribución de cargas de trabajo y la implementación de mecanismos de control para monitorear el desempeño del área de empaque. Como resultado de la aplicación de estas acciones, el estudio reporta un aumento en la capacidad efectiva del área, una reducción en los niveles de inventario en proceso y una mejora significativa en el cumplimiento del plan de producción, sin requerir inversiones significativas en infraestructura o maquinaria (Sanabria Pérez, 2025, págs. 74-79).

La relevancia de este antecedente para el presente proyecto radica en la similitud directa de la problemática abordada. Tanto en el caso de Calox Costa Rica S.A. como en FHACASA, se identifica que las restricciones en etapas finales del proceso —empaque o despacho— generan acumulaciones intermedias, desbalances en el flujo productivo y retrasos en el cumplimiento de la demanda. Asimismo, ambos proyectos se fundamentan en el uso de datos cuantitativos para sustentar el diagnóstico y en la aplicación de la metodología DMAIC como herramienta para la identificación de causas raíz y el diseño de soluciones de mejora.

Desde una perspectiva nacional, este antecedente evidencia la aplicación efectiva de DMAIC en empresas costarricenses del sector productivo, validando su pertinencia como metodología para el análisis de capacidad y planificación operativa. Los resultados obtenidos por (Sanabria Pérez, 2025) demuestran que la mejora del desempeño global del sistema no se logra únicamente incrementando recursos, sino mediante la optimización del flujo, la alineación entre etapas y el fortalecimiento de los mecanismos de control del proceso.

En síntesis, el proyecto desarrollado en Calox Costa Rica S.A. aporta evidencia empírica sobre la efectividad del diseño de modelos de planificación basados en DMAIC para incrementar la capacidad operativa y reducir las ineficiencias asociadas a cuellos de botella. Este antecedente respalda teóricamente la orientación del presente estudio en FHACASA, al demostrar que la identificación y gestión de restricciones en etapas críticas del proceso productivo constituye una estrategia sólida y sostenible para mejorar el rendimiento

operativo, reducir inventarios en proceso y fortalecer el cumplimiento del plan de producción.

El análisis de los antecedentes revisados permite establecer que la aplicación de metodologías de mejora continua, particularmente DMAIC y enfoques asociados a Lean y Six Sigma, ha demostrado ser una estrategia efectiva para abordar problemáticas relacionadas con la eficiencia operativa, la capacidad productiva y la estabilidad del flujo en diversos contextos industriales. Los proyectos analizados evidencian que, independientemente del sector productivo, los principales problemas se originan en la presencia de cuellos de botella, desbalances entre etapas del proceso y ausencia de mecanismos formales de control y estandarización.

A nivel institucional y nacional, los proyectos desarrollados en Muebles Akiro, Cardinal Health Costa Rica y Calox Costa Rica S.A. muestran que la identificación sistemática de causas raíz mediante herramientas cuantitativas permite focalizar los esfuerzos de mejora en aquellas etapas que limitan el desempeño global del sistema. Asimismo, los resultados obtenidos en dichos estudios confirman que la optimización del flujo productivo y la mejora del cumplimiento del plan de producción pueden lograrse sin necesidad de inversiones significativas en infraestructura, siempre que se adopte un enfoque estructurado basado en datos.

En conjunto, estos antecedentes respaldan la pertinencia del enfoque metodológico seleccionado para el presente proyecto, al demostrar que la mejora del desempeño operativo se alcanza mediante la alineación entre capacidad, planificación y control de los procesos críticos. De esta manera, el análisis realizado establece un sustento teórico y empírico sólido para el desarrollo del estudio en FHACASA, confirmando que la intervención propuesta se encuentra alineada con las prácticas y resultados documentados en investigaciones previas dentro del ámbito de la ingeniería industrial.

III. CAPITULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 Metodología para la definición del problema

La definición del problema constituyó la primera etapa del desarrollo metodológico del proyecto y correspondió a la fase Definir de la metodología DMAIC. Esta etapa tuvo como objetivo establecer, de manera objetiva y estructurada, el problema principal a abordar, garantizando su relevancia para la organización y su alineación con los objetivos del proyecto.

Para la selección metodológica del proyecto se priorizó el uso de herramientas propias de la Ingeniería Industrial orientadas al diagnóstico de procesos productivos, considerando la necesidad de comprender el funcionamiento general del sistema, identificar desviaciones relevantes y delimitar el alcance del problema de forma clara y medible. La metodología DMAIC fue privilegiada debido a su enfoque sistemático y ampliamente validado para la identificación y definición de problemas operativos en contextos industriales, permitiendo establecer un punto de partida sólido para el desarrollo del proyecto.

El proceso de definición del problema se llevó a cabo mediante una combinación de técnicas cualitativas y analíticas. Inicialmente, se realizó observación directa del proceso productivo, lo cual permitió obtener una visión general del flujo de operaciones, las interacciones entre etapas y las posibles áreas de ineficiencia. Esta observación facilitó la identificación preliminar de situaciones que afectaban el desempeño del proceso y sirvió como base para profundizar en el diagnóstico.

Posteriormente, se aplicaron entrevistas semiestructuradas al personal involucrado en el proceso, con el fin de recopilar información sobre la percepción operativa, dificultades recurrentes y posibles causas asociadas al problema identificado. Estas entrevistas permitieron incorporar la voz de los actores clave del proceso, aportando un respaldo cualitativo relevante para la definición del problema desde una perspectiva organizacional.

Como complemento al diagnóstico inicial, se utilizó la herramienta SIPOC, con el propósito de delimitar claramente los proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes del sistema productivo analizado. Esta herramienta permitió establecer los límites del proceso, evitar ambigüedades en el alcance del proyecto y asegurar que el problema definido se encontrara dentro de una etapa controlable por la organización.

Asimismo, se elaboró un Project Charter, el cual permitió formalizar la definición del problema, los objetivos del proyecto, el alcance, las restricciones y los actores involucrados. Este instrumento metodológico facilitó la alineación del problema seleccionado con las prioridades estratégicas de la organización y aseguró la coherencia entre el problema identificado y los objetivos del proyecto de graduación.

Adicionalmente, se recurrió a un análisis preliminar tipo Pareto, con el fin de priorizar las principales causas o áreas de impacto asociadas al problema, permitiendo enfocar el proyecto en aquellos factores que generaban mayor afectación al desempeño del proceso. Esta priorización metodológica contribuyó a sustentar la relevancia del problema seleccionado y a descartar situaciones de menor impacto.

Las metodologías mencionadas fueron privilegiadas sobre otras alternativas debido a su capacidad para proporcionar un diagnóstico estructurado, objetivo y alineado con los principios de mejora continua. Además, estas herramientas cuentan con antecedentes ampliamente documentados en proyectos de mejora de procesos productivos y aplicaciones de la metodología DMAIC en contextos industriales, lo cual respalda su selección y aplicación en el presente proyecto.

En conjunto, la aplicación secuencial de estas metodologías permitió definir de manera objetiva el problema a desarrollar, establecer su relevancia organizacional y proporcionar un punto de partida metodológicamente sólido para las etapas posteriores del proyecto.

Tabla 2. Metodología para la definición del problema (DMAIC – Definir)

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
----------------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---------------	---------------------

Definir de manera objetiva el problema principal del proceso productivo	Observar el proceso productivo	Observación directa	Se realizó la observación del flujo de operaciones para identificar situaciones que afectaban el desempeño del proceso	Semana 1	Analista de procesos
Definir de manera objetiva el problema principal del proceso productivo	Recopilar información del personal involucrado	Entrevistas semiestructuradas	Se entrevistó al personal clave para obtener información cualitativa sobre dificultades operativas y percepción del problema	Semana 1	Ingeniero industrial / Supervisor de área
Definir de manera objetiva el problema principal del proceso productivo	Delimitar el alcance del proceso	SIPOC	Se utilizó el SIPOC para identificar proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes, definiendo los límites del estudio	Semana 2	Líder del proyecto
Definir de manera	Formalizar el problema y	Project Charter	Se elaboró el acta del	Semana 2	Líder del proyecto

objetiva el problema principal del proceso productivo	objetivos del proyecto		proyecto para documentar el problema, objetivos, alcance y restricciones		
Definir de manera objetiva el problema principal del proceso productivo	Priorizar áreas de impacto del problema	Análisis preliminar tipo Pareto	Se realizó una priorización inicial para identificar los factores con mayor impacto en el problema	Semana 2	Equipo de mejora continua

Nota: Elaboración propia, 2025.

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto

La metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto correspondió a la fase Medir de la metodología DMAIC y tuvo como objetivo establecer un sistema estructurado de recolección, procesamiento y análisis de datos que permitiera caracterizar el problema identificado en la empresa FHACASA de manera objetiva y verificable.

En esta etapa se definió el sistema de medición del proyecto, estableciendo las variables clave del proceso productivo de harinas que permitieron cuantificar el comportamiento actual del sistema y respaldar metodológicamente la existencia del problema. La selección de la metodología de medición se realizó considerando la necesidad de generar una línea base confiable, que sirviera como punto de partida para el análisis posterior y la evaluación de las mejoras propuestas.

La recopilación de datos se llevó a cabo mediante la observación directa del proceso, la revisión de registros históricos disponibles en la organización y la medición de tiempos de operación, con el fin de obtener información representativa del desempeño real del proceso

productivo. Estas técnicas permitieron identificar patrones de comportamiento, variaciones en los tiempos de ciclo y diferencias entre el desempeño esperado y el desempeño real del sistema.

Para el procesamiento y análisis de la información recopilada se utilizaron herramientas de análisis descriptivo y de priorización propias de la Ingeniería Industrial y del enfoque Six Sigma. El uso de diagramas de Pareto permitió identificar las principales causas que contribuían de manera significativa al problema, mientras que el análisis de tiempos y movimientos facilitó la evaluación de la eficiencia operativa y la identificación de actividades que no agregaban valor al proceso.

Asimismo, se aplicaron herramientas de análisis causal como el diagrama de Ishikawa, con el propósito de estructurar las posibles causas del problema y relacionarlas con las variables medidas. Esta herramienta permitió establecer relaciones lógicas entre factores de operación, métodos de trabajo, materiales, mano de obra y entorno, proporcionando un respaldo cualitativo al análisis cuantitativo realizado.

La metodología de análisis de brechas se fundamentó en la comparación entre la situación actual del proceso productivo y los niveles de desempeño esperados por la organización, considerando referencias internas, metas operativas y lineamientos generales de desempeño del sector. Esta comparación permitió identificar diferencias significativas que justificaron la necesidad de una intervención de mejora.

En cuanto a la selección y análisis de muestras, se aplicó un enfoque no probabilístico de tipo intencional, seleccionando periodos representativos del proceso productivo que reflejaran el comportamiento habitual de la operación. Este criterio metodológico permitió asegurar la consistencia de la información recopilada y la validez del análisis, sin comprometer la viabilidad del proyecto.

Para la definición de defectos y productos conformes, se establecieron criterios cuantitativos asociados al cumplimiento de tiempos, flujo del proceso y estabilidad operativa, los cuales permitieron clasificar el desempeño del proceso de manera objetiva. Adicionalmente, se consideraron aspectos de variabilidad y consistencia del proceso, evaluando la necesidad de

respaldos metodológicos relacionados con la precisión y repetibilidad de las mediciones realizadas.

Finalmente, se estructuró un plan de recolección de datos que definió qué variables medir, cómo medirlas, en qué momentos y en qué condiciones, garantizando la trazabilidad de la información y su adecuada gestión. Este plan incluyó lineamientos para el manejo de la información recopilada, resguardando la confidencialidad de los datos y asegurando su uso exclusivo para fines académicos y de análisis del proyecto.

Tabla 3. Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto (DMAIC – Medir)

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
Caracterizar el desempeño actual del proceso productivo	Recopilar datos del proceso	Observación directa / Revisión de históricos	Se recopilaron datos del proceso productivo mediante observación y registros disponibles	Semana 3	Analista de procesos
Caracterizar el desempeño actual del proceso productivo	Medir tiempos de operación	Estudio de tiempos y movimientos	Se midieron los tiempos de las operaciones clave del proceso productivo	Semana 3	Ingeniero industrial
Identificar causas principales del problema	Priorizar causas relevantes	Diagrama de Pareto	Se priorizaron las principales causas que impactaban el desempeño del proceso	Semana 4	Equipo de mejora continua

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
Analizar relaciones causales del problema	Estructurar causas del problema	Diagrama de Ishikawa	Se analizaron las posibles causas del problema agrupándolas por categorías	Semana 4	Analista de procesos
Establecer línea base del proceso	Comparar desempeño actual vs esperado	Análisis de brechas	Se comparó el desempeño actual del proceso con metas y referencias internas	Semana 4	Líder del proyecto

Nota: Elaboración propia, 2025.

3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica

La metodología para la propuesta de mejora correspondió principalmente a la fase Analizar de la metodología DMAIC y constituyó el respaldo metodológico central del proyecto de graduación. En esta etapa se establecieron los criterios, herramientas y enfoques utilizados para analizar en profundidad el problema identificado en el proceso productivo de harinas de FHACASA (Fábrica de Harinas de Centroamérica S.A.), así como para fundamentar de manera objetiva la propuesta de mejora planteada.

Para el desarrollo de la propuesta de mejora se privilegió la aplicación de metodologías propias de la mejora continua, integrando principios de Six Sigma, Lean Manufacturing y gestión de procesos, debido a su compatibilidad con entornos industriales y su efectividad comprobada en la optimización de procesos productivos. Estas metodologías permitieron analizar las causas raíz del problema, evaluar alternativas de solución y seleccionar aquellas con mayor impacto potencial sobre el desempeño del proceso.

El análisis del problema se realizó mediante la profundización de las causas previamente identificadas en la fase de medición, utilizando herramientas de análisis estructurado como el análisis de causa raíz (5 porqués) y la gestión de procesos de negocio, con el fin de comprender las interrelaciones entre las variables operativas del proceso. Este enfoque permitió evitar soluciones superficiales y asegurar que la propuesta de mejora estuviera orientada a las causas fundamentales del problema.

Como parte del desarrollo de alternativas de solución, se aplicaron técnicas creativas y participativas como la lluvia de ideas, el enlistamiento de posibles propuestas y el multivoto, las cuales facilitaron la generación de diferentes opciones de mejora y la participación de los actores involucrados. Estas técnicas permitieron ampliar el espectro de soluciones posibles antes de realizar un proceso de selección estructurado.

La selección de la propuesta de mejora se llevó a cabo mediante el uso de una matriz de decisión, en la cual se evaluaron las alternativas generadas considerando criterios técnicos, operativos y de viabilidad. Este enfoque metodológico permitió priorizar la propuesta con mayor potencial de impacto y menor nivel de riesgo para la organización, asegurando la coherencia entre la solución planteada y los objetivos del proyecto.

Asimismo, se consideraron metodologías compatibles con sistemas de gestión y mejora continua reconocidos, tales como el ciclo Planificar–Hacer–Verificar–Actuar (PHVA) y principios de Gestión de la Calidad Total, con el fin de asegurar que la propuesta de mejora fuera sostenible, replicable y alineada con prácticas organizacionales estandarizadas. La integración del ciclo de Deming permitió estructurar la propuesta de manera lógica y orientada a la mejora permanente del proceso.

Las metodologías seleccionadas fueron privilegiadas sobre otras debido a su aplicabilidad directa al contexto del proyecto, su compatibilidad con el enfoque DMAIC y la existencia de antecedentes prácticos en proyectos de mejora de procesos productivos similares. Este respaldo metodológico permitió fundamentar de manera objetiva la propuesta de mejora, reduciendo la subjetividad en la toma de decisiones.

Finalmente, se incorporaron elementos metodológicos propios de la gestión de proyectos, tales como la definición de actividades, responsables y plazos, con el fin de estructurar la

propuesta de mejora de manera ordenada y viable para su posterior implementación. Este enfoque aseguró que la propuesta no solo fuera técnicamente adecuada, sino también ejecutable dentro de las condiciones reales de la organización.

Tabla 4. Metodología para la propuesta de mejora (DMAIC – Analizar)

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
Analizar causas raíz del problema	Profundizar en las causas identificadas	Análisis 5 porqués	Se analizaron las causas fundamentales del problema para evitar soluciones superficiales	Semana 5	Analista de procesos
Generar alternativas de solución	Proponer posibles mejoras	Lluvia de ideas	Se generaron diferentes alternativas de mejora con participación del equipo involucrado	Semana 5	Equipo de mejora continua
Evaluar alternativas de mejora	Priorizar propuestas	Multivoto	Se priorizaron las propuestas de mejora con base en criterios definidos	Semana 6	Equipo de mejora continua
Seleccionar la mejor propuesta	Comparar alternativas	Matriz de decisión	Se evaluaron las alternativas considerando impacto, viabilidad y recursos	Semana 6	Líder del proyecto
Estructurar la propuesta de mejora	Definir enfoque de mejora	PHVA / Lean / Six Sigma	Se estructuró la propuesta bajo principios de	Semana 6	Ingeniero industrial

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
			mejora continua y análisis sistemático		

Nota: Elaboración propia, 2025.

3.4 Metodología para la implementación del proyecto

La metodología para la implementación del proyecto correspondió a la fase Implementar de la metodología DMAIC y tuvo como finalidad establecer el marco metodológico que permitió llevar a la práctica la propuesta de mejora definida para el proceso productivo de harinas en FHACASA (Fábrica de Harinas de Centroamérica S.A.), garantizando su viabilidad técnica, operativa y organizacional.

La implementación de la propuesta se estructuró bajo un enfoque planificado y progresivo, considerando que la aplicación efectiva de las soluciones requería la coordinación de recursos, la definición clara de responsabilidades y el establecimiento de mecanismos de seguimiento. Para ello, se utilizó una metodología basada en planes de acción, los cuales permitieron organizar las actividades necesarias para llevar a cabo la propuesta de mejora de manera ordenada y controlada.

Como parte de las implicaciones metodológicas consideradas, se contempló la necesidad de minimizar el impacto negativo sobre la operación normal de la planta, asegurando que la implementación se realizara de forma gradual y compatible con las actividades productivas existentes. Asimismo, se tomaron en cuenta aspectos relacionados con la disponibilidad de recursos humanos, técnicos y logísticos requeridos para la ejecución de las acciones propuestas.

La metodología de implementación consideró los mecanismos existentes en la organización para la puesta en marcha de nuevas iniciativas, alineando la propuesta con las prácticas internas de gestión y toma de decisiones. De igual manera, se tomó como referencia la aplicación de principios compatibles con sistemas de gestión reconocidos, tales como

prácticas de mejora continua y lineamientos generales asociados a normas de calidad aplicables al sector industrial.

Para reducir riesgos y asegurar la efectividad de la implementación, se contempló la aplicación de una prueba piloto o simulación del nuevo flujo del proceso, lo cual permitió validar de forma controlada las acciones propuestas antes de su aplicación completa. Este enfoque metodológico facilitó la identificación temprana de ajustes necesarios y fortaleció la viabilidad de la propuesta.

El proceso de implementación se estructuró en etapas claramente definidas, iniciando con la planificación detallada de actividades, seguido de la asignación de responsabilidades, la ejecución de las acciones de mejora y la verificación preliminar de su correcta aplicación. Para ello, se emplearon herramientas propias de la gestión de proyectos, tales como cronogramas, diagramas de Gantt y matrices de responsabilidades, las cuales permitieron coordinar las tareas y asegurar el cumplimiento de los plazos establecidos.

Adicionalmente, se incorporaron instrumentos metodológicos para el análisis de los interesados, con el fin de identificar los actores clave involucrados en la implementación, sus roles y su nivel de influencia sobre el proyecto. Este análisis permitió gestionar adecuadamente la participación y aprobación de las diferentes etapas de la implementación.

Finalmente, la metodología de implementación contempló el apoyo logístico necesario, incluyendo la disponibilidad de guías operativas, recursos técnicos y soporte organizacional, así como la definición de los principales hitos del plan de trabajo. Estos elementos aseguraron que la propuesta de mejora pudiera ser implementada de manera estructurada y alineada con los objetivos del proyecto.

Tabla 5. Metodología para la implementación del proyecto (DMAIC – Implementar)

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
Planificar la implementación de la propuesta	Definir plan de acción	Planes de acción	Se establecieron las actividades necesarias para ejecutar la propuesta de mejora	Semana 7	Líder del proyecto
Organizar las actividades de implementación	Programar actividades	Cronograma / Diagrama de Gantt	Se estructuró el cronograma de implementación con tiempos y secuencia de tareas	Semana 7	Ingeniero industrial
Asignar responsabilidades	Definir roles y responsabilidades	Matriz RACI / Stakeholder Analysis	Se identificaron los responsables y actores clave involucrados en la implementación	Semana 8	Líder del proyecto
Validar la propuesta antes de su aplicación total	Ejecutar prueba piloto o simulación	Simulación / Prueba piloto	Se validó la propuesta de mejora de manera controlada	Semana 8	Equipo de mejora continua

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
			antes de su aplicación completa		
Ejecutar la implementación	Aplicar acciones de mejora	Implementación progresiva	Se aplicaron las acciones de mejora según el plan establecido	Semana 9	Supervisor de área / Jefe de producción

Nota: Elaboración propia, 2025.

3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

La metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados correspondió a la fase Controlar de la metodología DMAIC y tuvo como propósito garantizar la sostenibilidad en el tiempo de la propuesta de mejora implementada en el proceso productivo de harinas de FHACASA (Fábrica de Harinas de Centroamérica S.A.).

El proceso de verificación de los entregables, resultados y subproductos del proyecto se estructuró mediante la revisión sistemática del cumplimiento de las actividades definidas en las etapas anteriores, asegurando que las acciones de mejora se hubieran ejecutado conforme a lo planificado. Esta verificación permitió confirmar que la propuesta de mejora se encontraba alineada con los objetivos establecidos y que los resultados obtenidos respondían a las expectativas planteadas en el proyecto.

Para respaldar metodológicamente la verificación de resultados, se utilizaron formatos de control, listas de chequeo y procedimientos documentados, los cuales facilitaron la evaluación objetiva de la correcta aplicación de las soluciones propuestas. Estos instrumentos permitieron estandarizar el proceso de verificación y asegurar la consistencia en la revisión de los resultados obtenidos.

La verificación se organizó de manera secuencial y transversal a las distintas fases del proyecto, asignando responsabilidades claras a los actores involucrados. El líder del proyecto

y el analista de procesos fueron responsables de coordinar las actividades de verificación, mientras que el supervisor de área y el equipo de mejora continua participaron en la validación operativa de las acciones implementadas.

El sistema de control y seguimiento de resultados se fundamentó en el uso de indicadores de desempeño, los cuales permitieron monitorear la estabilidad del proceso y evaluar la permanencia de las mejoras en el tiempo. Estos indicadores se definieron de acuerdo con las variables críticas del proceso productivo y se integraron como parte del control operativo regular de la organización.

Adicionalmente, se realizó un análisis de los riesgos asociados a la implementación de la propuesta de mejora, identificando aquellos factores que podrían afectar la sostenibilidad de la solución. Para mitigar dichos riesgos, se establecieron medidas preventivas y correctivas, tales como la estandarización de procedimientos, la asignación de responsables claros y el seguimiento periódico de los resultados.

Con el fin de consolidar la solución propuesta en el tiempo y evitar el retorno a la situación inicial, se incorporaron mecanismos de aseguramiento basados en la documentación del proceso, la capacitación del personal involucrado y la integración de las mejoras dentro de las prácticas operativas habituales de la empresa. Estas acciones permitieron reforzar la adopción de la propuesta y asegurar su continuidad.

Finalmente, la metodología de control contempló la aplicación de planes de acción correctiva en caso de desviaciones, garantizando que cualquier variación detectada pudiera ser atendida oportunamente y sin comprometer los resultados alcanzados. Este enfoque metodológico permitió cerrar el ciclo DMAIC y asegurar la sostenibilidad de la propuesta de mejora desarrollada en el proyecto.

Tabla 6. Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados (DMAIC – Controlar)

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
Verificar la correcta ejecución de la propuesta	Revisar cumplimiento de actividades	Listas de chequeo / Formatos de control	Se verificó que las actividades se ejecutaran conforme a lo planificado	Semana 10	Líder del proyecto
Asegurar la sostenibilidad de la mejora	Documentar el proceso mejorado	Procedimientos / Guías operativas	Se documentaron los procedimientos para asegurar la permanencia de la mejora	Semana 10	Analista de procesos
Monitorear el desempeño del proceso	Medir indicadores de desempeño	Indicadores / Cuadros de control	Se dio seguimiento al desempeño del proceso mediante indicadores definidos	Semana 11	Supervisor de área
Identificar y mitigar riesgos	Analizar factores de riesgo	Campo de fuerzas / Análisis de riesgos	Se identificaron riesgos y se definieron acciones de mitigación	Semana 11	Equipo de mejora continua
Dar seguimiento continuo a la mejora	Aplicar acciones correctivas	Planes de acción	Se aplicaron acciones correctivas ante posibles desviaciones	Semana 12	Jefe de producción

Nota: Elaboración propia, 2025.

IV. CAPITULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ

4.1 Caracterización del proceso

El proceso analizado corresponde a la secuencia operativa de molienda y empaque de harina en la planta de FHACASA, donde se identificó la presencia de desacoples en el flujo productivo y acumulación de inventario en proceso (WIP) entre etapas. Esta caracterización permite definir las entradas, salidas, actividades principales y variables críticas que intervienen en el comportamiento del sistema, proporcionando la base para la etapa de medición y análisis del DMAIC.

El proceso inicia con la molienda del trigo, donde el grano se limpia, acondiciona y procesa mediante equipos de molienda que operan de manera continua. Posteriormente, la harina pasa a la etapa de mezcla y cernido, y finalmente se transfiere hacia la línea de empaque, donde se dosifica, embolsa y sella en presentaciones de 1 kg, 2 kg y sacos industriales de entre 25 y 50 kilos.

Durante el análisis preliminar se observó que la velocidad de producción de molienda supera la capacidad efectiva de empaque, lo que genera acumulación intermedia y tiempos de espera superiores a lo esperado. Esta acumulación constituye la principal restricción operativa del sistema y afecta el cumplimiento del plan de producción.

SIPOC DEL PROCESO

SIPOC – Proceso de Producción de Harina (AS-IS)

S – Suppliers (Proveedores)

- Proveedor externo de trigo (CMI / Molinos Modernos).
- Área de **Recepción de Materia Prima.**
- Área de **Acondicionamiento.**
- Sistemas de **transporte neumático.**
- Personal de **Operaciones.**

- Departamento de **Mantenimiento** (preventivo y correctivo).
- Departamento de **Calidad** (parámetros, liberación).

I – Inputs (Entradas)

- Trigo limpio y acondicionado.
- Parámetros operativos de molienda.
- Parámetros de mezcla/cernido.
- Parámetros de dosificación y empaque.
- Energía eléctrica.
- Mano de obra operativa.
- Material de empaque (bolsas de 1 kg, 2 kg, 25kg, 50 kg).
- Instrucciones de producción / Plan semanal.

P – Process (Proceso, macroactividades AS-IS)

1. **Molienda:** reducción del grano por rodillos.
2. **Mezcla y Cernido:** homogeneización y separación de partículas.
3. **Transferencia Interna:** envío de harina a tolvas o silos intermedios (WIP).
4. **Dosificación:** medición y preparación del peso a empacar.
5. **Empaque:** llenado, sellado y verificación del producto.
6. **Paletizado:** organización de los sacos/bolsas para despacho.

O – Outputs (Salidas)

- Harina empacada (1 kg, 2 kg, 25kg, 50 kg).
- Reportes de producción por turno.
- Registros de tiempos (ciclo, espera, transferencia).
- Datos de WIP entre molienda y empaque.
- Indicadores: OEE, rendimiento, velocidad, cumplimiento diario/semanal.

C – Customers (Clientes internos y externos)

Clientes internos:

- Área de Distribución.
- Área de Logística / Bodega.
- Departamento de Calidad.
- Departamento de Ventas.

Clientes externos:

- Panaderías.
- Supermercados.
- Industria alimentaria.
- Consumidores finales.

(Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA, 2025).

Con el fin de comprender el funcionamiento actual del sistema productivo analizado, se elaboró un mapa del proceso en su estado actual, conocido como AS-IS. Esta herramienta permite representar de forma visual y estructurada las principales etapas que componen el flujo productivo, así como la relación entre las diferentes actividades involucradas en el proceso.

El mapa del proceso facilita la identificación de cómo se desarrolla actualmente la operación dentro de la empresa FHACASA, permitiendo observar la secuencia de actividades desde la recepción de la materia prima hasta las etapas finales de producción y empaque. Asimismo, esta representación permite detectar posibles puntos de acumulación de producto, tiempos de espera entre etapas y desbalances en la capacidad operativa del sistema.

El análisis del proceso en su estado actual constituye una base fundamental para el desarrollo del diagnóstico del problema, ya que permite comprender el comportamiento del flujo productivo y las interacciones entre las distintas áreas del proceso. A partir de esta

visualización será posible identificar oportunidades de mejora orientadas a optimizar el desempeño del sistema y reducir las ineficiencias detectadas.

En la **Figura 3** se presenta el mapa del proceso correspondiente al estado actual del sistema productivo de la empresa FHACASA.

Figura 3. Mapa de Procesos de FHACASA. El mapa muestra la estructura general del sistema de procesos de la empresa, organizada en procesos estratégicos, misionales, de apoyo y de evaluación/mejora.



Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA, 2025.

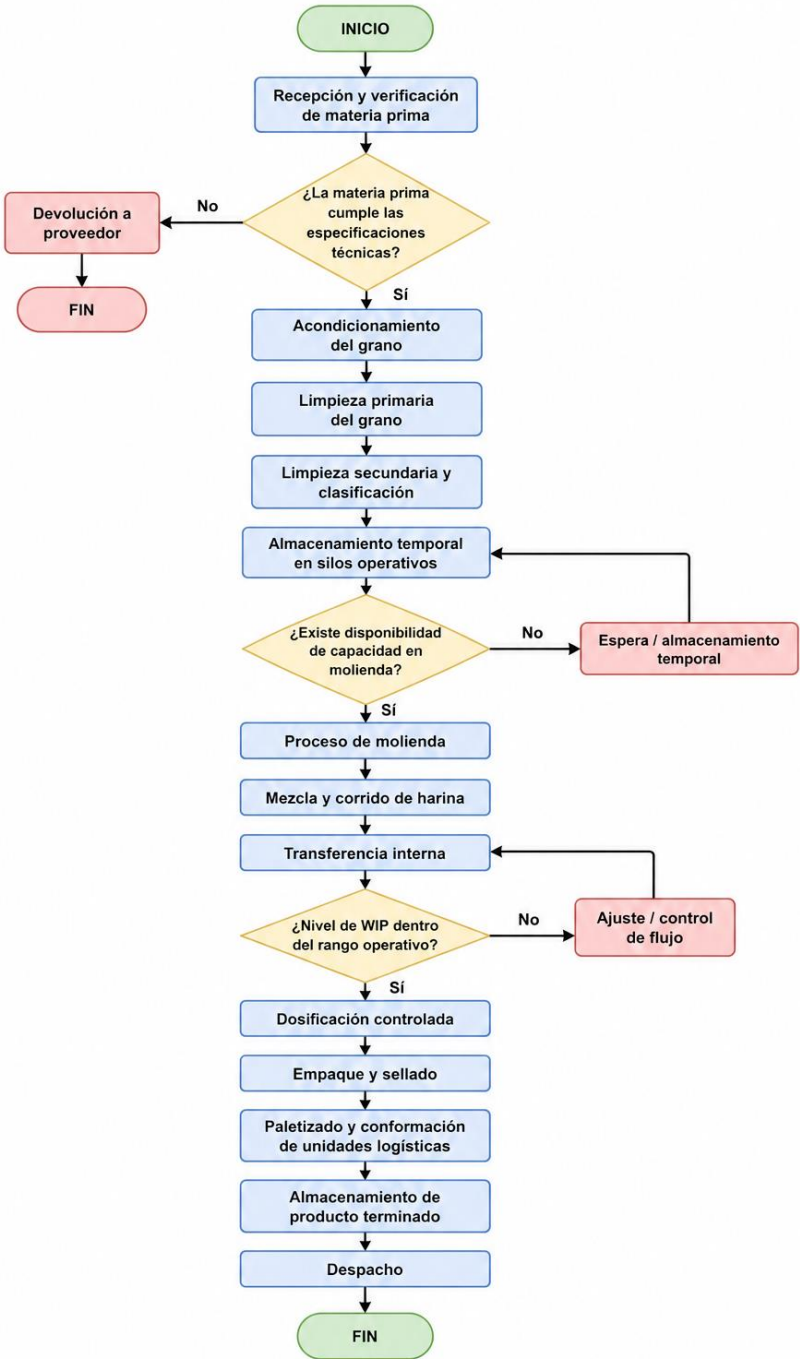
El presente mapa de procesos muestra únicamente la arquitectura macro de la empresa FHACASA. No se incluyen actividades operativas ni descripciones detalladas de cada etapa, ya que esos elementos se desarrollan más adelante mediante el SIPOC, el flujo AS-IS y la caracterización del proceso. De esta forma se evita duplicar información y se mantiene la función del mapa como herramienta de visión global del sistema organizacional.

Con el fin de comprender el funcionamiento actual de la línea de producción de harina en la empresa FHACASA, se elaboró el diagrama de flujo del proceso en su estado actual (AS-

IS). Esta herramienta permite representar de forma gráfica la secuencia de actividades que componen el proceso productivo, así como los puntos de decisión, transferencias y posibles acumulaciones de producto entre etapas.

El análisis del flujo actual facilita la identificación de interacciones entre las operaciones de recepción, acondicionamiento, limpieza, almacenamiento y molienda del grano, permitiendo visualizar cómo se desarrolla el proceso bajo condiciones normales de operación. Esta representación constituye una base para el diagnóstico del sistema productivo, ya que permite detectar posibles ineficiencias, cuellos de botella o desbalances en el flujo entre las distintas etapas del proceso.

Figura 4. Diagrama de flujo del proceso AS-IS de la línea de producción de harina en FHACASA.



Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA, 2025.

El diagrama de flujo AS-IS permite visualizar la estructura actual del proceso productivo y las interacciones entre sus etapas críticas. Su función dentro del diagnóstico es identificar puntos donde se generan acumulaciones, esperas o restricciones de capacidad, facilitando el análisis posterior de causas raíz. Esta representación constituye la base para establecer la línea base operativa y justificar la necesidad de intervención en la sincronización del flujo entre molienda y empaque.

4.2 Recolección de datos

La recolección de datos tuvo como propósito cuantificar el comportamiento real del proceso de producción de harina en FHACASA, con énfasis en la interacción entre las etapas de molienda y empaque. Esta información constituye la línea base del proyecto en la fase *Medir* de la metodología DMAIC y permite sustentar el análisis de causas raíz desarrollado en secciones posteriores.

Para el estudio se trabajó con datos operativos reales de la planta, combinando registros históricos de producción, observación directa en piso y mediciones de tiempos realizadas durante la operación normal del sistema. De esta forma se garantiza que el diagnóstico se base en evidencia cuantitativa y no en percepciones subjetivas del proceso.

¿QUÉ DATOS SE RECOLECTARON?

Se recopilaron cuatro grupos principales de datos, todos directamente relacionados con la causa raíz del proyecto (desbalance de capacidades entre molienda y empaque):

a) Datos productivos (volumen y capacidad real)

- Producción diaria de harina (toneladas).
- Sacos empacados por turno.
- Paros productivos y detenciones no programadas.
- Transferencias reales desde molienda hacia empaque.

b) Datos de tiempo (ritmo del proceso)

- Tiempos de ciclo en molienda.
- Tiempos de ciclo en empaque.

- Tiempos de espera entre recepción de material y arranque de empaque.
- Tiempos de detención por acumulación.

c) Datos de inventario en proceso – WIP

- Cantidad de harina en espera entre molienda y empaque.
- Número de lotes acumulados en tolva/banda de transferencia.

d) Datos de cumplimiento del plan semanal

- Diferencia entre producción planificada y real.
- Indicadores internos de OEE (disponibilidad, rendimiento, calidad).

Tabla 7. Resumen de datos recolectados

Tipo de dato	Variables medidas	Cantidad de registros	Relación con la causa raíz
Datos productivos	Producción diaria (ton), sacos/turno, paros	10 días de registros	Evidencian desbalance entre etapas
Datos de tiempo	Tiempos de ciclo y tiempos de espera	60 mediciones totales	Cuantifican el cuello de botella
WIP	Cantidad acumulada en el buffer	18 registros	Identifican saturación del flujo
Cumplimiento de plan	% cumplimiento, OEE	2 semanas	Confirman impacto del desbalance

Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

¿Cuánto tiempo se recolectaron los datos?

Los datos se recopilaban durante:

10 días consecutivos de operación real,

distribuidos en 3 turnos (mañana, tarde, noche), considerando condiciones normales de producción, días con variación de demanda y días con detenciones.

Tabla 8. Periodo de muestreo

Elemento	Descripción
Periodo total	10 días operativos
Turnos incluidos	3 por día (mañana–tarde–noche)
Total, de horas observadas	~240 horas
Condiciones	Operación normal, variaciones típicas del flujo

Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

¿Cómo se recolectaron los datos? (método y herramientas)

a) Observación directa

- Seguimiento continuo del flujo entre molienda y empaque.
- Identificación de detenciones, saturación y acumulación.

b) Cronometría

- Cronómetro digital para medir tiempos de ciclo y tiempos de espera.
- Mediciones realizadas en 3 turnos para evitar sesgo por operador.

c) Revisión documental

- Formatos diarios de producción.
- Registros históricos de OEE.
- Bitácoras de turno.

d) Validación técnica

- Confirmación de datos con supervisores de molienda y empaque.
- Verificación de coherencia entre tiempos, WIP y paros reportados.

Tabla 9. Herramientas utilizadas

Herramienta	Uso en el proyecto
Cronómetro digital	Tiempos de ciclo y tiempos de espera
Formatos de producción	Volumen, paros, toneladas
Registros internos de OEE	Disponibilidad, rendimiento, calidad
Observación estructurada	Validación del comportamiento del flujo
Bitácoras	Tiempos muertos y fallas no programadas

Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

Todo el conjunto de días, turnos y operaciones de producción durante el periodo de estudio en FHACASA.

Muestra

La muestra utilizada corresponde a:

- **10 días de producción real**
- **3 turnos por día (mañana, tarde y noche)**
- **60 mediciones de tiempo**
- **18 mediciones de WIP**
- **12 datos de OEE**
- **2 semanas de cumplimiento del plan**
- **Nivel de confianza: 95 %**
- **Margen de error: 5 %**

La muestra es intencional: seleccionada porque representa condiciones normales y reales del proceso, tal como lo exige un diagnóstico cuantitativo en Ingeniería Industrial. Para el diagnóstico se consideraron diez días de producción real distribuidos en tres turnos diarios (mañana, tarde y noche), lo que permitió obtener mediciones directas relacionadas con tiempos de proceso, acumulación de inventario en proceso (WIP), desempeño operativo y cumplimiento del plan de producción.

En estudios de diagnóstico industrial este tipo de muestreo es adecuado cuando se busca analizar el comportamiento operativo del sistema en condiciones normales de trabajo. Para efectos metodológicos, el análisis se desarrolla considerando un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 5 %, valores comúnmente utilizados en investigaciones aplicadas dentro del ámbito de la Ingeniería Industrial.

Con el fin de delimitar el alcance del análisis y justificar el tamaño de la muestra utilizada en el estudio, se presenta la relación entre la población total del proceso productivo y la muestra seleccionada para la recolección de datos. Esta comparación permite evidenciar los elementos considerados dentro del periodo de estudio y los registros utilizados para el análisis cuantitativo del proceso.

Tabla 10. Población vs. Muestra

Elemento	Población	Muestra utilizada
Días del periodo	Todos los días del mes	10 días seleccionados
Turnos	Todos los turnos del periodo	3 turnos por día
Producción	Total, mensual	10 registros diarios
Tiempos	Todas las operaciones del mes	60 mediciones
WIP	Todas las acumulaciones del mes	18 registros
Cumplimiento	Todo el historial	2 semanas clave

Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

La recolección de datos proporciona una línea base confiable, suficiente y representativa del comportamiento del proceso. Esta información permite sustentar el análisis cuantitativo de

causas raíz, especialmente el desbalance entre molienda y empaque y la acumulación de inventario en proceso que afecta el cumplimiento del plan.

4.2.1 Datos productivos

Con el propósito de analizar el comportamiento real del flujo productivo entre las etapas de molienda y empaque, se recopilieron datos correspondientes a la producción diaria del proceso durante el periodo de estudio. Esta información permite comparar la producción generada en molienda con la capacidad de empaque disponible y la producción realmente empacada, evidenciando posibles desbalances entre ambas etapas del sistema productivo.

Tabla 11. Producción diaria y transferencia entre molienda y empaque

Día	Producción en molienda (ton/día)	Capacidad teórica de empaque (ton/día)	Producción real empacada (ton/día)	Diferencia (ton)
1	102	95	88	14
2	100	95	90	10
3	105	95	87	18
4	98	95	89	9
5	103	95	86	17
6	101	95	88	13
7	99	95	91	8
8	104	95	87	17
9	100	95	89	11
10	102	95	88	14

Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

Los datos evidencian que la etapa de molienda mantiene una producción superior a la capacidad efectiva de la etapa de empaque. Esta diferencia genera acumulación sistemática de producto en proceso, confirmando un desbalance estructural entre ambas etapas del proceso productivo.

Con el fin de analizar el comportamiento operativo de las principales etapas del proceso productivo, se realizaron mediciones directas de los tiempos de ciclo en las operaciones de molienda y empaque. Estas mediciones permiten identificar el tiempo mínimo, promedio y máximo requerido para completar cada etapa, lo cual facilita comparar el desempeño entre procesos y detectar posibles desbalances en la capacidad operativa del sistema.

Tabla 12. Tiempos de ciclo medidos

Etapas	Tiempo mínimo (min)	Tiempo promedio (min)	Tiempo máximo (min)
Molienda	6.5	7.2	8.0
Empaque	8.9	10.4	12.1

Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

La etapa de empaque presenta tiempos de ciclo mayores y una variabilidad superior respecto a molienda, lo cual restringe la velocidad del sistema completo y define a esta etapa como el cuello de botella del proceso.

Con el fin de analizar las acumulaciones generadas entre las etapas de molienda y empaque, se registraron los tiempos de espera observados durante los distintos turnos de producción. Estas mediciones permiten identificar en qué momentos del día se presentan mayores retrasos en el flujo productivo y evaluar cómo el desbalance entre procesos influye en la generación de material en espera dentro del sistema.

Tabla 13. Tiempos de espera por acumulación

Turno	Tiempo promedio de espera (min/lote)	Máximo observado (min)
Mañana	12	18
Tarde	17	22
Noche	15	20

Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

Los tiempos de espera registrados corresponden a detenciones del flujo provocadas por saturación en empaque. Estas esperas representan tiempo improductivo y confirman la presencia de pérdidas asociadas a actividades que no agregan valor.

Con el objetivo de evaluar el nivel de acumulación de producto entre las etapas de molienda y empaque, se registró el inventario en proceso (WIP) generado durante el periodo de estudio. Estos registros permiten estimar la cantidad de lotes acumulados y su equivalente en toneladas, lo cual facilita identificar el impacto del desbalance entre ambas etapas sobre el flujo productivo del sistema.

Tabla 14. Inventario en proceso entre molienda y empaque

Registro	Lotes acumulados	Toneladas estimadas
1	3	6.0
2	4	8.0
3	5	10.0
4	6	12.0
5	5	10.0
6	6	12.0
7	4	8.0
8	5	10.0
9	6	12.0
10	5	10.0
11	4	8.0
12	6	12.0

13	5	10.0
14	4	8.0
15	6	12.0
16	5	10.0
17	4	8.0
18	6	12.0

Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

La información presentada en la Tabla 14 evidencia una acumulación recurrente de inventario en proceso (WIP) entre las etapas de molienda y empaque, lo que confirma la existencia de un desbalance operativo entre ambas fases del sistema productivo. A lo largo de los 18 registros realizados, la acumulación osciló entre **3 y 6 lotes**, equivalentes a un rango de **6.0 a 12.0 toneladas estimadas**, lo cual demuestra que el flujo de salida de molienda supera de forma sistemática la capacidad real de absorción de la etapa de empaque.

Desde el punto de vista cuantitativo, se obtuvo un promedio de **4.94 lotes acumulados**, equivalente a **9.89 toneladas** de inventario en proceso. Asimismo, la mediana fue de **5 lotes** o **10.0 toneladas**, lo que indica que el comportamiento central de la muestra se concentra alrededor de ese nivel de acumulación. Esto significa que, en condiciones normales de operación, el sistema mantiene de forma frecuente aproximadamente **10 toneladas de producto retenido entre procesos**, sin haber sido transformado en producto terminado.

En términos de frecuencia, los niveles más repetidos fueron **5 y 6 lotes acumulados**, cada uno con **6 apariciones** dentro de los 18 registros, mientras que el nivel de **4 lotes** apareció **5 veces**. Por el contrario, la acumulación mínima de **3 lotes** solo se presentó en **1 ocasión**, lo que evidencia que los niveles bajos de inventario en proceso son poco frecuentes y que la operación tiende más hacia escenarios de acumulación moderada o alta. En términos porcentuales, aproximadamente el **66.7 % de los registros** se concentró entre **5 y 6 lotes**, lo cual refuerza la idea de una restricción persistente en la etapa posterior del proceso.

Adicionalmente, la variabilidad observada no es extrema, pero sí suficientemente constante como para evidenciar un problema estructural. La desviación estándar fue de aproximadamente **0.91 lotes**, equivalente a **1.82 toneladas**, con un coeficiente de variación cercano al **18.4 %**. Esto sugiere que, aunque el comportamiento del WIP presenta ciertas fluctuaciones, la acumulación se mantiene dentro de un patrón relativamente estable, lo que indica que no se trata de eventos aislados, sino de una condición repetitiva del proceso productivo.

Desde una perspectiva operativa, este nivel de inventario en proceso genera múltiples efectos negativos sobre el desempeño del sistema. En primer lugar, incrementa los tiempos de espera entre etapas, ya que el material permanece detenido sin agregar valor. En segundo lugar, dificulta la fluidez del proceso y reduce la capacidad de respuesta ante cambios en la programación. Además, una acumulación constante de producto entre molienda y empaque puede traducirse en mayor presión operativa, necesidad de reajustes internos y posibles riesgos de saturación del área de transferencia.

En síntesis, los datos de la Tabla 14 permiten concluir que la acumulación de WIP no es ocasional, sino una manifestación cuantificable del cuello de botella existente en la etapa de empaque. La permanencia de niveles cercanos a **10 toneladas retenidas** entre procesos confirma que la capacidad del sistema no está balanceada y que el flujo productivo se encuentra limitado por la etapa posterior. Por tanto, este resultado sustenta la necesidad de implementar acciones orientadas al balance de capacidades, control del WIP y estandarización del flujo entre molienda y empaque.

Con el propósito de evaluar el desempeño operativo del proceso productivo, se analizaron los datos correspondientes al cumplimiento del plan de producción y al indicador de eficiencia global de los equipos (OEE) durante el periodo de estudio. Estos indicadores permiten comparar la producción planificada con la producción realmente obtenida, así como valorar el nivel de eficiencia del sistema productivo en condiciones reales de operación.

Tabla 15. Cumplimiento del plan y OEE

Semana	Producción planificada (ton)	Producción real (ton)	Cumplimiento (%)	OEE (%)
1	550	495	90.0	84
2	560	490	87.5	82

Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

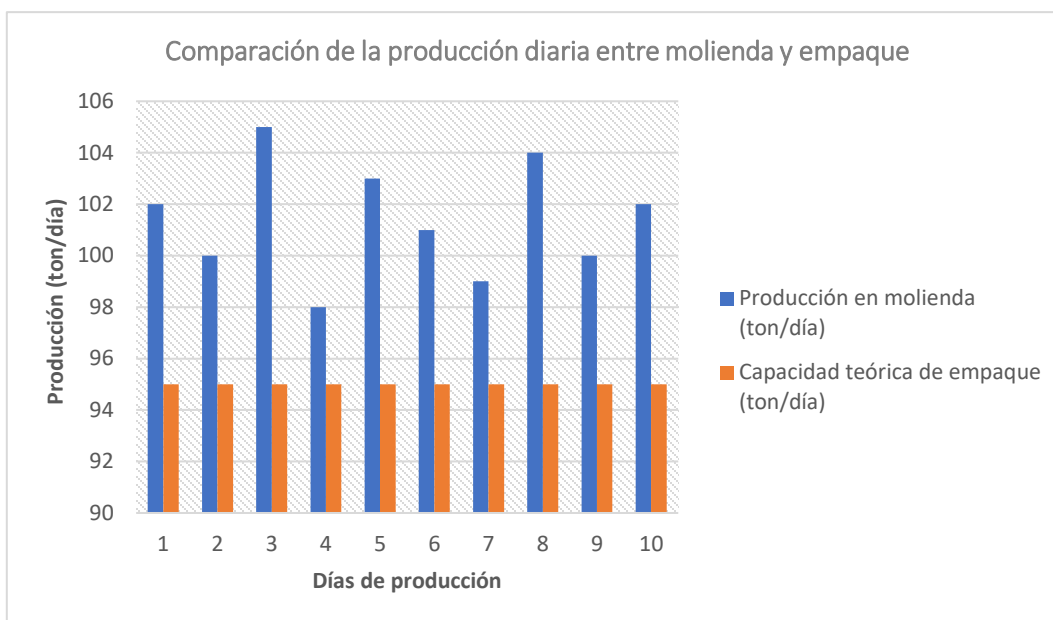
El incumplimiento del plan semanal y la reducción del OEE evidencian que el desbalance entre etapas impacta directamente el desempeño global del proceso y la confiabilidad de la producción.

4.3 Análisis de datos

4.3.1 Análisis descriptivo del desempeño del proceso

El análisis descriptivo del desempeño del proceso tiene como finalidad caracterizar el comportamiento general de la línea de producción de harina en FHACASA, a partir de los datos recolectados durante la fase de medición de la metodología DMAIC. Este análisis permite identificar patrones operativos, variaciones relevantes y diferencias entre las etapas del proceso, sin profundizar aún en las causas que originan dichos comportamientos.

Figura 5. Comparación de la producción diaria entre molienda y empaque



Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

A partir de los registros productivos diarios se observa que la etapa de molienda mantiene de forma constante un nivel de producción superior al volumen procesado por la etapa de empaque. Tal como se muestra en la Tabla 11 y la figura 6, durante los diez días analizados la producción en molienda se mantiene cercana a su capacidad operativa, mientras que la producción empacada presenta valores inferiores, generando una diferencia diaria que se traduce en acumulación de producto en proceso.

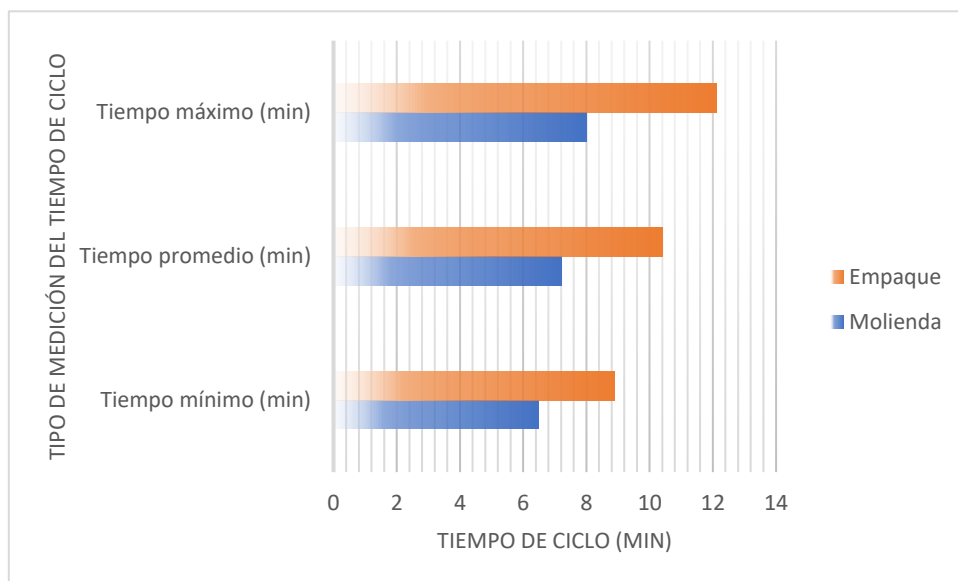
En términos temporales, este comportamiento evidencia una pérdida de continuidad en el flujo productivo, ya que el material procesado en molienda no logra ser evacuado al mismo ritmo por la etapa de empaque. Como resultado, se presentan detenciones, tiempos de espera y saturación del área intermedia entre ambas etapas, afectando la eficiencia del sistema.

Finalmente, el desempeño global del proceso refleja el impacto de este comportamiento operativo. La diferencia sostenida entre la producción generada y la producción empacada incide directamente en el cumplimiento del plan semanal y en la eficiencia global de los equipos (OEE), lo cual confirma que el proceso presenta un desempeño inestable que requiere un análisis más profundo para identificar sus causas raíz.

4.3.2 Análisis de tiempos de ciclo y capacidad

El análisis de tiempos de ciclo y capacidad tiene como objetivo evaluar el desempeño operativo relativo de las etapas de molienda y empaque, con el fin de identificar restricciones que limiten la continuidad del flujo productivo. Para ello, se analizaron los tiempos de ciclo medidos durante la fase de recolección de datos, los cuales representan el ritmo real de operación de cada etapa del proceso.

Figura 6. Comparación de los tiempos de ciclo promedio por etapa



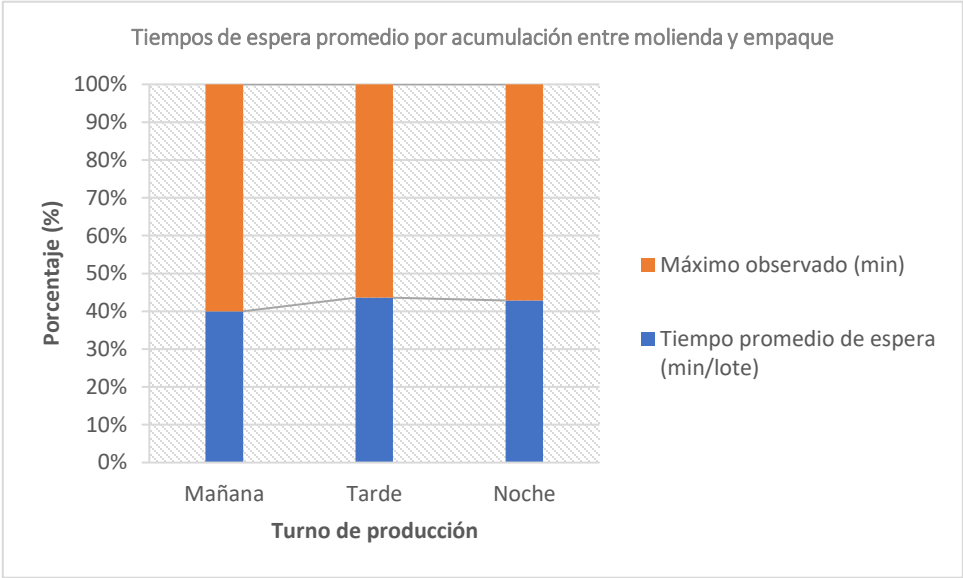
Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

Tal como se observa en la figura 7, la etapa de empaque presenta tiempos de ciclo promedio significativamente mayores en comparación con la etapa de molienda. Mientras molienda mantiene un tiempo de ciclo más corto y estable, la operación de empaque requiere un mayor tiempo para procesar el producto, lo cual reduce su capacidad efectiva frente al resto del sistema. Esta diferencia evidencia un desbalance en el ritmo de operación entre ambas etapas.

Desde el punto de vista de capacidad, la diferencia en los tiempos de ciclo implica que, aun cuando la etapa de molienda es capaz de generar producto a un ritmo superior, el sistema completo no puede operar más rápido que la etapa de empaque. En consecuencia, el desempeño global del proceso queda condicionado por la velocidad de la etapa más lenta, generándose acumulación de producto en proceso y pérdida de continuidad en el flujo.

Adicionalmente, el análisis de los tiempos de espera registrados entre molienda y empaque permite profundizar en el impacto operativo de este desbalance.

Figura 7. Tiempos de espera promedio por acumulación entre molienda y empaque



Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

La figura 8 muestra que los tiempos de espera promedio por acumulación se presentan de manera recurrente en los distintos turnos de operación, con valores más elevados durante los turnos de tarde y noche. Estas esperas corresponden a periodos en los cuales el producto permanece detenido sin agregar valor, como consecuencia de la saturación de la etapa de empaque y la imposibilidad de absorber el volumen generado por molienda.

La combinación de tiempos de ciclo elevados en empaque y tiempos de espera recurrentes entre etapas confirma que el proceso presenta una restricción operativa claramente identificable. Este comportamiento se ve reflejado en la acumulación de inventario en proceso (WIP) y en la pérdida de eficiencia del sistema, afectando la continuidad del flujo y el cumplimiento de los objetivos productivos.

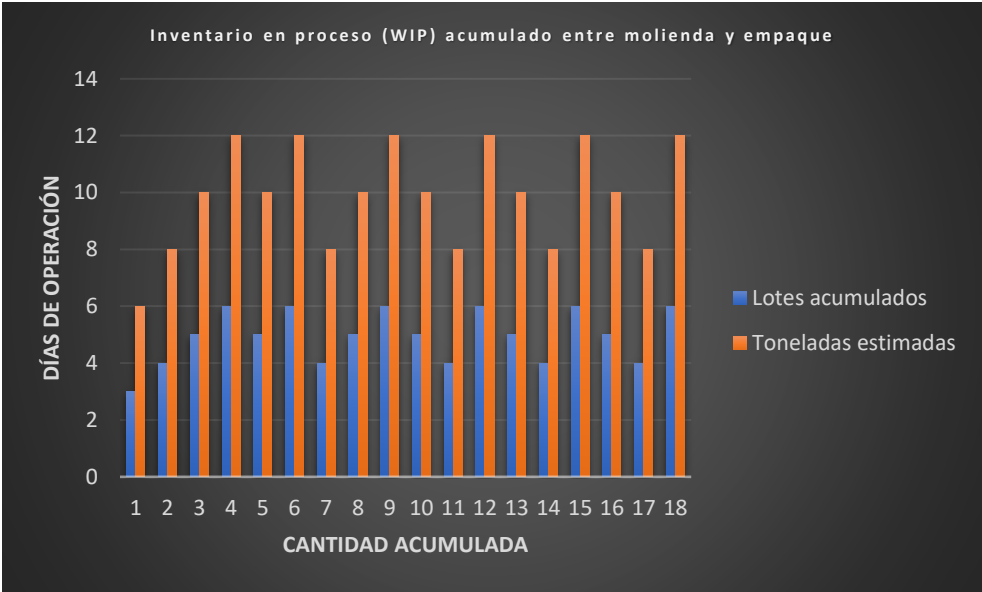
En síntesis, el análisis de tiempos de ciclo y tiempos de espera evidencia que la etapa de empaque limita la capacidad efectiva del proceso productivo, actuando como el principal punto de restricción del sistema. Este hallazgo constituye un insumo clave para el análisis

posterior de inventario en proceso y para la identificación de las causas raíz que originan el desbalance observado.

4.3.3 Análisis de inventario en proceso (WIP)

El análisis del inventario en proceso (WIP) tiene como objetivo evaluar el comportamiento del flujo productivo entre las etapas de molienda y empaque, a partir de la acumulación de material observada durante el periodo de estudio. El WIP constituye un indicador clave para identificar desequilibrios en la capacidad del proceso, ya que refleja la incapacidad del sistema para evacuar el producto al mismo ritmo en que es generado.

Figura 8. Inventario en proceso (WIP) acumulado entre molienda y empaque



Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

Tal como se observa en la figura 9, la acumulación de inventario en proceso se presenta de manera recurrente a lo largo del periodo analizado, con valores que oscilan entre varios lotes y toneladas de producto en espera. Esta acumulación no corresponde a eventos aislados, sino a un comportamiento sistemático del proceso, lo cual evidencia una restricción estructural en la etapa de empaque.

Desde el punto de vista del flujo, el aumento del WIP se traduce en mayores tiempos de espera, ocupación de espacio y pérdida de continuidad en el proceso productivo. El material

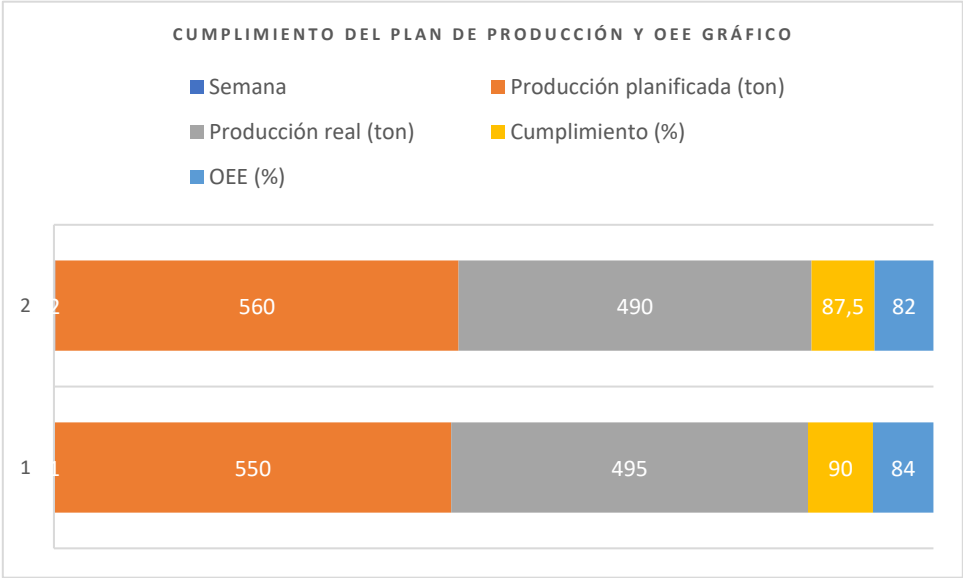
permanece detenido sin agregar valor, generando ineficiencias operativas y aumentando la complejidad de la gestión del proceso.

La relación observada entre los tiempos de ciclo elevados en la etapa de empaque, los tiempos de espera registrados y la acumulación de inventario en proceso confirma que el WIP es una consecuencia directa del desbalance de capacidades entre las etapas del proceso. Este comportamiento refuerza la necesidad de profundizar en el análisis de las causas que originan dicha restricción, las cuales serán abordadas en las secciones posteriores.

4.3.4 Análisis del cumplimiento del plan y desempeño global (OEE)

El análisis del cumplimiento del plan de producción y de la eficiencia global de los equipos (OEE) tiene como objetivo evaluar el impacto del desempeño operativo del proceso sobre los resultados globales del sistema productivo. Estos indicadores permiten dimensionar las consecuencias del desbalance identificado entre las etapas de molienda y empaque, más allá del comportamiento interno del flujo.

Figura 9. Cumplimiento del plan de producción y OEE



Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

Tal como se observa en la figura 10, durante el periodo analizado el proceso presentó niveles de cumplimiento del plan inferiores a lo planificado, así como valores de OEE que reflejan una pérdida de eficiencia global. Esta situación evidencia que el desbalance operativo no solo

genera acumulación y tiempos de espera, sino que también impacta directamente el desempeño productivo y la confiabilidad del sistema.

La diferencia sostenida entre la producción planificada y la producción real indica que la capacidad efectiva del proceso se encuentra limitada por una restricción operativa, la cual condiciona el logro de los objetivos productivos establecidos. De igual forma, la disminución del OEE refleja pérdidas asociadas a disponibilidad, rendimiento y eficiencia, coherentes con los tiempos de espera y la acumulación de inventario en proceso previamente analizados.

En conjunto, estos resultados confirman que el problema identificado tiene un impacto significativo sobre el desempeño global del proceso productivo, justificando la necesidad de profundizar en el análisis de las causas que originan dichas pérdidas, las cuales serán abordadas en la siguiente sección mediante herramientas de priorización.

4.3.5 Análisis de Pareto de causas

El análisis de Pareto se aplicó con el objetivo de identificar y priorizar las principales causas que generan el cuello de botella en la etapa de empaque del proceso productivo de FHACASA. Esta herramienta permite enfocar el análisis en aquellas causas que concentran la mayor parte del impacto operativo, bajo el principio de que un número reducido de factores es responsable de la mayor proporción del problema.

A partir de los datos recolectados durante la fase de medición, se identificaron nueve causas asociadas al desbalance del flujo productivo. Estas causas fueron cuantificadas en términos de eventos de impacto operativo registrados durante el periodo de análisis, y posteriormente ordenadas de mayor a menor frecuencia para la construcción del diagrama de Pareto.

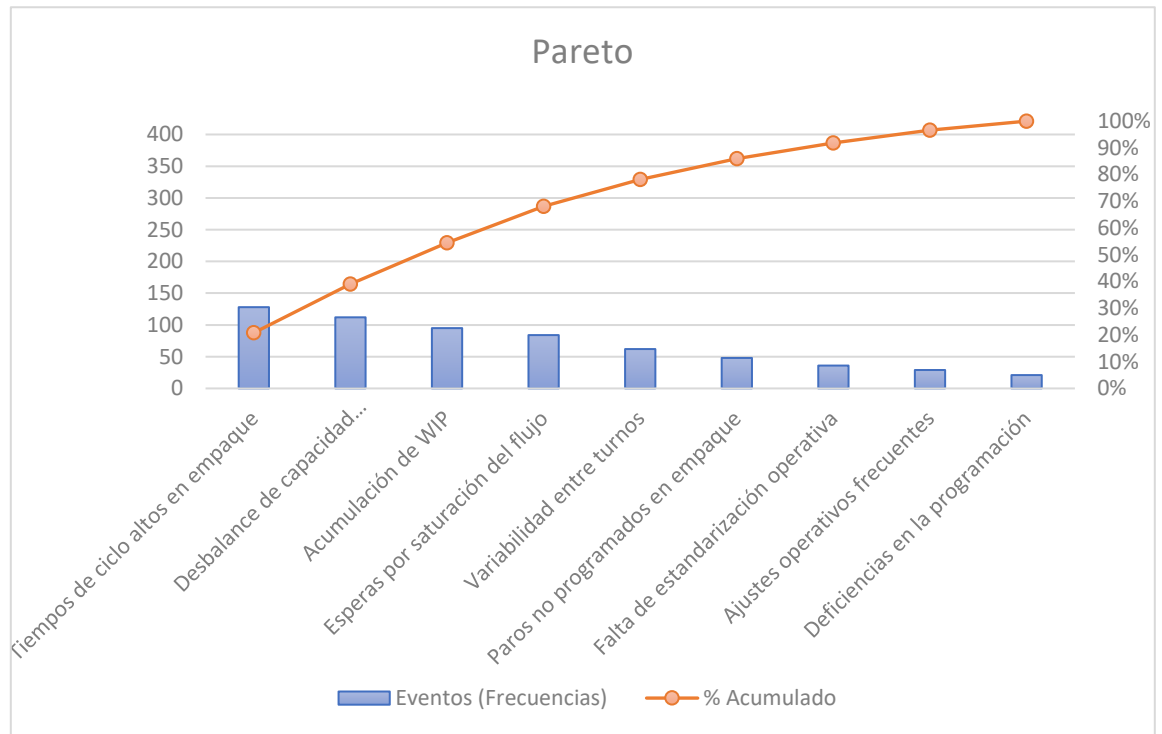
Tabla 16. Priorización de causas del cuello de botella (Pareto)

Causas de cuello de botella	Eventos (Frecuencias)	% Acumulado
Tiempos de ciclo altos en empaque	128	21%
Desbalance de capacidad molienda–empaque	112	39%
Acumulación de WIP	95	54%

Causas de cuello de botella	Eventos (Frecuencias)	% Acumulado
Esperas por saturación del flujo	84	68%
Variabilidad entre turnos	62	78%
Paros no programados en empaque	48	86%
Falta de estandarización operativa	36	92%
Ajustes operativos frecuentes	29	97%
Deficiencias en la programación	21	100%

Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

Figura 10.Diagrama de Pareto de causas del cuello de botella en la etapa de empaque



Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

Tal como se observa en la Tabla 12 y en el diagrama de Pareto, las cuatro primeras causas concentran aproximadamente el 80 % del total de eventos registrados, lo que confirma la

validez del enfoque 80/20 en el comportamiento del proceso. Estas causas corresponden a: tiempos de ciclo altos en la etapa de empaque, desbalance de capacidad entre molienda y empaque, acumulación de inventario en proceso (WIP) y esperas por saturación del flujo. La elevada participación de estas causas evidencia que el problema no se distribuye de manera homogénea, sino que se origina principalmente en un conjunto reducido de factores críticos.

La causa con mayor impacto corresponde a los tiempos de ciclo altos en empaque, lo cual refuerza los hallazgos obtenidos en el análisis de tiempos de ciclo y capacidad. Este resultado indica que la velocidad de operación de la etapa de empaque limita el ritmo del sistema productivo, generando acumulación de material y tiempos de espera aguas arriba del proceso. De forma complementaria, el desbalance de capacidad entre molienda y empaque aparece como la segunda causa más relevante, confirmando que la capacidad efectiva del sistema se encuentra condicionada por la etapa más lenta.

Asimismo, la acumulación de WIP y las esperas por saturación del flujo se identifican como manifestaciones recurrentes del desbalance operativo. Estas condiciones generan tiempo improductivo, aumentan la congestión del área intermedia y provocan interrupciones del flujo, afectando la eficiencia y la estabilidad del proceso.

Las causas restantes —**variabilidad entre turnos, paros no programados, falta de estandarización, ajustes frecuentes y deficiencias en la programación**— presentan una contribución individual menor. Sin embargo, su efecto acumulado representa un porcentaje relevante del impacto total, por lo que deben considerarse como factores secundarios que incrementan la variabilidad del proceso y dificultan el control operativo.

En síntesis, el análisis de Pareto permite identificar de manera objetiva las causas críticas del cuello de botella en la etapa de empaque y delimitar los factores prioritarios sobre los cuales debe enfocarse el análisis causa–efecto y la profundización de causa raíz. Este resultado establece una base sólida para el desarrollo del diagrama de Ishikawa y el análisis mediante la técnica de los cinco porqués.

4.3.6 Análisis causa–efecto (Ishikawa)

Con base en los resultados obtenidos en el análisis de Pareto, se desarrolló un análisis causa–efecto mediante la herramienta del diagrama de Ishikawa, con el objetivo de estructurar y

comprender de manera integral los factores que contribuyen al cuello de botella identificado en la etapa de empaque del proceso productivo de FHACASA. Esta herramienta permite visualizar las relaciones entre causas potenciales y el problema central, facilitando la identificación de interacciones entre factores operativos, organizacionales y técnicos.

Figura 11.Diagrama causa–efecto del cuello de botella en la etapa de empaque



Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

El diagrama de Ishikawa fue construido considerando como efecto principal el cuello de botella en la etapa de empaque, y organizando las causas identificadas en ocho categorías principales: método, máquina, mano de obra, material, medición, medio ambiente, planificación/programación y gestión/organización. Esta clasificación permite un análisis sistémico del problema, evitando una visión aislada o fragmentada de las causas.

En la categoría método, se identificaron factores relacionados con la falta de estandarización operativa, la realización frecuente de ajustes durante la operación y la ausencia de una secuencia de trabajo optimizada. Estas condiciones generan variabilidad en el proceso y dificultan la estabilidad del flujo productivo, especialmente en la etapa de empaque.

Desde el enfoque de máquina, destacan los tiempos de ciclo elevados en los equipos de empaque, así como la presencia de paros no programados y una capacidad nominal que resulta inferior a la demanda generada por la etapa de molienda. Estas condiciones refuerzan la restricción operativa y limitan la capacidad efectiva del sistema.

En cuanto a la mano de obra, se evidenció variabilidad en el desempeño entre turnos y operadores, así como dependencia del ajuste manual de los equipos, lo que introduce inconsistencias en el ritmo de operación. La falta de capacitación específica en balance de línea y control del flujo contribuye a esta variabilidad.

La categoría material agrupa causas relacionadas con la acumulación de inventario en proceso (WIP), el flujo irregular de producto hacia empaque y la saturación de las tolvas o bandas de transferencia. Estas condiciones son consecuencia directa del desbalance entre etapas y amplifican los tiempos de espera y la congestión del área de trabajo.

En la dimensión de medición, se identificó una limitada visibilidad del desempeño del cuello de botella, asociada a la ausencia de indicadores en tiempo real y a un monitoreo reactivo de los tiempos de ciclo y del WIP. Esta falta de información oportuna dificulta la toma de decisiones preventivas y el control del proceso.

Respecto al medio ambiente o entorno, la congestión del área de empaque y las limitaciones de espacio físico derivadas de la acumulación de material afectan el desplazamiento, la seguridad y el ritmo operativo, incrementando la probabilidad de interrupciones y pérdidas de eficiencia.

En la categoría de planificación y programación, se identificó un desalineamiento entre el plan de producción de molienda y la capacidad real de la etapa de empaque, así como cambios frecuentes en las prioridades productivas. La falta de sincronización entre áreas contribuye a la generación del cuello de botella y a la inestabilidad del flujo.

Finalmente, desde la perspectiva de gestión y organización, se evidenció una respuesta predominantemente reactiva ante la restricción operativa, con un enfoque orientado al cumplimiento de volumen más que al balance del flujo. La ausencia de una gestión explícita de la restricción limita la efectividad de las acciones correctivas y perpetúa el problema en el tiempo.

En síntesis, el análisis causa–efecto evidencia que el cuello de botella en la etapa de empaque no responde a una única causa aislada, sino a la interacción de múltiples factores técnicos, operativos y organizacionales. Este resultado permite orientar el análisis posterior de causa raíz mediante la técnica de los cinco porqués, enfocándose en las causas críticas identificadas y facilitando la definición de acciones de mejora sostenibles.

4.3.7 Análisis de causa raíz (5 Porqués)

El análisis de causa raíz se desarrolló mediante la técnica de los cinco porqués, aplicada a las causas críticas identificadas en el análisis de Pareto y estructuradas previamente en el diagrama de Ishikawa. Esta técnica permitió profundizar de manera sistemática en el origen de las principales problemáticas que generan el cuello de botella en la etapa de empaque, con el objetivo de identificar causas raíz accionables y coherentes con el comportamiento observado del proceso.

Primera causa

¿Por qué los tiempos de ciclo son elevados?

Al profundizar en esta problemática, se determinó que los tiempos de ciclo son elevados porque la operación de empaque requiere más tiempo por unidad producida en comparación con otras etapas del proceso.

¿Por qué la operación requiere más tiempo?

Al analizar esta situación, se identificó que dicho incremento en el tiempo se debe a la realización frecuente de ajustes manuales durante la operación.

¿Por qué se realizan ajustes manuales?

Estos ajustes se efectúan porque el método de trabajo no se encuentra estandarizado, lo que obliga a los operadores a adaptar la operación según las condiciones del momento.

¿Por qué no está estandarizado el método?

A su vez, la falta de estandarización responde a la ausencia de procedimientos operativos documentados y validados para la etapa de empaque.

¿Por qué no existen estos procedimientos?

Finalmente, se identificó que la inexistencia de estos procedimientos se debe a que no se ha implementado una gestión formal orientada al control y mejora continua del proceso de empaque.

La primera causa analizada corresponde a los tiempos de ciclo elevados en la etapa de empaque. Al profundizar en esta problemática, se determinó que los tiempos de ciclo son elevados porque la operación de empaque requiere más tiempo por unidad producida en comparación con otras etapas del proceso. Al analizar esta situación, se identificó que dicho incremento en el tiempo se debe a la realización frecuente de ajustes manuales durante la operación. Estos ajustes se efectúan porque el método de trabajo no se encuentra estandarizado, lo que obliga a los operadores a adaptar la operación según las condiciones del momento. A su vez, la falta de estandarización responde a la ausencia de procedimientos operativos documentados y validados para la etapa de empaque. Finalmente, se identificó que la inexistencia de estos procedimientos se debe a que no se ha implementado una gestión formal orientada al control y mejora continua del proceso de empaque. De esta manera, se concluye que la causa raíz de los tiempos de ciclo elevados es la falta de una gestión estructurada del método de trabajo en dicha etapa.

Segunda causa

¿Por qué existe un desbalance de capacidad?

Este desbalance se presenta porque la capacidad efectiva de la etapa de empaque es inferior al volumen generado por la etapa de molienda.

¿Por qué la capacidad de empaque es menor?

Al profundizar en esta situación, se determinó que la capacidad de empaque es menor debido a que su ritmo de operación está condicionado por tiempos de ciclo más largos y una mayor variabilidad operativa.

¿Por qué existe variabilidad operativa?

Esta variabilidad se origina en la ausencia de un balance de línea que considere la capacidad real de cada etapa del proceso.

¿Por qué no hay balance de línea?

A su vez, la falta de balance de línea se explica por una planificación de la producción que prioriza el cumplimiento de volúmenes en molienda sin sincronizar adecuadamente la capacidad de empaque.

¿Por qué la planificación no sincroniza el proceso?

Finalmente, esta falta de sincronización se debe a que la planificación no incorpora de manera sistemática la restricción del sistema como elemento central de la toma de decisiones.

La segunda causa analizada corresponde al desbalance de capacidad entre las etapas de molienda y empaque. Este desbalance se presenta porque la capacidad efectiva de la etapa de empaque es inferior al volumen generado por la etapa de molienda. Al profundizar en esta situación, se determinó que la capacidad de empaque es menor debido a que su ritmo de operación está condicionado por tiempos de ciclo más largos y una mayor variabilidad operativa. Esta variabilidad se origina en la ausencia de un balance de línea que considere la capacidad real de cada etapa del proceso. A su vez, la falta de balance de línea se explica por una planificación de la producción que prioriza el cumplimiento de volúmenes en molienda sin sincronizar adecuadamente la capacidad de empaque. Finalmente, esta falta de sincronización se debe a que la planificación no incorpora de manera sistemática la restricción del sistema como elemento central de la toma de decisiones. En consecuencia, la causa raíz del desbalance de capacidad es una planificación de la producción que no considera la capacidad real de la etapa restrictiva.

Tercera causa

¿Por qué se acumula el WIP?

Esta acumulación ocurre porque el producto generado en molienda no puede ser evacuado al mismo ritmo por la etapa de empaque.

¿Por qué no se evacúa al mismo ritmo?

Al profundizar en esta situación, se identificó que el WIP se incrementa como resultado directo de los tiempos de ciclo elevados y de la menor capacidad efectiva de empaque.

¿Por qué no se controla esta acumulación?

A su vez, la acumulación se ve reforzada por la falta de mecanismos de control que limiten la producción aguas arriba cuando la etapa de empaque se encuentra saturada.

¿Por qué no existen mecanismos de control?

Esta ausencia de control se debe a que no existen indicadores operativos en tiempo real que alerten sobre la saturación del flujo.

¿Por qué no hay indicadores en tiempo real?

Finalmente, la inexistencia de estos indicadores responde a una gestión reactiva del proceso, orientada a responder a los efectos del problema y no a prevenirlos.

La tercera causa analizada es la acumulación de inventario en proceso entre molienda y empaque. Esta acumulación ocurre porque el producto generado en molienda no puede ser evacuado al mismo ritmo por la etapa de empaque. Al profundizar en esta situación, se identificó que el WIP se incrementa como resultado directo de los tiempos de ciclo elevados y de la menor capacidad efectiva de empaque. A su vez, la acumulación se ve reforzada por la falta de mecanismos de control que limiten la producción aguas arriba cuando la etapa de empaque se encuentra saturada. Esta ausencia de control se debe a que no existen indicadores operativos en tiempo real que alerten sobre la saturación del flujo. Finalmente, la inexistencia de estos indicadores responde a una gestión reactiva del proceso, orientada a responder a los efectos del problema y no a prevenirlos. Por lo tanto, la causa raíz de la acumulación de WIP es la ausencia de un control operativo preventivo basado en la gestión de la restricción.

Cuarta causa

¿Por qué se generan tiempos de espera?

Estos tiempos de espera se producen porque el material permanece detenido entre etapas cuando la capacidad de empaque es superada.

¿Por qué se supera la capacidad de empaque?

Al analizar esta situación, se determinó que las esperas ocurren debido a la congestión del área de empaque y a la acumulación de inventario en proceso.

¿Por qué hay congestión?

Esta congestión se ve incrementada por la falta de una coordinación efectiva entre las áreas de molienda y empaque.

¿Por qué no hay coordinación?

A su vez, la falta de coordinación se explica por una gestión organizacional fragmentada, donde cada área optimiza su desempeño de manera independiente.

¿Por qué existe una gestión fragmentada?

Finalmente, esta fragmentación se origina en la ausencia de una visión integral del proceso como un sistema interdependiente.

La cuarta causa analizada corresponde a los tiempos de espera generados por la saturación del flujo productivo. Estos tiempos de espera se producen porque el material permanece detenido entre etapas cuando la capacidad de empaque es superada. Al analizar esta situación, se determinó que las esperas ocurren debido a la congestión del área de empaque y a la acumulación de inventario en proceso. Esta congestión se ve incrementada por la falta de una coordinación efectiva entre las áreas de molienda y empaque. A su vez, la falta de coordinación se explica por una gestión organizacional fragmentada, donde cada área optimiza su desempeño de manera independiente. Finalmente, esta fragmentación se origina en la ausencia de una visión integral del proceso como un sistema interdependiente. En consecuencia, la causa raíz de los tiempos de espera es una gestión organizacional que no prioriza el flujo global del proceso.

Quinta causa

¿Por qué existe variabilidad entre turnos?

Esta variabilidad se presenta debido a diferencias en el ritmo de trabajo, la forma de operar los equipos y la toma de decisiones durante la operación diaria.

¿Por qué los operadores trabajan diferente?

Al profundizar en esta situación, se identificó que dichas diferencias se originan porque los operadores aplican criterios distintos para ejecutar las mismas tareas.

¿Por qué aplican criterios distintos?

A su vez, esta falta de uniformidad se debe a la ausencia de procedimientos estandarizados y a una capacitación no homogénea entre turnos.

¿Por qué no hay capacitación homogénea?

La inexistencia de una capacitación estructurada responde a que no se cuenta con un sistema formal de gestión del conocimiento operativo.

¿Por qué no existe ese sistema?

Finalmente, la falta de dicho sistema se explica por una gestión organizacional enfocada en la continuidad de la producción, pero no en la estandarización y control del desempeño operativo.

La quinta causa analizada corresponde a la variabilidad operativa entre turnos. Esta variabilidad se presenta debido a diferencias en el ritmo de trabajo, la forma de operar los equipos y la toma de decisiones durante la operación diaria. Al profundizar en esta situación, se identificó que dichas diferencias se originan porque los operadores aplican criterios distintos para ejecutar las mismas tareas. A su vez, esta falta de uniformidad se debe a la ausencia de procedimientos estandarizados y a una capacitación no homogénea entre turnos. La inexistencia de una capacitación estructurada responde a que no se cuenta con un sistema formal de gestión del conocimiento operativo. Finalmente, la falta de dicho sistema se explica por una gestión organizacional enfocada en la continuidad de la producción, pero no en la estandarización y control del desempeño operativo. En consecuencia, la causa raíz de la variabilidad entre turnos es la ausencia de una gestión sistemática de estandarización y capacitación del personal.

En síntesis, el análisis de los cinco porqués permitió identificar que las causas críticas del cuello de botella en la etapa de empaque tienen su origen en factores de gestión, planificación y estandarización, más que en fallas aisladas de operación o de equipo. Estas causas raíz explican de manera coherente el comportamiento observado en los análisis de tiempos,

inventario en proceso, cumplimiento del plan y eficiencia global del sistema, y constituyen la base para la definición de acciones de mejora orientadas a eliminar la restricción del proceso.

4.4 Diagnóstico

El diagnóstico desarrollado a partir de la fase de medición y análisis permite establecer, con base en evidencia cuantitativa y herramientas reconocidas de la Ingeniería Industrial, que el proceso productivo de FHACASA presenta un problema estructural de desempeño asociado a un cuello de botella en la etapa de empaque. Dicho cuello de botella condiciona el flujo global del proceso, limita la capacidad efectiva del sistema y afecta de manera directa el cumplimiento de los objetivos productivos establecidos por la organización.

La caracterización del proceso y la recolección de datos permitieron definir una línea base confiable del comportamiento real del sistema, sustentada en registros de producción, mediciones de tiempos de ciclo, tiempos de espera, niveles de inventario en proceso y datos de cumplimiento del plan y OEE. Estos datos reflejan condiciones normales de operación y, por tanto, representan de manera adecuada la situación actual del proceso productivo.

El análisis descriptivo del desempeño del proceso evidenció que existe una falta de sincronización entre las etapas de molienda y empaque, manifestada en diferencias significativas en el ritmo de operación. Esta situación fue confirmada mediante el análisis de tiempos de ciclo, el cual demostró que la etapa de empaque opera con tiempos de ciclo promedio superiores a los de molienda, generando un desbalance de capacidades que impide al sistema operar de manera continua y estable. En consecuencia, la capacidad global del proceso queda determinada por la etapa de empaque, actuando esta como la principal restricción del sistema.

Como efecto directo de este desbalance, el análisis del inventario en proceso (WIP) evidenció una acumulación recurrente de material entre las etapas de molienda y empaque. Esta acumulación no corresponde a eventos aislados o circunstanciales, sino a un patrón sistemático de saturación del flujo, lo cual indica que el proceso no logra evacuar el producto al mismo ritmo en que es generado. La presencia de WIP elevado incrementa los tiempos de

espera, ocupa espacio físico, dificulta la gestión operativa y genera pérdidas asociadas a actividades que no agregan valor.

El impacto del cuello de botella sobre el desempeño global del proceso fue confirmado mediante el análisis del cumplimiento del plan de producción y del indicador de eficiencia global de los equipos (OEE). Los resultados obtenidos muestran desviaciones recurrentes entre la producción planificada y la producción real, así como niveles de OEE que reflejan pérdidas en disponibilidad, rendimiento y eficiencia. Estos indicadores demuestran que el problema identificado trasciende el ámbito operativo local y afecta directamente la confiabilidad y la eficiencia del sistema productivo en su conjunto.

La aplicación del análisis de Pareto permitió priorizar las causas que generan la mayor proporción del impacto operativo, identificando que un número reducido de factores concentra la mayor parte del problema. Entre las causas críticas se encuentran los tiempos de ciclo elevados en la etapa de empaque, el desbalance de capacidad entre molienda y empaque, la acumulación de inventario en proceso, las esperas por saturación del flujo y la variabilidad operativa entre turnos. Estas causas explican de manera consistente el comportamiento observado en los análisis de tiempos, inventarios y desempeño global.

El análisis causa–efecto, desarrollado mediante el diagrama de Ishikawa, permitió estructurar dichas causas dentro de un enfoque sistémico, evidenciando la interacción entre factores asociados al método de trabajo, la capacidad de los equipos, la mano de obra, la planificación, la medición y la gestión organizacional. Este análisis demostró que el cuello de botella no es consecuencia de una única falla puntual, sino del efecto combinado de múltiples factores que actúan de manera simultánea sobre la etapa de empaque.

La profundización mediante la técnica de los cinco porqués permitió identificar las causas raíz que originan las problemáticas priorizadas. Los resultados de este análisis evidencian que las causas raíz del cuello de botella se encuentran principalmente en deficiencias de gestión del proceso, más que en limitaciones técnicas aisladas. En particular, se identificó la ausencia de estandarización del método de trabajo en la etapa de empaque, una planificación de la producción que no considera la capacidad real de la etapa restrictiva, la falta de control

preventivo del flujo y una gestión organizacional orientada al cumplimiento de volumen sin priorizar el balance del sistema.

En síntesis, el diagnóstico confirma que el proceso productivo de FHACASA presenta un cuello de botella estructural en la etapa de empaque, cuyo origen es sistémico y recurrente. Este problema se manifiesta en desbalances de capacidad, acumulación de inventario en proceso, tiempos de espera elevados, variabilidad operativa y pérdidas de eficiencia global. La evidencia cuantitativa y el análisis realizado justifican plenamente la necesidad de implementar una propuesta de mejora orientada a la gestión de la restricción, el balance de capacidades y la estandarización del proceso, con el fin de mejorar el desempeño global del sistema productivo.

4.5 Conclusiones

El análisis del proceso productivo evidencia la presencia de un desbalance operativo entre las etapas de molienda y empaque que limita el desempeño global del sistema. Los datos de producción indican que la etapa de molienda genera producto a un ritmo mayor que la capacidad de procesamiento de empaque, lo que provoca interrupciones en la continuidad del flujo productivo y genera acumulaciones recurrentes de inventario en proceso entre ambas operaciones. Como consecuencia, se incrementan los tiempos de espera y se produce saturación en el área de transferencia, lo que aumenta el tiempo improductivo y afecta negativamente la eficiencia operativa del sistema. A nivel de resultados, el cuello de botella impacta el cumplimiento del plan de producción y se refleja en pérdidas del OEE, confirmando que el problema no es solo local, sino que afecta directamente la confiabilidad y rendimiento del proceso completo. La priorización mediante Pareto permitió identificar que la mayor parte del impacto se concentra en pocas causas, destacándose los tiempos de ciclo altos en empaque, el desbalance de capacidad, el WIP acumulado, las esperas por saturación y la variabilidad entre turnos. Finalmente, el análisis causal (Ishikawa y 5 Porqués) muestra que estas manifestaciones no se explican por una falla aislada, sino por condiciones de operación y gestión: falta de estandarización, planificación que no considera la capacidad real de la restricción y ausencia de control preventivo del flujo, lo que mantiene el problema activo de forma repetitiva.

4.6 Principales hallazgos

- El proceso productivo de FHACASA presenta un cuello de botella estructural en la etapa de empaque, el cual limita la capacidad efectiva del sistema y condiciona el desempeño global del proceso.
- Existe un desbalance significativo entre la capacidad de las etapas de molienda y empaque, evidenciado por diferencias en los tiempos de ciclo y en el ritmo de operación de ambas etapas.
- La etapa de empaque opera con tiempos de ciclo superiores a los de molienda, actuando como la principal restricción del sistema y determinando la velocidad de salida del proceso productivo.
- El desbalance de capacidades genera acumulación recurrente de inventario en proceso (WIP) entre las etapas de molienda y empaque, afectando la continuidad del flujo y aumentando los tiempos de espera.
- La acumulación de WIP y la saturación del flujo provocan tiempos improductivos, congestión del área de empaque y pérdida de eficiencia operativa.
- El cumplimiento del plan de producción se ve afectado de manera recurrente, evidenciando que la capacidad real del proceso es inferior a la planificada.
- Los valores de eficiencia global de los equipos (OEE) reflejan pérdidas asociadas a disponibilidad, rendimiento y eficiencia, coherentes con la presencia del cuello de botella y la variabilidad operativa observada.
- El análisis de Pareto permitió identificar que un número reducido de causas concentra la mayor proporción del impacto operativo, destacándose los tiempos de ciclo elevados en empaque, el desbalance de capacidad, la acumulación de WIP, las esperas por saturación del flujo y la variabilidad entre turnos.
- El análisis causa–efecto evidenció que el cuello de botella es resultado de la interacción de múltiples factores relacionados con el método de trabajo, la capacidad

de los equipos, la mano de obra, la planificación, la medición y la gestión organizacional.

- El análisis de causa raíz mediante la técnica de los cinco porqués determinó que las principales causas del problema se encuentran asociadas a deficiencias en la estandarización operativa, en la planificación de la producción y en la gestión del flujo, más que a fallas técnicas aisladas.
- La situación actual del proceso evidencia la necesidad de implementar acciones de mejora orientadas al balance de capacidades, la gestión efectiva de la restricción y la estandarización del método de trabajo, con el fin de mejorar el desempeño global del sistema productivo.

V. CAPITULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 Diseño general de la solución propuesta

El diseño de la solución propuesta se fundamenta directamente en los hallazgos obtenidos durante el diagnóstico de la situación actual, donde se identificó que el problema principal del proceso productivo de FHACASA corresponde a un cuello de botella estructural en la etapa de empaque. Dicho cuello de botella no responde a una falla puntual, sino a la interacción de factores relacionados con el método de trabajo, el desbalance de capacidad entre etapas, la planificación de la producción y la falta de control efectivo del flujo.

Bajo este contexto, la solución planteada no se concibe como una acción aislada, sino como un diseño integral de mejora del proceso, orientado a eliminar o reducir la restricción identificada y a estabilizar el desempeño global del sistema. El enfoque de la propuesta se basa en principios propios de la Ingeniería Industrial, tales como el balance de capacidades, la estandarización de operaciones, la gestión del flujo productivo y el control sistemático del desempeño.

El diseño de la solución considera tanto la realidad operativa actual de la empresa como la viabilidad de implementación, priorizando acciones que puedan ser ejecutadas con los

recursos disponibles y que generen un impacto medible en las variables críticas del proceso. En este sentido, la propuesta busca mejorar el rendimiento de la etapa de empaque, reducir la acumulación de inventario en proceso, disminuir los tiempos de espera y aumentar el cumplimiento del plan de producción, sin comprometer la estabilidad del sistema.

Asimismo, el diseño de la solución incorpora desde su concepción los elementos necesarios para asegurar su sostenibilidad en el tiempo. Esto incluye la definición de métodos estandarizados, la alineación de la planificación con la capacidad real del proceso, y el establecimiento de mecanismos de control que permitan monitorear el desempeño y prevenir la reaparición del problema. De esta forma, la propuesta no solo aborda los efectos visibles del cuello de botella, sino también las causas raíz que lo originan.

En las secciones siguientes se presenta el desarrollo detallado de la propuesta de mejora, estableciendo la relación entre las causas raíz identificadas y las soluciones planteadas, así como el plan de implementación, la evaluación del impacto esperado y los mecanismos de control necesarios para garantizar la permanencia de las mejoras en el tiempo.

5.2 Objetivo de la propuesta de mejora

El diseño de la solución propuesta se fundamenta directamente en los hallazgos obtenidos durante el diagnóstico de la situación actual, donde se identificó que el problema principal del proceso productivo de FHACASA corresponde a un cuello de botella estructural en la etapa de empaque. Dicho cuello de botella no responde a una falla puntual, sino a la interacción de factores relacionados con el método de trabajo, el desbalance de capacidad entre etapas, la planificación de la producción y la falta de control efectivo del flujo.

Bajo este contexto, la solución planteada no se concibe como una acción aislada, sino como un diseño integral de mejora del proceso, orientado a eliminar o reducir la restricción identificada y a estabilizar el desempeño global del sistema. El enfoque de la propuesta se basa en principios propios de la Ingeniería Industrial, tales como el balance de capacidades, la estandarización de operaciones, la gestión del flujo productivo y el control sistemático del desempeño.

El diseño de la solución considera tanto la realidad operativa actual de la empresa como la viabilidad de implementación, priorizando acciones que puedan ser ejecutadas con los

recursos disponibles y que generen un impacto medible en las variables críticas del proceso. En este sentido, la propuesta busca mejorar el rendimiento de la etapa de empaque, reducir la acumulación de inventario en proceso, disminuir los tiempos de espera y aumentar el cumplimiento del plan de producción, sin comprometer la estabilidad del sistema.

Asimismo, el diseño de la solución incorpora desde su concepción los elementos necesarios para asegurar su sostenibilidad en el tiempo. Esto incluye la definición de métodos estandarizados, la alineación de la planificación con la capacidad real del proceso, y el establecimiento de mecanismos de control que permitan monitorear el desempeño y prevenir la reaparición del problema. De esta forma, la propuesta no solo aborda los efectos visibles del cuello de botella, sino también las causas raíz que lo originan.

En las secciones siguientes se presenta el desarrollo detallado de la propuesta de mejora, estableciendo la relación entre las causas raíz identificadas y las soluciones planteadas, así como el plan de implementación, la evaluación del impacto esperado y los mecanismos de control necesarios para garantizar la permanencia de las mejoras en el tiempo.

5.3 Relación entre causas raíz y soluciones propuestas

La propuesta de mejora se diseñó a partir de una relación directa y explícita entre las causas raíz identificadas en el Capítulo IV y las soluciones planteadas en el presente capítulo. Este enfoque garantiza que la solución responda de manera coherente al problema diagnosticado y que cada acción propuesta tenga un fundamento técnico claro, evitando intervenciones aisladas o desconectadas de la realidad del proceso.

El análisis de causas raíz permitió identificar que el cuello de botella en la etapa de empaque no es producto de una única falla, sino del efecto combinado de deficiencias en la estandarización operativa, el balance de capacidades, la planificación de la producción y el control del flujo. En consecuencia, la solución propuesta se concibe como un diseño integral que aborda estas causas de manera coordinada, con el objetivo de mejorar el desempeño global del proceso y asegurar la sostenibilidad de los resultados en el tiempo.

En la Tabla 17 se presenta la relación entre las principales causas raíz identificadas y las soluciones propuestas para cada una de ellas, estableciendo una trazabilidad clara entre el diagnóstico y el diseño de la solución.

Tabla 17. Relación entre causas raíz y soluciones propuestas

Causa raíz identificada	Solución propuesta
Falta de estandarización del método de trabajo en la etapa de empaque	Diseño e implementación de procedimientos operativos estandarizados para la etapa de empaque
Desbalance de capacidad entre molienda y empaque	Balance de capacidad del proceso, alineando el ritmo de empaque con la generación de producto en molienda
Planificación de la producción sin considerar la capacidad real de la restricción	Ajuste de la planificación de la producción incorporando la capacidad efectiva de la etapa de empaque
Acumulación recurrente de inventario en proceso (WIP)	Implementación de mecanismos de control del flujo para limitar la producción aguas arriba cuando la restricción se satura
Variabilidad operativa entre turnos	Estandarización del método de trabajo y fortalecimiento de la capacitación operativa

Nota: Elaboración propia con información proporcionada por FHACASA 2025.

La relación presentada evidencia que cada solución propuesta responde de manera directa a una o más causas raíz, y que en conjunto conforman un diseño de mejora orientado a eliminar o reducir la restricción del sistema. Asimismo, se observa que varias soluciones actúan de forma complementaria, reforzándose entre sí para lograr un impacto sostenido en el desempeño del proceso.

Este enfoque integrado permite que la propuesta no solo atienda los síntomas visibles del problema, como la acumulación de inventario o los tiempos de espera, sino que actúe sobre los factores que los originan. De esta manera, la solución planteada sienta las bases para un proceso más estable, balanceado y controlado, alineado con los objetivos productivos de la empresa.

En las secciones siguientes se desarrolla el diseño detallado de cada una de las soluciones propuestas, así como el plan para su implementación, evaluación y control, asegurando la coherencia entre el diagnóstico realizado y la mejora planteada.

5.4 Diseño de la propuesta de mejora

El diseño de la propuesta de mejora se desarrolla a partir de las causas raíz identificadas en el diagnóstico y se fundamenta en la aplicación de herramientas propias de la Ingeniería Industrial, orientadas a mejorar el desempeño del proceso productivo de manera estructurada y sostenible. La propuesta no se limita a una acción puntual, sino que integra diferentes elementos del proceso con el objetivo de reducir la restricción identificada en la etapa de empaque y estabilizar el flujo productivo.

Para el diseño de la solución se emplean herramientas de estandarización, balance de capacidad, planificación de la producción y control del flujo, seleccionadas por su pertinencia y aplicabilidad al contexto operativo de la empresa. Estas herramientas permiten intervenir directamente sobre las causas raíz del problema, asegurando que la mejora propuesta sea técnicamente viable y alineada con la realidad del proceso.

En los subapartados siguientes se presenta el desarrollo detallado de cada componente de la propuesta de mejora, describiendo su lógica de funcionamiento, los cambios que introduce en el proceso actual y la forma en que contribuye a eliminar o reducir el cuello de botella identificado.

5.4.1 Estandarización del método de trabajo en la etapa de empaque

La estandarización del método de trabajo en la etapa de empaque se plantea como una de las soluciones clave para atacar el cuello de botella identificado en el diagnóstico. El análisis realizado en el Capítulo IV evidenció que una parte significativa de la variabilidad operativa, así como de los tiempos de ciclo elevados en esta etapa, se origina en la ausencia de un método de trabajo claramente definido y aplicado de forma consistente entre turnos y operadores.

En la situación actual, la operación de empaque se ejecuta con base en criterios individuales del operador, ajustes reactivos y decisiones tomadas en el momento según la acumulación de

producto o las condiciones del equipo. Esta forma de trabajo genera diferencias en el ritmo de operación, ajustes innecesarios, detenciones no planificadas y una alta dependencia del desempeño individual, lo cual impacta directamente la capacidad efectiva de la etapa restrictiva.

Diseño del método de trabajo estandarizado

La propuesta consiste en diseñar e implementar un método de trabajo estandarizado para la etapa de empaque, que defina de manera clara y secuencial cómo debe ejecutarse la operación bajo condiciones normales. Este método busca establecer una forma única y controlada de operar, reduciendo la variabilidad y asegurando que el proceso se ejecute de manera consistente independientemente del turno u operador.

El método estandarizado contempla la definición de una secuencia básica de operaciones, desde la recepción del producto proveniente de molienda hasta la salida del producto empacado. Dicha secuencia incluye la preparación del equipo, la verificación de parámetros operativos, el arranque de la línea, la operación continua bajo condiciones controladas y la atención de desviaciones menores sin afectar el flujo principal.

Asimismo, el método establece criterios claros sobre cuándo realizar ajustes en el equipo y cuándo detener la operación, evitando intervenciones innecesarias que incrementen los tiempos de ciclo. De esta forma, se busca que los ajustes sean planificados y controlados, y no una respuesta reactiva ante la acumulación de producto o variaciones momentáneas del proceso.

Herramientas utilizadas para la estandarización

Para soportar la implementación del método de trabajo estandarizado, se propone el uso de las siguientes herramientas de Ingeniería Industrial:

- **Procedimiento Operativo Estandarizado (POE):** documento que describe paso a paso la forma correcta de ejecutar la operación de empaque, incluyendo responsabilidades, parámetros básicos y criterios de ajuste.

Tabla 18. Procedimiento Operativo Estandarizado (POE) – Etapa de Empaque

Paso	Actividad	Responsable	Parámetro / Criterio de control	Observaciones
1	Verificar condiciones iniciales del área de empaque	Operador de empaque	Área limpia y libre de acumulación	Según checklist operativo
2	Revisar configuración inicial del equipo de empaque	Operador de empaque	Parámetros definidos en POE	No iniciar si hay desviaciones
3	Coordinar arranque con molienda	Operador / Supervisor	Flujo continuo sin saturación	Comunicación directa
4	Iniciar operación de empaque	Operador de empaque	Ritmo de operación definido	Evitar ajustes no planificados
5	Monitorear flujo y acumulación de WIP	Operador de empaque	Nivel máximo de WIP permitido	Activar control si se supera
6	Realizar ajustes solo bajo criterio definido	Operador / Supervisor	Ajustes autorizados	Registrar intervención
7	Mantener operación estable	Operador de empaque	Tiempo de ciclo objetivo	Verificación periódica

Paso	Actividad	Responsable	Parámetro / Criterio de control	Observaciones
8	Detener operación si se presenta saturación crítica	Operador / Supervisor	Condición de parada definida	Evitar sobreacumulación

Nota: Elaboración propia con base en el análisis del proceso de empaque de FHACASA 2025.

- **Instrucciones de trabajo visuales:** material gráfico colocado en el área de empaque que resume los pasos críticos del método, facilitando su comprensión y aplicación por parte de los operadores.

Tabla 19. Diseño de instrucciones de trabajo visuales – Etapa de empaque

Instrucción visual	Contenido principal	Ubicación en el área	Objetivo operativo
Secuencia estándar de operación	Pasos básicos del proceso de empaque según POE	Panel frontal de la línea de empaque	Asegurar ejecución uniforme del proceso
Parámetros operativos clave	Ritmo de operación, límites de ajuste permitidos	Cerca del panel de control del equipo	Evitar ajustes innecesarios
Criterios de parada	Condiciones que obligan a detener la operación	Área visible al operador	Prevenir saturación del flujo
Control visual de WIP	Nivel máximo permitido de acumulación	Zona de transferencia	Limitar inventario en proceso

Instrucción visual	Contenido principal	Ubicación en el área	Objetivo operativo
		molienda– empaques	
Flujo correcto del proceso	Esquema simple del flujo productivo	Área de empaque	Mejorar comprensión del flujo

Nota: Elaboración propia con base en el diseño de la propuesta de mejora 2025.

- **Lista de verificación operativa:** checklist sencillo para asegurar que las condiciones necesarias para operar bajo el método estandarizado se cumplen antes y durante la operación.

Tabla 20. Lista de verificación operativa (Checklist) – Etapa de empaque

Ítem	Verificación	Frecuencia	Responsable	Cumple (Sí/No)	Observaciones
1	Área de empaque limpia y sin acumulación	Inicio de turno	Operador de empaque		
2	Equipo configurado según POE	Inicio de turno	Operador de empaque		
3	Parámetros operativos dentro de límites definidos	Inicio de turno	Operador de empaque		

Ítem	Verificación	Frecuencia	Responsable	Cumple (Sí/No)	Observaciones
4	Material disponible para operación continua	Inicio de turno	Operador de empaque		
5	Nivel de WIP dentro del límite permitido	Durante operación	Operador de empaque		
6	Ajustes realizados solo bajo criterio definido	Durante operación	Operador / Supervisor		
7	Ritmo de operación estable	Durante operación	Operador de empaque		
8	Comunicación activa con molienda	Durante operación	Operador / Supervisor		
9	Registro de desviaciones o paros	Fin de turno	Operador de empaque		

Nota: Elaboración propia con base en la propuesta de mejora del proceso de empaque 2025.

- **Capacitación operativa básica:** inducción corta y estructurada para los operadores de los diferentes turnos, enfocada en la correcta aplicación del método estandarizado.

Tabla 21. Plan de capacitación operativa básica – Etapa de empaque

Módulo	Contenido de la capacitación	Duración estimada	Responsable	Método	Evidencia
1	Introducción al método de trabajo estandarizado	20 minutos	Supervisor de empaque	Charla breve	Lista de asistencia
2	Explicación del POE de empaque	30 minutos	Supervisor / Ingeniería	Exposición guiada	POE firmado
3	Uso de instrucciones de trabajo visuales	15 minutos	Supervisor de turno	Demostración en planta	Observación directa
4	Aplicación del checklist operativo	15 minutos	Supervisor de turno	Ejercicio práctico	Checklist completado
5	Control del WIP y criterios de ajuste	20 minutos	Supervisor / Ingeniería	Caso práctico	Registro de práctica

Duración total estimada: 1 hora y 40 minutos

Aplicación: Todos los turnos (mañana, tarde y noche)

Nota: Elaboración propia con base en la propuesta de mejora del proceso de empaque 2025.

Estas herramientas permiten que la estandarización no dependa únicamente de la memoria o experiencia del operador, sino que quede incorporada formalmente en la operación diaria del proceso.

Impacto esperado de la estandarización

La implementación del método de trabajo estandarizado en la etapa de empaque se espera que genere una reducción en la variabilidad operativa y en los tiempos de ciclo asociados a esta etapa. Al definir una forma clara y consistente de operar, se disminuyen los ajustes innecesarios, se estabiliza el ritmo de trabajo y se reduce la dependencia del desempeño individual de los operadores.

Como consecuencia, la capacidad efectiva de la etapa de empaque se incrementa, contribuyendo a disminuir la acumulación de inventario en proceso y los tiempos de espera entre molienda y empaque. Además, la estandarización facilita el control del proceso, mejora la coordinación entre turnos y sienta las bases para la implementación de mecanismos de control y seguimiento que aseguren la sostenibilidad de la mejora en el tiempo.

5.4.2 Balance de capacidad entre molienda y empaque

El balance de capacidad entre las etapas de molienda y empaque se plantea como un componente central de la propuesta de mejora, dado que el diagnóstico evidenció que el cuello de botella del proceso se origina en un desbalance estructural entre ambas etapas. En la situación actual, la molienda opera a un ritmo superior al que la etapa de empaque es capaz de procesar, lo que genera acumulación de inventario en proceso, saturación del flujo y tiempos de espera recurrentes.

Análisis de la capacidad actual del proceso

Con base en los datos de producción y tiempos de ciclo analizados durante la fase de diagnóstico, se estimó la capacidad operativa promedio de las etapas de molienda y empaque. Para efectos del diseño de la propuesta, se consideran condiciones normales de operación y un turno estándar de producción.

Con el fin de estimar la capacidad operativa de las principales etapas del proceso productivo, se utilizaron los tiempos de ciclo promedio obtenidos en el estudio de tiempos presentado

anteriormente. La capacidad por hora se calculó mediante la relación entre el tiempo disponible y el tiempo de ciclo promedio de cada operación, utilizando la expresión: $\text{Capacidad (ciclos/h)} = 60 / \text{Tiempo de ciclo promedio (min)}$. Con base en este procedimiento, para la etapa de molienda se obtuvo una capacidad aproximada de 8.33 ciclos por hora ($60 / 7.2 \text{ min}$), mientras que para la etapa de empaque se estimó una capacidad cercana a 5.77 ciclos por hora ($60 / 10.4 \text{ min}$). Posteriormente, estos valores se convirtieron a toneladas por hora considerando el tamaño promedio del lote procesado en la línea, lo que permitió estimar capacidades aproximadas de 5.0 ton/h para molienda y 3.8 ton/h para empaque. Esta estimación permite evidenciar el desbalance de capacidad entre ambas etapas del proceso.

Tabla 22. Capacidad operativa estimada por etapa del proceso

Etapa del proceso	Capacidad promedio (toneladas/hora)	Observaciones
Molienda	5,0 ton/h	Operación estable, bajo nivel de detenciones
Empaque	3,8 ton/h	Tiempos de ciclo elevados y alta variabilidad
Diferencia de capacidad	+1,2 ton/h	Exceso de producción aguas arriba

Nota: Elaboración propia con base en la propuesta de mejora del proceso de empaque 2025.

La información presentada en la Tabla 22 confirma que la etapa de molienda genera producto a un ritmo aproximadamente un 32 % superior a la capacidad efectiva de la etapa de empaque. Esta diferencia explica la acumulación de inventario en proceso identificada en el análisis de WIP y la saturación del flujo entre ambas etapas.

Diseño del balance de capacidad propuesto

La propuesta de balance de capacidad se basa en alinear el ritmo de operación del proceso completo con la capacidad efectiva de la etapa de empaque, reconocida como la restricción

del sistema. En lugar de intentar incrementar de forma inmediata la capacidad de empaque, el diseño de la solución propone ajustar la liberación de producción desde molienda para evitar la sobrealimentación del sistema.

El balance se logra definiendo un ritmo objetivo del proceso igual a la capacidad de empaque, de manera que la molienda opere de forma sincronizada y controlada. Este enfoque permite reducir la acumulación de inventario en proceso y estabilizar el flujo productivo sin requerir inversiones significativas en equipos.

Definición de reglas operativas para el balance

Para asegurar la aplicación efectiva del balance de capacidad en la operación diaria, se proponen las siguientes reglas operativas:

- La liberación de producción desde molienda debe ajustarse al ritmo objetivo definido por la capacidad de empaque.
- Cuando el nivel de inventario en proceso alcance el límite máximo permitido, la molienda deberá reducir temporalmente su ritmo o detener la liberación de producto hacia empaque.
- Los ajustes en el ritmo de operación deben ser coordinados entre las áreas de molienda y empaque, bajo criterios previamente definidos.
- El supervisor de turno será responsable de monitorear el cumplimiento del balance y de autorizar cualquier desviación justificada.

Estas reglas permiten que el balance de capacidad no dependa de decisiones improvisadas, sino de criterios claros y compartidos por las áreas involucradas.

Impacto esperado del balance de capacidad

La implementación del balance de capacidad entre molienda y empaque se espera que reduzca de manera significativa la acumulación de inventario en proceso y los tiempos de espera asociados a la saturación del flujo. Al operar el sistema de acuerdo con la capacidad real de la etapa restrictiva, se mejora la estabilidad del proceso, se reduce la variabilidad operativa y se facilita el cumplimiento del plan de producción.

Asimismo, el balance de capacidad contribuye a mejorar el uso de los recursos disponibles, evitando sobreproducción aguas arriba y pérdidas asociadas a actividades que no agregan valor. Este componente de la propuesta, en conjunto con la estandarización del método de trabajo, sienta las bases para un proceso más controlado, predecible y sostenible en el tiempo.

5.4.3 Ajuste de la planificación de la producción considerando la restricción

El ajuste de la planificación de la producción se plantea como un complemento necesario al balance de capacidad propuesto entre las etapas de molienda y empaque. El diagnóstico evidenció que la planificación actual se realiza con base en metas de producción globales, sin considerar de forma explícita la capacidad real de la etapa restrictiva del proceso, lo cual genera incumplimientos del plan, sobreproducción aguas arriba y acumulación de inventario en proceso.

Bajo este contexto, la propuesta busca rediseñar la planificación semanal y mensual tomando como referencia la capacidad efectiva de la etapa de empaque, de manera que el sistema opere de forma alineada y controlada, evitando la generación de cuellos de botella artificiales.

Análisis de la planificación actual

En la situación actual, el plan de producción se define a partir de la demanda y de la capacidad nominal del proceso de molienda, asumiendo que la etapa de empaque puede absorber el volumen producido. Sin embargo, como se evidenció en el análisis de capacidad, la etapa de empaque presenta una capacidad inferior, lo que genera desviaciones entre el plan y la producción real.

Tabla 23. Comparación entre planificación actual y capacidad real

ELEMENTO	PLANIFICACIÓN ACTUAL	CAPACIDAD REAL DE EMPAQUE
PRODUCCIÓN DIARIA PLANIFICADA	40 toneladas/día	—
PRODUCCIÓN DIARIA EJECUTABLE	—	30 toneladas/día

DIFERENCIA DIARIA	+10 toneladas	Exceso de producción
IMPACTO	Acumulación de WIP	Saturación del flujo

Nota: Valores estimados con base en el análisis del proceso 2025.

Esta diferencia explica el incumplimiento recurrente del plan semanal y la necesidad de ajustes reactivos durante la operación.

Diseño de la planificación ajustada a la restricción

La propuesta consiste en redefinir la planificación de la producción utilizando la capacidad efectiva de la etapa de empaque como referencia principal. Bajo este enfoque, el volumen planificado se ajusta para que sea factible de ejecutar sin generar acumulaciones innecesarias ni sobrecargar el sistema.

Planificación semanal propuesta

Tabla 24. Plan semanal de producción ajustado a la capacidad de empaque

<i>Día</i>	<i>Capacidad de empaque (ton/día)</i>	<i>Producción planificada (ton/día)</i>
<i>Lunes</i>	30	30
<i>Martes</i>	30	30
<i>Miércoles</i>	30	30
<i>Jueves</i>	30	30
<i>Viernes</i>	30	30
Total, semanal	150	150

Nota: Valores estimados con base en el análisis del proceso 2025.

Este ajuste permite que la producción planificada sea consistente con la capacidad real del proceso, reduciendo la probabilidad de desviaciones y acumulaciones de inventario en proceso.

Planificación mensual alineada al flujo del proceso

A partir del plan semanal ajustado, se define una planificación mensual basada en semanas operativas estándar, manteniendo la coherencia entre demanda, capacidad y ejecución.

Tabla 25. Plan mensual de producción ajustado

SEMANA	PRODUCCIÓN PLANIFICADA (TONELADAS)
SEMANA 1	150
SEMANA 2	150
SEMANA 3	150
SEMANA 4	150
TOTAL MENSUAL	600 toneladas

Nota: Valores estimados con base en el análisis del proceso 2025.

La planificación mensual propuesta permite una visión clara y realista de la capacidad productiva del sistema, facilitando la programación de recursos, turnos y abastecimiento de materiales.

Impacto del ajuste en la planificación

El ajuste de la planificación de la producción considerando la restricción permite mejorar el cumplimiento del plan, reducir la necesidad de reprogramaciones y disminuir la presión operativa sobre la etapa de empaque. Al trabajar con volúmenes factibles de ejecutar, el

proceso se vuelve más predecible y estable, lo que facilita la coordinación entre las áreas de molienda y empaque.

Además, esta forma de planificación contribuye a una mejor gestión del inventario en proceso, evita la sobreproducción aguas arriba y mejora la toma de decisiones operativas, alineando la planificación con la realidad del proceso productivo.

5.5 Gestión y control del flujo productivo

La gestión y control del flujo productivo constituye la fase mediante la cual la propuesta de mejora diseñada en el apartado anterior se lleva a la práctica y se asegura su correcta ejecución en el tiempo. Este apartado se enfoca en establecer cómo se implementarán las soluciones propuestas, en qué orden, con qué recursos y bajo qué mecanismos de control, garantizando que los cambios introducidos en el proceso no sean temporales ni dependan de esfuerzos aislados.

La implementación se plantea de forma estructurada y progresiva, priorizando la etapa de empaque por ser la restricción del sistema y asegurando que cada acción se ejecute de manera coordinada con las demás. De esta forma, la gestión del flujo productivo se convierte en una práctica operativa permanente, alineada con la capacidad real del proceso y con los objetivos productivos de la empresa.

5.5.1 Plan de implementación de la propuesta

El plan de implementación de la propuesta se diseñó para que la empresa pueda ejecutar la mejora sin interrumpir la operación normal y, al mismo tiempo, asegurar que los cambios se adopten de forma real y sostenida. La lógica del plan parte de un principio simple: primero se estabiliza la etapa restrictiva (empaque) mediante estandarización, luego se alinea el sistema a su capacidad real (balance y planificación), y finalmente se consolida el control del flujo para evitar que el proceso vuelva a caer en sobrealimentación, acumulación de WIP y tiempos de espera.

La implementación se plantea en cinco fases consecutivas. Cada fase incluye entregables concretos, responsables definidos y criterios de verificación, de forma que el lector pueda seguir claramente la transición desde el diagnóstico hasta la mejora operativa.

Fase 1. Preparación y alineación operativa. Esta fase tiene como objetivo asegurar que todos los involucrados comprendan qué se va a cambiar y por qué se va a cambiar, evitando resistencia y asegurando coordinación entre molienda y empaque. En esta fase se realiza una reunión corta de alineación con supervisión y personal clave, se define quién será el responsable de la implementación por turno, y se establecen los puntos de control que se van a monitorear durante las primeras semanas. El entregable de esta fase es un acuerdo operativo mínimo: roles definidos, secuencia de implementación aprobada por supervisión y un plan de comunicación entre áreas.

Fase 2. Estandarización del método de trabajo en empaque. Esta fase es prioritaria porque la etapa de empaque es la restricción del sistema y su variabilidad afecta todo el proceso. En esta fase se implementan las herramientas diseñadas en 5.4.1: el procedimiento operativo estandarizado, las instrucciones visuales, el checklist operativo y la capacitación básica. La implementación no se plantea como “entregar papeles”, sino como poner el método a funcionar en piso. El POE se prueba en un turno, se ajusta según observaciones reales y luego se despliega al resto de turnos, utilizando las instrucciones visuales como apoyo y el checklist como mecanismo de verificación diaria. El entregable de esta fase es que los tres turnos operen con el mismo método, con evidencia de aplicación mediante checklists completados y observación directa por parte del supervisor.

Fase 3. Balance de capacidad y definición del ritmo objetivo. Una vez estabilizada la operación de empaque, se implementa el balance de capacidad entre molienda y empaque. En esta fase se define el ritmo objetivo del sistema según la capacidad efectiva de la etapa de empaque y se comunica a molienda como criterio operativo. La implementación consiste en ajustar la liberación de producción desde molienda para evitar sobrealimentación y acumulación de WIP. No se busca frenar la producción “por frenar”, sino establecer un ritmo que permita flujo continuo y estable. El entregable de esta fase es la adopción de una regla operativa clara: el sistema se programa y opera según la capacidad de empaque, no según la capacidad de molienda.

Fase 4. Ajuste del plan semanal y mensual a la restricción. Con el ritmo objetivo definido, se ajusta la planificación semanal y mensual para que sea ejecutable y coherente con la capacidad real del proceso. En esta fase se revisa el plan actual, se ajustan volúmenes

planificados a la capacidad efectiva de empaque y se establecen metas realistas de producción que reduzcan reprogramaciones y presión operativa. El entregable es un plan semanal y mensual alineado a la restricción, con un criterio explícito de factibilidad basado en capacidad real, reduciendo la diferencia entre lo planificado y lo ejecutado.

Fase 5. Control del flujo y consolidación. Esta fase asegura la sostenibilidad de la mejora y evita que el sistema regrese a las condiciones iniciales. Se implementan los límites de WIP definidos, las reglas de control del flujo y el monitoreo operativo por turno. El control se integra a la rutina diaria mediante registros simples: verificación de WIP, revisión de tiempos de espera, seguimiento del cumplimiento del ritmo objetivo y registro de desviaciones. Esta fase incluye un periodo de estabilización, donde se revisan resultados semanalmente y se realizan ajustes menores sin modificar la lógica central de la propuesta. El entregable es que el flujo entre molienda y empaque se mantenga dentro de límites definidos, con reducción visible de acumulación y estabilidad operativa sostenida.

Como criterio general de implementación, la propuesta se considera correctamente desplegada cuando se cumplan tres condiciones: el método estandarizado se aplica de forma consistente en los tres turnos, la planificación se ejecuta con base en la capacidad real de la etapa restrictiva, y el control del flujo evita acumulaciones recurrentes de WIP y tiempos de espera por saturación. Con este enfoque, la implementación se convierte en un proceso controlado, medible y alineado a los objetivos de mejora del proyecto.

5.5.2 Actividades y secuencia de implementación

La implementación de la propuesta de mejora se estructura mediante una secuencia de actividades claramente definidas, alineadas con las soluciones diseñadas en el Capítulo V. Cada actividad contempla un responsable, un entregable concreto y un criterio de aceptación que permite verificar objetivamente su correcta ejecución. Esta estructura asegura que la implementación no se limite a acciones declarativas, sino que se traduzca en resultados operativos verificables.

La Tabla 26 presenta el detalle de las actividades propuestas, su secuencia lógica y los elementos necesarios para validar su implementación.

Tabla 26. Actividades, entregables y criterios de aceptación de la implementación

N°	Actividad	Solución asociada	Responsable	Entregable	Evidencia de implementación	Criterio de aceptación
1	Alineación inicial con supervisión y áreas involucradas	Gestión del cambio	Supervisor / Ingeniería	Acta de alineación	Registro de reunión	Roles y secuencia definidos
2	Elaboración del POE de empaque	Estandarización	Ingeniería	POE documentado	POE aprobado	Procedimiento validado
3	Diseño de instrucciones de trabajo visuales	Estandarización	Ingeniería	Material visual diseñado	Instrucciones colocadas	Información visible en área
4	Elaboración del checklist operativo	Control del método	Ingeniería / Supervisor	Checklist operativo	Formato en uso	Checklist aplicado por turno
5	Capacitación operativa a operadores	Estandarización	Supervisor	Personal capacitado	Listas de asistencia	Operadores capacitados

N°	Actividad	Solución asociada	Responsable	Entregable	Evidencia de implementación	Criterio de aceptación
6	Prueba piloto del método estandarizado	Estandarización	Supervisor	Método aplicado en un turno	Observación en piso	Método ejecutado sin desviaciones críticas
7	Definición del ritmo objetivo del proceso	Balace de capacidad	Ingeniería	Ritmo objetivo definido	Registro de capacidad	Ritmo alineado a empaque
8	Ajuste del plan semanal de producción	Planificación	Planeación	Plan semanal ajustado	Plan documentado	Plan factible según capacidad
9	Definición de límites de WIP	Control del flujo	Ingeniería / Supervisor	Límite de WIP establecido	Señalización / registros	Límite comunicado y entendido
10	Implementación de reglas de control del flujo	Gestión del flujo	Supervisor	Reglas operativas en uso	Registros de turno	Flujo controlado

N°	Actividad	Solución asociada	Responsable	Entregable	Evidencia de implementación	Criterio de aceptación
11	Seguimiento inicial y ajustes menores	Consolidación	Ingeniería / Supervisor	Reporte de seguimiento	Bitácoras	Estabilidad del flujo

Nota: Elaboración propia con base en la propuesta de mejora del proceso productivo de FHACASA 2025.

Secuencia de implementación

La secuencia propuesta prioriza actividades que generan estabilidad en la etapa restrictiva antes de introducir cambios en la planificación y el control del flujo. De esta forma, la estandarización del método de trabajo en empaque se convierte en la base sobre la cual se implementan el balance de capacidad y el ajuste de la planificación.

La inclusión de una prueba piloto permite validar el método estandarizado en condiciones reales de operación y realizar ajustes menores antes de su despliegue completo. Posteriormente, la definición del ritmo objetivo y la planificación ajustada aseguran que el sistema opere alineado a la capacidad real del proceso. Finalmente, la implementación de límites de WIP y reglas de control del flujo consolida la mejora y previene la reaparición del problema.

Esta estructura de actividades garantiza una implementación ordenada, verificable y coherente con el diagnóstico realizado, fortaleciendo la viabilidad y sostenibilidad de la propuesta de mejora.

5.5.3 Cronograma de implementación

El cronograma de implementación se elaboró con el objetivo de establecer una secuencia temporal realista para la ejecución de la propuesta de mejora, considerando la complejidad de las actividades, la disponibilidad de los recursos y la necesidad de mantener la continuidad

operativa del proceso productivo. Dado que la propuesta se basa principalmente en ajustes organizativos y operativos, el horizonte de implementación se plantea a corto plazo, permitiendo obtener resultados visibles sin requerir interrupciones prolongadas del proceso.

La implementación se estructura en fases consecutivas, iniciando con actividades de preparación y estandarización, seguidas por el balance de capacidad, el ajuste de la planificación y finalmente la consolidación del control del flujo. Este enfoque permite validar cada etapa antes de avanzar a la siguiente, reduciendo el riesgo de fallas durante la ejecución.

Tabla 27. Cronograma estimado de implementación de la propuesta

N°	Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	Alineación inicial y definición de responsables	●					
2	Elaboración del POE de empaque	●	●				
3	Diseño de instrucciones visuales		●				
4	Elaboración del checklist operativo		●				
5	Capacitación operativa a operadores		●	●			
6	Prueba piloto del método estandarizado			●			
7	Definición del ritmo objetivo del proceso			●			
8	Ajuste del plan semanal de producción				●		

N°	Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
9	Definición e implementación de límites de WIP				●		
10	Implementación de reglas de control del flujo					●	
11	Seguimiento inicial y ajustes menores					●	●

Duración total estimada: 6 semanas

Tipo de implementación: Progresiva, sin detención total del proceso

Nota: Elaboración propia con base en la propuesta de mejora del proceso productivo 2025.

Durante las primeras dos semanas se concentran las actividades relacionadas con la estandarización del método de trabajo en la etapa de empaque, ya que esta etapa constituye la base para el resto de la implementación. La capacitación y prueba piloto permiten validar el método en condiciones reales antes de su despliegue completo.

En la tercera y cuarta semana se implementan las acciones relacionadas con el balance de capacidad y el ajuste de la planificación, alineando el ritmo del sistema con la capacidad efectiva de la etapa restrictiva. Posteriormente, se introducen los mecanismos de control del flujo productivo, tales como los límites de inventario en proceso y las reglas operativas de liberación de producción.

Las últimas semanas se destinan al seguimiento inicial y a la realización de ajustes menores, con el fin de consolidar la mejora y asegurar que el proceso opere de manera estable bajo las nuevas condiciones. Este periodo de estabilización es clave para garantizar la sostenibilidad de la propuesta y prevenir la reaparición del cuello de botella.

5.5.4 Recursos requeridos (humanos, técnicos y económicos)

La implementación de la propuesta de mejora requiere la asignación organizada de recursos humanos, técnicos y económicos, considerando las condiciones reales de operación de la

empresa y priorizando el uso eficiente de los recursos existentes. Dado que la solución se fundamenta principalmente en ajustes operativos, estandarización y control del proceso, no se contempla la adquisición de maquinaria adicional ni la contratación de personal externo, lo que favorece la viabilidad y sostenibilidad de la propuesta.

Recursos humanos

Los recursos humanos necesarios corresponden al personal actualmente involucrado en el proceso productivo, especialmente en las etapas de molienda y empaque. La implementación se apoya en la participación activa de los operadores, supervisores de turno y personal de ingeniería o planificación, quienes cumplen un rol clave en el diseño, despliegue y seguimiento de las mejoras.

Tabla 28. Recursos humanos requeridos para la implementación

Rol	Función principal	Nivel de participación
Operadores de empaque	Aplicación del método estandarizado y control del flujo	Alta
Supervisor de empaque	Coordinación de la implementación y seguimiento diario	Alta
Operadores de molienda	Ajuste del ritmo de liberación de producción	Media
Supervisor de molienda	Coordinación inter-áreas	Media
Ingeniería Planeación	/ Diseño técnico, ajuste de planificación y seguimiento	Media

La participación del personal se integra a las actividades normales de operación, evitando sobrecargas significativas y promoviendo la apropiación de la mejora por parte de los equipos de trabajo.

Recursos técnicos

Los recursos técnicos requeridos son de carácter básico y corresponden principalmente a herramientas de apoyo para la estandarización, la planificación y el control del flujo productivo. Estos recursos pueden ser elaborados internamente y no implican inversiones en tecnología especializada.

Tabla 29. Recursos técnicos requeridos

RECURSO TÉCNICO	USO EN LA IMPLEMENTACIÓN
PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO (POE)	Definición del método de trabajo
INSTRUCCIONES DE TRABAJO VISUALES	Apoyo a la operación en piso
CHECKLIST OPERATIVO	Verificación del cumplimiento del método
FORMATOS DE CONTROL DE WIP	Monitoreo del flujo productivo
HOJAS DE PLANIFICACIÓN (SEMANTAL Y MENSUAL)	Ajuste del plan según capacidad
HERRAMIENTAS BÁSICAS DE OFICINA	Documentación y seguimiento

Estos recursos permiten formalizar la mejora y asegurar su aplicación consistente en el tiempo, sin depender de soluciones tecnológicas complejas.

Recursos económicos

Desde el punto de vista económico, la propuesta de mejora se caracteriza por requerir una inversión baja, ya que se basa en la optimización del proceso existente y en la utilización de recursos internos. Los principales costos asociados corresponden al tiempo dedicado por el personal a actividades de diseño, capacitación y seguimiento, así como a la elaboración de material visual y formatos de control.

Tabla 30. Estimación de costos de implementación

Concepto	Descripción	Costo estimado
Diseño de documentación (POE, formatos)	Elaboración interna	Bajo
Material visual y señalización	Impresión y colocación	Bajo
Capacitación operativa	Tiempo de personal interno	Bajo
Seguimiento y control inicial	Horas de supervisión	Bajo
Costo total estimado	—	Bajo impacto económico

La baja inversión requerida reduce el riesgo financiero de la implementación y facilita la aprobación de la propuesta por parte de la empresa. Asimismo, el uso de recursos internos contribuye a la sostenibilidad de la mejora, al evitar dependencia de proveedores externos o soluciones costosas.

Evaluación general de los recursos

La disponibilidad y adecuación de los recursos humanos, técnicos y económicos identificados permiten concluir que la implementación de la propuesta es viable desde el punto de vista operativo y financiero. La combinación de una inversión reducida, un tiempo de implementación corto y el uso de herramientas sencillas fortalece la probabilidad de éxito del proyecto y asegura que los beneficios obtenidos puedan mantenerse en el tiempo.

5.6 Evaluación del impacto de la propuesta

La evaluación del impacto de la propuesta de mejora tiene como objetivo estimar los beneficios esperados derivados de su implementación, tanto en el desempeño operativo del proceso como en términos económicos. Esta evaluación se fundamenta en la comparación entre la situación actual diagnosticada y el escenario esperado una vez implementadas las

soluciones propuestas, considerando la capacidad real del sistema, el control del flujo productivo y la estandarización del método de trabajo.

El análisis del impacto permite justificar la viabilidad de la propuesta y demostrar que los beneficios obtenidos superan los costos asociados a su implementación, alineándose con los objetivos productivos y financieros de la empresa.

5.6.1 Impacto en el desempeño del proceso

La implementación de la propuesta se espera que genere mejoras significativas en el desempeño del proceso productivo, especialmente en la etapa de empaque, identificada como la restricción del sistema. Estas mejoras se reflejan principalmente en la reducción de tiempos improductivos, la disminución del inventario en proceso, la mejora del cumplimiento del plan de producción y la estabilidad del flujo entre las etapas de molienda y empaque.

Con base en los datos del diagnóstico y en el diseño de la solución, se estimaron los indicadores de desempeño esperados posterior a la implementación.

Tabla 31. Comparación del desempeño del proceso antes y después de la propuesta

Indicador	Situación actual	Situación esperada	Mejora estimada
Tiempo de espera por acumulación	2,5 horas promedio	0,8 horas promedio	↓ 68 %
Inventario en proceso (WIP)	10 toneladas	6 toneladas	↓ 40 %
Cumplimiento del plan semanal	75 %	95 %	+20 p.p.
Variabilidad operativa entre turnos	Alta	Baja	Estabilización
Flujo continuo del proceso	Intermitente	Estable	Mejora sustancial

Nota: Valores estimados con base en el diagnóstico y en el diseño de la propuesta 2025.

La reducción de los tiempos de espera y del inventario en proceso se logra principalmente mediante el balance de capacidad, el ajuste de la planificación y la implementación de límites de WIP. Asimismo, la estandarización del método de trabajo en la etapa de empaque contribuye a disminuir la variabilidad entre turnos y a mejorar la capacidad efectiva de la restricción.

El aumento en el cumplimiento del plan de producción se asocia a la definición de planes semanales y mensuales factibles, alineados con la capacidad real del proceso, lo que reduce reprogramaciones, presión operativa y desviaciones durante la ejecución.

En conjunto, estas mejoras permiten que el proceso opere de forma más predecible, controlada y estable, facilitando la toma de decisiones operativas y mejorando el desempeño global del sistema productivo.

5.6.2 Impacto económico estimado de la propuesta

El impacto económico de la propuesta se evaluó considerando los costos asociados a su implementación y los beneficios económicos derivados de la mejora en el desempeño del proceso. Dado que la propuesta se basa principalmente en ajustes organizativos, estandarización y control, los costos de implementación son bajos en comparación con los beneficios esperados.

Costos de implementación

Los costos estimados corresponden principalmente al tiempo del personal involucrado, la elaboración de documentación y material visual, y las actividades de capacitación interna.

Tabla 32. Costos estimados de implementación de la propuesta

Concepto	Costo estimado (CRC)
Elaboración de POE, formatos y documentación	₡150 000
Material visual y señalización	₡120 000
Capacitación operativa interna	₡180 000

Seguimiento inicial y control	☺100 000
Costo total estimado	☺550 000

Nota: Elaboración propia con base en el diagnóstico del proceso productivo y en las estimaciones derivadas del diseño de la propuesta de mejora para FHACASA 2025.

Beneficios económicos esperados

Los beneficios económicos se estiman principalmente a partir de la reducción de tiempos improductivos, la disminución de inventario en proceso y la mejora en el cumplimiento del plan de producción. Estos factores permiten un mejor aprovechamiento de la capacidad instalada y una reducción de pérdidas operativas.

Con base en la información del diagnóstico, se estima que la reducción de tiempos de espera y paros asociados al cuello de botella permite recuperar aproximadamente 1,5 horas productivas por día.

Tabla 33. Beneficios económicos estimados

Concepto	Estimación
Horas productivas recuperadas por día	1,5 horas
Costo promedio de operación por hora	☺45 000
Ahorro diario estimado	☺67 500
Ahorro mensual estimado (22 días)	☺1 485 000
Ahorro anual estimado	☺17 820 000

Nota: Elaboración propia con base en el diagnóstico del proceso productivo y en las estimaciones derivadas del diseño de la propuesta de mejora para FHACASA 2025.

Evaluación costo–beneficio

Al comparar los costos de implementación con los beneficios económicos esperados, se observa que la inversión inicial se recupera en un periodo corto de tiempo.

Tabla X. Resumen de evaluación económica

Elemento	Valor
Costo total de implementación	Ø550 000
Ahorro mensual estimado	Ø1 485 000
Periodo de recuperación	< 1 mes
Relación beneficio / costo	Alta

Nota: Elaboración propia con base en el diagnóstico del proceso productivo y en las estimaciones derivadas del diseño de la propuesta de mejora para FHACASA 2025.

La rápida recuperación de la inversión y el impacto positivo en el desempeño operativo evidencian que la propuesta de mejora es económicamente viable y atractiva para la empresa. Además, al no requerir inversiones significativas en equipos ni infraestructura, la propuesta presenta un bajo riesgo financiero y una alta probabilidad de éxito.

5.7 Plan de control, evaluación y sostenibilidad

El plan de control, evaluación y sostenibilidad establece los mecanismos mediante los cuales la mejora implementada se mantiene operativa y efectiva en el largo plazo. Este plan se diseña reconociendo que, sin estructuras formales de control, los procesos tienden a perder disciplina operativa y a regresar gradualmente a condiciones previas, especialmente en sistemas donde existe una restricción crítica como la etapa de empaque.

Para asegurar la permanencia de la mejora, el plan se apoya en un conjunto de mecanismos interrelacionados que actúan de manera preventiva y correctiva sobre el proceso productivo. Estos mecanismos no se conciben como acciones aisladas, sino como un sistema integrado que regula el comportamiento del flujo, del método de trabajo y de la toma de decisiones operativas.

El primer mecanismo corresponde al control del desempeño del proceso, el cual se basa en la medición sistemática de variables críticas relacionadas con la restricción del sistema y el flujo productivo. Este control permite verificar que el proceso opere dentro de los parámetros definidos y detectar desviaciones antes de que se materialicen en acumulaciones, tiempos de espera o incumplimientos del plan de producción.

El segundo mecanismo es la estandarización del método de trabajo y de las reglas operativas, que asegura que la forma correcta de operar el proceso quede documentada y sea replicable independientemente del turno o del operador. Este mecanismo reduce la variabilidad operativa y evita que la mejora dependa del criterio individual, lo cual es fundamental para su sostenibilidad en el tiempo.

El tercer mecanismo corresponde a la integración del control a la operación diaria, mediante rutinas de verificación y seguimiento que forman parte del trabajo normal de supervisión. Estas rutinas permiten asegurar el cumplimiento de los estándares definidos, reforzar la disciplina del proceso y aplicar acciones correctivas oportunas cuando se detectan desviaciones.

El cuarto mecanismo es la evaluación periódica de la efectividad de la mejora, orientada a verificar que los beneficios esperados en términos de flujo, estabilidad y cumplimiento del plan se mantengan bajo condiciones normales de operación. Esta evaluación permite validar la vigencia de la solución y realizar ajustes menores sin alterar la lógica central de la propuesta.

Finalmente, el plan contempla un mecanismo de retroalimentación y mejora continua, mediante el cual los resultados del control y la evaluación se utilizan para fortalecer el sistema, actualizar los estándares cuando sea necesario y prevenir la reaparición del cuello de botella. Este mecanismo asegura que la mejora no se congele en el tiempo, sino que evolucione de manera controlada junto con el proceso productivo.

En conjunto, estos mecanismos permiten que la mejora implementada se mantenga en el largo plazo, no como un conjunto de acciones puntuales, sino como parte integral del sistema de gestión del proceso. El plan de control, evaluación y sostenibilidad proporciona así la estructura necesaria para preservar los beneficios obtenidos, asegurar la estabilidad operativa y fortalecer la capacidad de la empresa para gestionar su proceso productivo de forma sistemática.

5.7.1 Indicadores de desempeño (KPI)

Los indicadores de desempeño definidos para el control del proceso constituyen el principal mecanismo para asegurar que la mejora implementada se mantenga en el tiempo. Estos

indicadores permiten monitorear de forma sistemática las variables críticas asociadas al cuello de botella identificado, al flujo productivo y al cumplimiento del plan de producción, garantizando que el proceso opere dentro de los parámetros establecidos.

La selección de los KPI se realizó considerando tres criterios fundamentales: su relación directa con la restricción del sistema, su facilidad de medición en el entorno operativo y su capacidad para generar acciones correctivas oportunas. De esta forma, los indicadores no se limitan a medir resultados finales, sino que funcionan como herramientas de control preventivo del proceso.

Sistema de indicadores clave de desempeño

Tabla 34. Indicadores de desempeño propuestos para el control del proceso

KPI	Variable controlada	Definición operativa	Método de medición	Frecuencia	Responsable	Meta
Tiempo de espera entre molienda y empaque	Flujo productivo	Tiempo promedio que el producto permanece en espera antes de empaque	Registro de tiempos	Diario	Supervisor de turno	≤ 1 hora
Inventario en proceso (WIP)	Saturación del sistema	Cantidad de producto acumulado entre	Medición física	Diario	Operador / Supervisor	≤ 6 ton

KPI	Variable controlada	Definición operativa	Método de medición	Frecuencia	Responsable	Meta
		molienda y empaque				
Ritmo efectivo de empaque	Capacidad de la restricción	Producción real por hora en empaque	Producción / tiempo	Diario	Supervisor de empaque	≥ 3,8 ton/h
Cumplimiento del plan semanal	Ejecución del plan	Producción real vs planificada	Registro de producción	Semanal	Planeación	≥ 95 %
Variabilidad operativa entre turnos	Estabilidad del proceso	Diferencia de desempeño entre turnos	Comparación de KPI	Semanal	Supervisor	Baja
OEE de empaque	Desempeño global	Disponibilidad, rendimiento y calidad del equipo	Registros internos	Mensual	Ingeniería	Tendencia creciente

Nota: Elaboración propia con base en el diagnóstico del proceso y el diseño de la propuesta de mejora 2025.

Rol de los KPI en la sostenibilidad de la mejora

El monitoreo sistemático de estos indicadores permite detectar desviaciones tempranas en el comportamiento del proceso, evitando que pequeños desajustes deriven nuevamente en

acumulación de inventario, tiempos de espera excesivos o incumplimientos del plan de producción. Al enfocarse en la etapa restrictiva y en el flujo entre procesos, los KPI actúan como una barrera preventiva contra la reaparición del cuello de botella.

Asimismo, la asignación explícita de responsables y la definición de metas claras fortalecen la disciplina operativa y aseguran que el control del proceso no dependa de esfuerzos individuales, sino de un sistema formal de gestión del desempeño.

Visualización y seguimiento de los indicadores

Para facilitar el análisis y la toma de decisiones, se propone que los KPI sean visualizados mediante tableros simples de seguimiento, utilizando gráficos de tendencia que permitan observar el comportamiento del proceso a lo largo del tiempo. Estos gráficos pueden elaborarse en hojas electrónicas y actualizarse de forma periódica por parte del supervisor de turno o del área de planeación.

Los indicadores diarios se revisan al cierre de cada turno, mientras que los indicadores semanales y mensuales se analizan en reuniones de seguimiento, permitiendo evaluar la estabilidad del proceso y la efectividad de la mejora implementada.

Mecanismo de reacción ante desviaciones

El sistema de KPI se complementa con la definición de acciones correctivas estandarizadas, las cuales se activan cuando un indicador se desvía de su valor objetivo. Este mecanismo evita respuestas improvisadas y asegura que las decisiones operativas se basen en criterios previamente definidos.

Tabla 35. Acciones correctivas asociadas a desviaciones de KPI

KPI	Condición de alerta	Acción correctiva	Responsable
Tiempo de espera > 1 hora	Saturación del flujo	Reducir liberación desde molienda	Supervisor
WIP > 6 ton	Exceso de acumulación	Detener o reducir ritmo de molienda	Supervisor
Ritmo de empaque < 3,8 ton/h	Pérdida de capacidad	Revisar método y parámetros del POE	Supervisor / Ingeniería
Cumplimiento del plan < 95 %	Desviación del plan	Ajustar planificación semanal	Planeación
Variabilidad alta entre turnos	Inestabilidad operativa	Reforzar capacitación y estandarización	Supervisor

Nota: Elaboración propia con base en la propuesta de control del proceso 2025.

Integración de los KPI al control diario del proceso

Los indicadores definidos se integran a la operación diaria mediante registros simples y revisiones periódicas, evitando generar cargas administrativas innecesarias. El seguimiento continuo de los KPI permite que el control del proceso sea parte de la rutina operativa y no una actividad externa o reactiva.

De esta manera, el sistema de indicadores de desempeño se convierte en un mecanismo clave para asegurar la sostenibilidad de la mejora, manteniendo el proceso bajo control, alineado a la capacidad real del sistema y orientado al cumplimiento consistente de los objetivos productivos.

5.7.2 Estandarización y documentación del proceso

La estandarización y documentación del proceso constituyen el eje central para asegurar la sostenibilidad de la mejora implementada. Una vez diseñada e implementada la propuesta de

optimización del flujo productivo, resulta indispensable formalizar la forma correcta de operar el proceso, de manera que la mejora no dependa del criterio individual de los operadores ni de la supervisión reactiva.

En el diagnóstico del proceso se evidenció que la ausencia de reglas operativas claras, documentación formal y criterios de control consistentes contribuyó a la variabilidad del flujo productivo y a la reaparición del cuello de botella en la etapa de empaque. Por esta razón, la propuesta incorpora un sistema de estandarización compuesto por herramientas operativas, documentales y visuales que actúan directamente sobre la ejecución diaria del proceso.

La estandarización se concibe como un sistema integrado que define qué se hace, cómo se hace, quién lo hace y en qué condiciones el proceso se considera estable. Este sistema permite reducir la variabilidad, facilitar el control del desempeño, asegurar la continuidad operativa ante cambios de turno o de personal y prevenir la regresión a prácticas anteriores.

Herramientas de estandarización y documentación utilizadas

A continuación, se describen las herramientas de estandarización implementadas, así como la forma en que se integran a la operación del proceso productivo.

Herramienta 1: Procedimiento Operativo Estandarizado (POE)

El Procedimiento Operativo Estandarizado define de manera formal y estructurada el método correcto de operación de la etapa de empaque. Este documento establece la secuencia de actividades, los parámetros operativos permitidos, los puntos de control y las responsabilidades asociadas a la operación.

El POE constituye la referencia base para la ejecución del proceso, la capacitación del personal y la verificación del cumplimiento del método estandarizado. Su aplicación permite asegurar que la operación se realice de manera uniforme, independientemente del turno u operador.

Tabla 36. Machote – Procedimiento Operativo Estandarizado (POE)

Elemento	Descripción
Proceso	Empaque de harina

Objetivo	Estandarizar la operación y asegurar el flujo productivo
Alcance	Operadores y supervisores de empaque
Responsable	Supervisor de producción
Secuencia de actividades	Paso 1 – Preparación del equipo Paso 2 – Ajuste de parámetros Paso 3 – Inicio de operación Paso 4 – Control de WIP Paso 5 – Cierre de turno
Parámetros críticos	Ritmo de empaque, nivel máximo de WIP
Acciones ante desviación	Aplicar acciones correctivas definidas
Versión	V1.0
Fecha	2025

Nota: Elaboración propia con base en la propuesta de estandarización y control del proceso productivo 2025.

Herramienta 2: Instrucciones de trabajo visuales

Las instrucciones de trabajo visuales complementan el POE mediante el uso de elementos gráficos ubicados directamente en el área de trabajo. Estas instrucciones resumen los pasos críticos de la operación, los parámetros clave y los criterios de parada, facilitando la consulta inmediata durante la ejecución del proceso.

Esta herramienta reduce errores operativos, refuerza el método estandarizado y disminuye la dependencia de la memoria o experiencia individual del operador.

Tabla 37. Machote – Instrucción de trabajo visual

Elemento visual	Contenido
Título	Operación estandarizada de empaque
Pasos clave	Preparar equipo – Ajustar parámetros – Operar – Controlar WIP
Parámetros permitidos	Ritmo objetivo, límite de WIP
Señales de alerta	Acumulación excesiva, detenciones
Acción inmediata	Notificar al supervisor y aplicar POE
Ubicación	Área de empaque

Nota: Elaboración propia con base en la propuesta de estandarización y control del proceso productivo 2025.

Herramienta 3: Lista de verificación operativa (Checklist)

La lista de verificación operativa permite asegurar el cumplimiento diario del método estandarizado. Esta herramienta obliga a verificar las condiciones de operación, el control del flujo y el respeto a los parámetros definidos, generando evidencia del control del proceso.

El checklist es utilizado por el operador y validado por el supervisor de turno, integrándose a la rutina operativa diaria.

Tabla 38. Machote – Checklist operativo diario

Ítem	Verificación	Cumple (Sí/No)	Observaciones
POE disponible y vigente	Documentación		
Parámetros de empaque correctos	Operación		

Ítem	Verificación	Cumple (Sí/No)	Observaciones
WIP dentro del límite permitido	Flujo		
Ritmo de empaque estable	Desempeño		
Incidencias reportadas	Control		
Firma operador			
Firma supervisor			

Nota: Elaboración propia con base en la propuesta de estandarización y control del proceso productivo 2025.

Herramienta 4: Control visual del inventario en proceso (WIP)

El control visual del WIP establece un límite máximo permitido de inventario entre molienda y empaque. Este control se materializa mediante señales visuales o físicas que permiten identificar de forma inmediata cuando el proceso se encuentra fuera de control.

Esta herramienta actúa como un mecanismo preventivo para evitar la sobrealimentación del sistema y la saturación de la etapa restrictiva.

Tabla 39. Machote – Control visual de WIP

Elemento	Definición
Punto de control	Área de transferencia molienda–empaque
Límite máximo permitido	6 toneladas
Tipo de señal	Marca visual / señalización
Acción al superar el límite	Reducir liberación desde molienda
Responsable	Supervisor de turno

Nota: Elaboración propia con base en la propuesta de estandarización y control del proceso productivo 2025.

Herramienta 5: Control documental y gestión de versiones

Para asegurar la permanencia del estándar en el tiempo, se establece un mecanismo de control documental que regula la actualización de los documentos operativos. Cualquier modificación al método de trabajo debe ser evaluada, autorizada y documentada formalmente.

Este control evita la degradación progresiva del estándar y asegura que todos los turnos operen bajo la misma versión del método.

Tabla 40. Machote – Control de versiones documentales

Documento	Versión	Fecha	Cambio realizado	Aprobado por
POE Empaque	V1.0	2025	Versión inicial	Jefatura
Checklist	V1.0	2025	Versión inicial	Jefatura

Nota: Elaboración propia con base en la propuesta de estandarización y control del proceso productivo 2025.

Herramienta 6: Estandarización de la capacitación operativa

La capacitación operativa se basa en el uso del POE, las instrucciones visuales y el checklist, asegurando que todos los operadores reciban la misma formación. Esta capacitación se aplica tanto en la inducción de nuevo personal como en refuerzos periódicos.

Tabla 41. Machote – Plan básico de capacitación operativa

Elemento	Descripción
Público objetivo	Operadores y supervisores
Contenido	POE, control de WIP, checklist
Duración	30–45 minutos
Frecuencia	Inicial y refuerzos trimestrales
Responsable	Supervisor / Ingeniería

Nota: Elaboración propia con base en la propuesta de estandarización y control del proceso productivo 2025.

Cierre de la estandarización

La aplicación conjunta de estas herramientas permite que la mejora implementada se mantenga operativa en el tiempo, reduciendo la variabilidad, fortaleciendo la disciplina del proceso y asegurando la continuidad del flujo productivo. La estandarización convierte la solución en parte integral del sistema de gestión operativa, garantizando que los beneficios obtenidos no se pierdan y que el proceso opere de forma estable y controlada.

5.7.3 Seguimiento y control de la mejora

El seguimiento y control de la mejora tiene como objetivo asegurar que la propuesta implementada se mantenga efectiva en el tiempo y que el proceso continúe operando de manera estable, alineado con los estándares definidos y los indicadores de desempeño establecidos. Este seguimiento permite verificar que la mejora no solo se ejecute correctamente, sino que se consolide como parte de la gestión diaria del proceso productivo.

A diferencia de la estandarización, que define cómo debe operarse el proceso, el seguimiento y control se enfoca en verificar que dicha forma de operación se cumpla de manera sistemática, identificar desviaciones y aplicar acciones correctivas oportunas. De esta manera, se evita que el proceso regrese gradualmente a condiciones previas y se refuerza la disciplina operativa.

El control de la mejora se estructura mediante rutinas de seguimiento en distintos horizontes de tiempo (diario, semanal y mensual), integradas a la operación normal del proceso y alineadas con los niveles de responsabilidad existentes en la organización.

Sistema de seguimiento de la mejora

El sistema de seguimiento se basa en la revisión periódica de los indicadores de desempeño, el cumplimiento de los estándares operativos y la evaluación de la estabilidad del flujo productivo. Este sistema permite tomar decisiones basadas en datos y no en percepciones, fortaleciendo la gestión del proceso.

Rutinas de seguimiento operativo

Seguimiento diario

El seguimiento diario se orienta a verificar el cumplimiento del método estandarizado y el control del flujo productivo durante la operación normal. Este seguimiento es responsabilidad directa del supervisor de turno y se apoya en el uso del checklist operativo y los registros de control definidos.

Las principales actividades del seguimiento diario incluyen:

Verificación del cumplimiento del POE.

Control del nivel de inventario en proceso (WIP).

Monitoreo del ritmo de operación de la etapa de empaque.

Registro de incidencias y desviaciones.

Tabla 42. Machote – Seguimiento diario del proceso

Elemento a verificar	Cumple (Sí/No)	Observaciones
POE aplicado correctamente		
WIP dentro del límite		
Ritmo de empaque estable		
Incidencias registradas		
Firma supervisor		

Nota: Elaboración propia (2025).

Seguimiento semanal

El seguimiento semanal tiene como finalidad evaluar el desempeño global del proceso y la estabilidad del flujo productivo. En esta revisión se analizan los indicadores clave de desempeño definidos en el apartado 5.7.1, comparando los resultados obtenidos con las metas establecidas.

Este seguimiento permite identificar tendencias, evaluar la consistencia entre turnos y validar el cumplimiento del plan semanal de producción. Asimismo, facilita la toma de decisiones preventivas antes de que las desviaciones se conviertan en problemas recurrentes.

Tabla 43. Machote – Revisión semanal del desempeño

Indicador	Meta	Resultado	Cumple	Acción requerida
Tiempo de espera	≤ 1 h			
WIP	≤ 6 ton			
Cumplimiento del plan	≥ 95 %			
Ritmo de empaque	$\geq 3,8$ ton/h			
Observaciones generales				

Nota: Elaboración propia (2025).

Seguimiento mensual

El seguimiento mensual se orienta a evaluar la sostenibilidad de la mejora en el mediano plazo. En esta instancia se analizan indicadores agregados como el OEE de la etapa de empaque, la estabilidad del proceso y el impacto económico de la propuesta.

Esta revisión permite validar que los beneficios esperados se mantienen en el tiempo y que la propuesta continúa siendo efectiva bajo condiciones normales de operación y variaciones de demanda.

Ciclo de control y mejora continua

El seguimiento y control de la mejora se integran en un ciclo de gestión continua que permite mantener el proceso bajo control y aplicar ajustes de forma estructurada. Este ciclo contempla las siguientes etapas:

Ejecución del proceso bajo el método estandarizado.

Medición del desempeño mediante KPI.

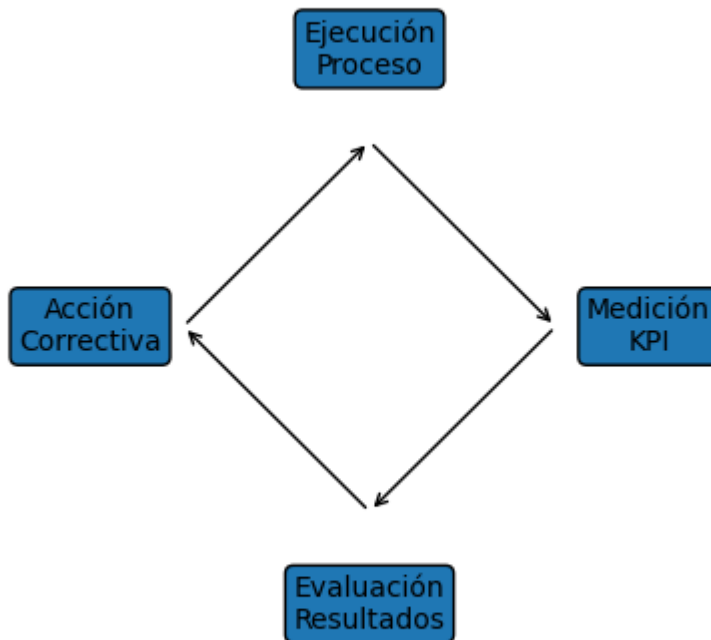
Evaluación de resultados en rutinas de seguimiento.

Aplicación de acciones correctivas cuando se detectan desviaciones.

Verificación de la efectividad de las acciones.

Este ciclo asegura que el proceso se mantenga estable y que cualquier ajuste se realice sin comprometer la lógica central de la propuesta.

Figura 12.Ciclo de seguimiento y control de la mejora.



Nota: Elaboración propia 2025.

Acciones correctivas y preventivas

El sistema de seguimiento se complementa con la definición de acciones correctivas estandarizadas que se activan cuando un indicador se desvía de su valor objetivo. Estas acciones permiten responder de manera estructurada y evitar soluciones improvisadas.

Tabla 44. Machote – Acciones correctivas ante desviaciones

Indicador afectado	Condición	Acción	Responsable
WIP excedido	> 6 ton	Reducir liberación desde molienda	Supervisor
Tiempo de espera alto	> 1 h	Ajustar ritmo de alimentación	Supervisor
Bajo cumplimiento del plan	< 95 %	Reajustar planificación	Planeación
Variabilidad entre turnos	Alta	Refuerzo de capacitación	Supervisor

Nota: Elaboración propia (2025).

Cierre del seguimiento y control

El sistema de seguimiento y control de la mejora permite consolidar la propuesta implementada como parte de la gestión operativa del proceso productivo. Al integrar rutinas de control, indicadores de desempeño y acciones correctivas estandarizadas, se asegura que la mejora se mantenga en el tiempo y que el proceso opere de manera estable y predecible.

De esta forma, el seguimiento deja de ser una actividad reactiva y se convierte en un mecanismo preventivo que fortalece la sostenibilidad de la propuesta y la capacidad de la empresa para gestionar su flujo productivo de manera sistemática.

5.8 Gestión de riesgos de la propuesta

La gestión de riesgos de la propuesta tiene como objetivo identificar, analizar y mitigar los eventos que podrían afectar la correcta implementación y sostenibilidad de las mejoras planteadas. En proyectos de mejora de procesos, los riesgos no se limitan a fallas técnicas,

sino que incluyen factores operativos, organizacionales y humanos que pueden comprometer el logro de los beneficios esperados.

Dado que la propuesta se basa principalmente en cambios organizativos, estandarización y control del flujo productivo, la gestión de riesgos se enfoca en asegurar la adopción del nuevo método de trabajo, la disciplina operativa y la continuidad del sistema de control en el tiempo. La identificación temprana de riesgos permite definir acciones preventivas que reduzcan su probabilidad de ocurrencia o su impacto sobre el proceso.

La gestión de riesgos se integra al plan de implementación y al sistema de control definido en el Capítulo V, funcionando como un mecanismo adicional para proteger la estabilidad del proceso y garantizar la sostenibilidad de la mejora.

5.9 Identificación y análisis de riesgos

Los riesgos se identificaron considerando las etapas de implementación, operación y control de la propuesta, así como la experiencia observada durante el diagnóstico del proceso. Para cada riesgo se evaluó su probabilidad de ocurrencia y su impacto potencial sobre el desempeño del proceso.

Matriz de riesgos de la propuesta

Tabla 45. Identificación, evaluación y mitigación de riesgos

Riesgo identificado	Causa probable	Impacto en el proceso	Probabilidad	Nivel de riesgo	Acción de mitigación	Responsable
Resistencia al cambio del personal	Hábitos previos, falta de compromiso	Incumplimiento del estándar	Media	Alto	Capacitación estructurada y seguimiento	Supervisor

Incumplimiento del POE	Falta de disciplina operativa	Variabilidad del flujo	Media	Alto	Checklist diario y supervisión	Supervisor
Exceso de WIP	Presión por producir más	Saturación del sistema	Media	Alto	Control visual de WIP y reglas claras	Supervisor
Falta de seguimiento de KPI	Sobrecarga operativa	Pérdida de control del proceso	Baja	Medio	Rutinas semanales de revisión	Planeación
Rotación de personal	Cambios organizativos	Pérdida del método	Media	Medio	Capacitación estandarizada	Supervisión
Desactualización de documentos	Cambios informales	Deterioro del estándar	Baja	Medio	Control documental y versiones	Ingeniería
Variación de la demanda	Cambios del mercado	Desbalance del flujo	Media	Medio	Ajuste periódico del plan	Planeación

Nota: Elaboración propia con base en la propuesta de mejora y el análisis del proceso productivo 2025.

Estrategia de mitigación de riesgos

Las acciones de mitigación definidas se orientan principalmente a la prevención, buscando reducir la probabilidad de ocurrencia de los riesgos más críticos. En los casos donde el riesgo no puede eliminarse completamente, se establecen mecanismos de control que permiten minimizar su impacto sobre el proceso.

La capacitación operativa, la estandarización del método de trabajo y el seguimiento sistemático de los indicadores de desempeño constituyen las principales barreras de protección frente a los riesgos identificados. Asimismo, la asignación clara de responsables permite asegurar que las acciones de mitigación se ejecuten de forma oportuna y consistente.

Integración de la gestión de riesgos al sistema de control

La gestión de riesgos no se considera un elemento independiente, sino que se integra al sistema de control, evaluación y sostenibilidad definido en el apartado 5.7. Los riesgos asociados al incumplimiento del estándar, al desbalance del flujo o a la pérdida de control del proceso se monitorean indirectamente mediante los KPI establecidos y las rutinas de seguimiento diario, semanal y mensual.

Cuando se detecta una desviación significativa en los indicadores de desempeño, esta se analiza también desde la perspectiva de riesgo, permitiendo identificar si existe un evento subyacente que deba ser gestionado de manera preventiva o correctiva.

Cierre de la gestión de riesgos

La incorporación de un enfoque de gestión de riesgos fortalece la propuesta de mejora al anticipar escenarios que podrían comprometer su implementación y sostenibilidad. Al identificar riesgos, definir acciones de mitigación y asignar responsables, la empresa incrementa su capacidad para mantener el control del proceso y preservar los beneficios obtenidos.

De esta manera, la gestión de riesgos complementa el plan de control y evaluación, asegurando que la propuesta no solo sea técnicamente viable, sino también resiliente ante cambios operativos y organizacionales, cerrando de forma integral el Capítulo V del proyecto.

VI. CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El desarrollo del presente Trabajo Universitario permitió cumplir de manera satisfactoria el objetivo general del proyecto, orientado a la optimización del flujo productivo en la empresa FHACASA, mediante la identificación de un cuello de botella operativo y el diseño de una propuesta de mejora basada en principios y herramientas de la Ingeniería Industrial. El proyecto se abordó desde una perspectiva sistémica, considerando la interacción entre las distintas etapas del proceso productivo y priorizando el análisis del flujo sobre la capacidad aislada de cada operación.

A partir del análisis realizado, se concluye que el principal problema del proceso productivo no estaba asociado a una insuficiencia de recursos o infraestructura, sino a un desbalance operativo entre las etapas de molienda y empaque. Este desbalance generaba acumulación de inventario en proceso, tiempos de espera elevados y un bajo cumplimiento del plan de producción, afectando el desempeño global del sistema. La identificación de este comportamiento permitió orientar el proyecto hacia la restricción real del proceso, evitando soluciones parciales o inversiones innecesarias.

El análisis de causas raíz evidenció que un número reducido de factores explicaba la mayor parte del problema, confirmando que la falta de control del inventario en proceso, los tiempos de ciclo elevados en la etapa de empaque y la ausencia de reglas operativas claras incidían directamente en la inestabilidad del flujo productivo. Este hallazgo permitió enfocar la solución en la optimización del flujo y no únicamente en el aumento de la capacidad instalada, lo cual representa un aprendizaje clave para la gestión de procesos productivos.

La propuesta de mejora diseñada se fundamentó en el balance del flujo productivo, la estandarización del método de trabajo y la implementación de herramientas de control orientadas a la estabilidad del proceso. Se concluye que la aplicación disciplinada de estas herramientas permite mejorar el desempeño del proceso de manera significativa, logrando

una operación más predecible, controlada y alineada con la capacidad real del sistema, sin requerir inversiones elevadas en maquinaria o infraestructura.

Uno de los principales aportes del proyecto a la empresa FHACASA es la formalización de un método de trabajo estandarizado para la etapa de empaque, el cual define de manera clara la secuencia de actividades, los parámetros operativos y los puntos de control del proceso. Este aporte contribuye a reducir la variabilidad operativa entre turnos y operadores, fortaleciendo la disciplina del proceso y facilitando su control en el tiempo.

Asimismo, el proyecto aportó a la empresa un sistema estructurado de indicadores de desempeño que permite monitorear variables críticas como el tiempo de ciclo, el inventario en proceso, el cumplimiento del plan de producción y el desempeño global del equipo. La definición de estos indicadores, junto con sus metas y responsables, constituye una herramienta clave para la toma de decisiones basada en datos y no en percepciones, fortaleciendo la gestión operativa del proceso productivo.

Otro resultado relevante del proyecto es el diseño de un plan de control, evaluación y sostenibilidad que integra la estandarización documental, las rutinas de seguimiento y la gestión de riesgos. Se concluye que la sostenibilidad de una mejora no depende únicamente de su diseño técnico, sino de la existencia de mecanismos formales que aseguren su aplicación constante y su adaptación controlada ante cambios en la operación. En este sentido, el proyecto aporta una estructura que permite institucionalizar la mejora y reducir la probabilidad de regresión a prácticas operativas anteriores.

Desde la perspectiva de los beneficiarios, se concluye que los principales beneficiarios directos del proyecto son la empresa FHACASA y el personal operativo y de supervisión involucrado en el proceso productivo. La empresa se beneficia al contar con un proceso más estable, eficiente y controlado, mientras que el personal dispone de reglas operativas claras, herramientas de apoyo y un método de trabajo definido que reduce la incertidumbre y la presión operativa. De manera indirecta, los clientes de la empresa se benefician al recibir un producto con mayor confiabilidad en los tiempos de entrega, y la organización en su conjunto fortalece su capacidad para gestionar procesos productivos de forma sistemática.

En términos económicos, se concluye que el proyecto genera beneficios en distintos horizontes de tiempo. En el corto plazo, la reducción de tiempos improductivos y de inventario en proceso permite un mejor aprovechamiento de la capacidad instalada y una disminución de pérdidas operativas. En el mediano plazo, la estabilidad del flujo productivo y la mejora en el cumplimiento del plan de producción contribuyen a una operación más eficiente y predecible. En el largo plazo, la sostenibilidad de la mejora fortalece la competitividad de la empresa y su capacidad para responder de manera controlada a variaciones en la demanda o cambios organizativos.

Las inversiones necesarias para la implementación de la propuesta se concentran principalmente en actividades de carácter organizativo y operativo, tales como capacitación del personal, elaboración de documentación y establecimiento de mecanismos de control. Se concluye que estas inversiones representan un bajo riesgo financiero en comparación con los beneficios esperados, lo que hace que la propuesta sea económicamente viable y atractiva para la empresa.

Finalmente, se concluye que el proyecto valida la importancia de aplicar un enfoque integral y sistemático en la solución de problemas productivos, priorizando el análisis del flujo, la estandarización y el control del proceso. La experiencia desarrollada demuestra que la Ingeniería Industrial aporta herramientas efectivas para resolver problemas reales en contextos productivos, generando impactos positivos tanto a nivel operativo como económico, y contribuyendo al fortalecimiento de la gestión de procesos en la organización.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda a la empresa FHACASA implementar de manera formal y progresiva la propuesta de optimización del flujo productivo, asegurando que el personal involucrado comprenda la lógica del balance del proceso y la importancia de respetar la restricción identificada en la etapa de empaque.

Se recomienda institucionalizar el uso del Procedimiento Operativo Estandarizado (POE), las instrucciones de trabajo visuales y las listas de verificación operativas como herramientas obligatorias en la ejecución diaria del proceso, evitando que su aplicación dependa del criterio individual de los operadores o supervisores.

Se sugiere mantener un control estricto del inventario en proceso entre las etapas de molienda y empaque, respetando los límites establecidos y utilizando la gestión visual como mecanismo preventivo para evitar la sobrealimentación del sistema y la reaparición del cuello de botella.

Se recomienda dar seguimiento sistemático a los indicadores de desempeño definidos en el proyecto, tales como el tiempo de ciclo, el nivel de WIP, el cumplimiento del plan de producción y el OEE de la etapa de empaque, asegurando que estos indicadores se utilicen activamente para la toma de decisiones operativas.

Se aconseja realizar revisiones periódicas del desempeño del proceso a nivel semanal y mensual, con el fin de evaluar la estabilidad del flujo productivo y detectar de manera temprana desviaciones que puedan afectar la sostenibilidad de la mejora implementada.

Se recomienda reforzar la capacitación operativa del personal, tanto en la etapa inicial de implementación como de forma periódica, especialmente ante cambios de turno o incorporación de nuevos operadores, para asegurar la correcta aplicación del método estandarizado.

Se sugiere mantener actualizado el sistema de control documental, asegurando que cualquier modificación al método de trabajo, a los parámetros operativos o a las herramientas de control sea debidamente evaluada, documentada y comunicada, evitando cambios informales que comprometan la estabilidad del proceso.

Se recomienda a la empresa adoptar un enfoque sistémico en la gestión de sus procesos productivos, priorizando el análisis del flujo y la interacción entre operaciones sobre la optimización aislada de cada etapa del proceso.

Se sugiere extender gradualmente el uso de herramientas de estandarización, control y seguimiento a otras áreas del proceso productivo, aprovechando la experiencia adquirida durante la ejecución de este proyecto para fortalecer la gestión operativa a nivel organizacional.

Se recomienda considerar, en futuras etapas, la evaluación de impactos adicionales derivados de la mejora del proceso, tales como aspectos ambientales, de sostenibilidad o de seguridad ocupacional, que complementen los beneficios operativos y económicos obtenidos.

Se aconseja que la empresa continúe utilizando indicadores de desempeño como base para la toma de decisiones estratégicas y operativas, promoviendo una cultura organizacional orientada a la mejora continua y al uso de datos confiables.

Se recomienda evaluar periódicamente la viabilidad de nuevas mejoras en el proceso productivo, considerando cambios en la demanda, crecimiento de la empresa o incorporación de nuevas tecnologías, asegurando que dichas mejoras se integren de manera controlada al sistema existente.

Finalmente, se recomienda documentar y sistematizar la experiencia obtenida durante el desarrollo e implementación de este proyecto, de modo que sirva como referencia para futuros proyectos de mejora y como apoyo en la formación continua del personal y de futuros profesionales en Ingeniería Industrial.

VII. CAPITULO VII: BIBLIOGRAFIAS

A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) (7 ed.). (2023). PMI Publications.

Akao, Y. (2021). *Quality Function Deployment*. Productivity Press.

Al-Falah, M. (2022). Implementation of Six Sigma to increase sigma level: A case study of food industry. Obtenido de <https://ieomsociety.org/proceedings/2022malaysia/400.pdf>

Bojorge Centeno, K. (2025). *Propuesta de mejora mediante Six Sigma en Muebles Akiro*.

Cortés, J. (2021). *Ergonomía y productividad industrial*. Alfaomega.

- Costa, L., Silva, A., & Santos, D. (2021). Sustainable food manufacturing through Lean Six Sigma integration. *International Journal of Food Engineering*, 17(4), 328-337. doi:10.1515/ijfe-2021-0112
- Dabic-Miletić, S. (2025). Industrial food process improvement by waste minimization in pasta packaging using DMAIC methodology. *Journal of Industrial Intelligence*, 3(1), 20-30. doi:10.56578/jii030103
- Dora, M., & Gellynck, X. (2015). Lean Six Sigma in the food processing industry: A case study. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(11), 1472-1491. doi:10.1108/JMTM-02-2015-0022
- Escalante, F., & Ulate, C. (2024). *Métricas de desempeño industrial y toma de decisiones basada en datos*. McGraw-Hill.
- García-Sabater, J. (2022). *Fundamentos de ingeniería industrial y mejora continua*. Reverté.
- George, M. (2021). *Lean Six Sigma: DMAIC implementation handbook*. McGraw-Hill.
- Goldratt, E. (2021). *The Goal: A Process of Ongoing Improvement* (30th Anniversary ed.). North River Press.
- Harrington, H. (2021). *Business Process Improvement*. McGraw-Hill Education.
- Heizer, J., & Render, B. (2023). *Operations Management* (13 ed.). Pearson.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2022). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management* (13 ed.). Pearson.
- Hernández, L., & Ramírez, A. (2021). *Optimización de procesos industriales*. Limusa.
- Ishikawa, K. (2021). *Guide to Quality Control*. Asian Productivity Organization.
- Kaplan, R., & Norton, D. (2022). *The Balanced Scorecard*. Harvard Business Review Press.
- Kerzner, H. (2022). *Project Management* (13 ed.). Wiley.

- Kusek, J., & Rist, R. (2021). *Ten Steps to a Results-Based Monitoring and Evaluation System* (2 ed.). World Bank Publications.
- Liker, J. (2023). *The Toyota Way*. McGraw-Hill.
- Little, J. (2021). Little's Law as Viewed on its 60th Anniversary. *Operations Research*, 69(3), 536-549.
- López, R., & Pacheco, E. (2022). *Gestión de la calidad y estandarización de procesos productivos*. Editorial Tecnológica.
- Mills, E. (2022). *Cycle time analysis and bottleneck management in manufacturing systems*. Elsevier.
- Montgomery, D. (2022). *Introduction to Statistical Quality Control* (8 ed.). John Wiley & Sons.
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2021). Performance Measurement using Overall Equipment Effectiveness. *International Journal of Production Research*.
- Nakajima, S. (2021). *Total Productive Maintenance & OEE Handbook*. Productivity Press.
- Ohno, T. (2021). *Toyota Production System*. Productivity Press.
- Parmenter, D. (2021). *Key Performance Indicators* (4 ed.). John Wiley & Sons.
- Pineda, P. (2025). Información sobre operación productiva de FHACASA.
- Rodríguez, F., Castro, J., & Molina, E. (2024). The role of Lean Six Sigma in reducing food waste in the food industry: A case study. Obtenido de https://laccei.org/LACCEI2024-CostaRica/papers/Contribution_1082_final_a.pdf
- Sanabria Pérez, M. (2025). *Modelo de planificación mediante DMAIC para aumento de capacidad en Calox Costa Rica*.
- Schwalbe, K. (2021). *Information Technology Project Management* (10 ed.). Cengage.

- Serrano Amaya, K. (2025). *Mejora de eficiencia de la línea 4 de Enteral Feeding*.
- Shingo, S. (2021). *The Principles of Continuous Flow Manufacturing*. CRC Press.
- Slack, N. (2024). *Operations Management for Capacity Strategies* (12 ed.). Pearson.
- Slack, N. (2024). *Operations Management: Performance and Strategic Alignment* (12 ed.). Pearson. Obtenido de <https://www.pearson.com/operations-strategic-alignment-2024>
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Burgess, N. (2022). *Operations Management* (10 ed.). Pearson.
- Stevenson, W. (2021). *Operations Management* (14 ed.). McGraw-Hill Education.
- Torres, M. (2023). *Competitividad y productividad en industrias alimentarias*. UOC Press. Obtenido de <https://www.uocpress.com/competitividad-alimentaria-2023>
- Torres, M. (2023). *Industria alimentaria, competitividad y seguridad económica*. UOC Press.
- Obtenido de <https://maps.app.goo.gl/KCEfjttXzYHMEYF7A>
- Widiwati, I., Liman, S., & Nurprihatin, F. (2024). The implementation of Lean Six Sigma approach to minimise waste at a food manufacturing industry. *Journal of Engineering Research*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2307187724000221>
- Womack, J., & Jones, D. (2022). *Lean Thinking*. Productivity Press.

VIII. CAPITULO VIII: ANEXOS

Anexo 1. Procedimiento Operativo Estandarizado (POE) – Empaque de Harina



PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO (POE) – Empaque DE HARINA

Empresa:	FHACASA	Área:	Producción – Empaque
Fecha:	1	Versión:	Abril, 2025
Elaborado por:	Depto de Aseguramiento de Calidad		POE-FHA-E01

1. OBJETIVO

Establecer el procedimiento operativo estandarizado para el empaque de harina, asegurando la consistencia en la calidad, seguridad y eficiencia del proceso.

2. ALCANCE

Aplica a todo el personal en el proceso de empaque de harina en FHACASA, incluyendo operadores, supervisores y personal de calidad.


3. RESPONSABILIDADES

Rol	Responsabilidades
Operadores	• Ejecutar el proceso de empaque según este POE, realizar controles de calidad y reportar incidencias.
Supervisor de Producción	• Verificar la correcta ejecución del POE, resolver problemas operativos y reportar resultados al departamento de calidad.
Depto. de Aseguramiento de Calidad	• Evaluar y validar el cumplimiento del POE y liderar acciones correctivas.

4. MATERIALES Y EQUIPOS

Paso	Descripción	Descripción
1	• Verificar limpieza y orden del área. • Verificar calibración de bascula.	Preparar materiales (harina, sacos, etiquetas, EPP) Verificar calibración de bascula.
2	• Llenar los sacos con la cantidad de harina especificada. Sellar los sacos con automáticamente.	
3	• Registrar peso, sellado, integridad y etiquetado. Corregir las no conformidades defectadas según procedimiento establecido.	

Anexo 2. LISTA DE VERIFICACIÓN OPERATIVA (CHECKLIST) – ETAPA DE EMPAQUE



LISTA DE VERIFICACIÓN OPERATIVA – EMPAQUE

Área:	Producción – Empaque		
Turno:	<input type="checkbox"/> Mañana	<input type="checkbox"/> Tarde	<input type="checkbox"/> Noche
Fecha:	_____	Operador: _____	
Supervisor:	_____		

Ítem	Verificación	Sí	No	Observaciones
1.	Área de empaque limpia y ordenada al inicio del turno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.	Disponibilidad de sacos e insumos para el turno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.	WIP inicial dentro del límite establecido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4.	Equipo de empaque en condiciones operativas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.	Parámetros de operación ajustados según estándar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6.	Ritmo de empaque acorde al estándar definido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7.	Control periódico de peso y sellado realizado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8.	Nivel de WIP monitoreado durante el turno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9.	Acumulaciones anormales notificadas al supervisor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10.	Detenciones registradas en bitácora	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11.	Producción del turno registrada correctamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12.	WIP final registrado al cierre del turno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13.	Area entregada limpia y ordenada al siguiente turno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14.	Incidencias comunicadas en traspaso de turno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

ACCIONES CORRECTIVAS (SI APLICA)

Ítem	Desviación detectada	Acción correctiva aplicada	Responsable

Firma de operador: _____ Firma de supervisor: _____ Fecha: _____

800 HARINAS (800-427-4627) alc.mercadeo@molinosmodernos.com • FHACASA

Anexo 3. Instrucciones de trabajo visuales / contexto operativo del empaque



FHACASA
FABRICA DE HARINAS DE CENTROAMERICA, S.A.

Presentaciones enfocadas a la Seguridad Industrial

Somos una empresa certificada en BRC, lo que garantiza a nuestros clientes, productos con altos estándares en seguridad e inocuidad.

Preocupados por ofrecerles lo mejor, nuestras harinas son empaçadas en sacos de polipropileno laminado y microperforado. Su tecnología hace que el saco se rasgue, al contacto con cualquier objeto punzocortante como astillas, latas u otros, como acción de seguridad.

Nuestra iniciativa basada en la norma INTE-31-09-15-00 de INTECO, nos lleva al cambio de pesos en nuestros sacos pasando de 50 kilos a 25 kilos; con el objetivo de contribuir con la salud ergonómica del personal y clientes, para prevenir lesiones asociadas al levantamiento, manejo y transporte de cargas.

Y para su conveniencia ahora también en 10 kilos

10kg

FHACASA siempre ofreciendo calidad y seguridad a nuestros clientes.
800 HARINAS (800-427-4627) • acl.mercadeo@molinosmodernos.com • Síguenos en  FHACASA

 Corporación Molinos Modernos

Anexo 4. Material visual de referencia del producto empacado



Fhacasa Fuerte

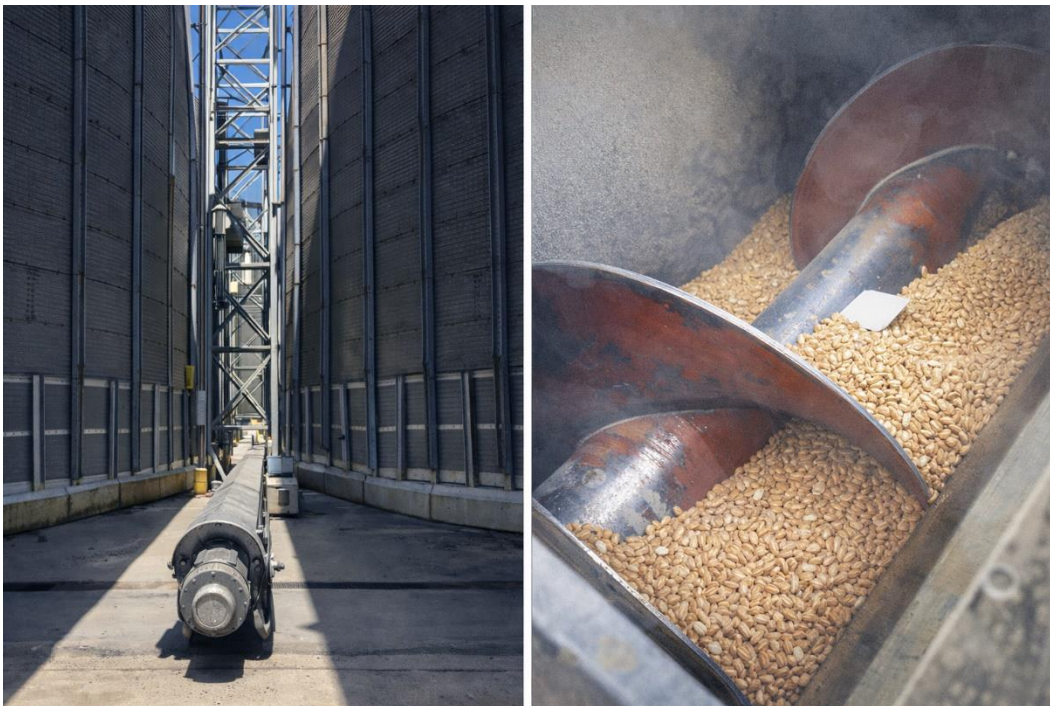
- Harina fuerte de alto rendimiento.
- Por su alta proteína y larga fermentación permite un proceso de producción controlado.
- Ideal para pan baguette, manitas, pizza, pan cuadrado, pan ciabatta y panes rústicos y/o artesanales.

Maycaplus
Válidos para tiendas:
524 puntos
Válidos para Food Service:
437 puntos

Fhacasa HARINA DE TRIGO FUERTE FHACASA
1/25KG COD: 190610

Mayca
Foodservice | a Nestlé company
Nutrimos
SU COCINA

Anexo 5. Material visual de referencia del sistema de transporte de grano



Anexo 6. Registro visual de productos atrasados por restricción del proceso



REGISTRO DE PRODUCTOS ATRASADOS POR CUELLO DE BOTELLA

Empresa: FHACASA

Área: Producción **Proceso afectado:** Empaque

Periodo: _____ **Responsable:** _____

Objetivo del registro:

Documentar la acumulación de producto pendiente de empaque generada por el desbalance de capacidad en la restricción del proceso, con el fin de evidenciar el impacto operativo del cuello de botella y apoyar la toma de decisiones.

TABLA DE PRODUCTOS ATRASADOS (BACKLOG)

Fecha	Producto	Presentación	Cantidad atrasada (kg)	Etapa origen	Causa del atraso	Acción definida	Estado
✓	Harina Hariflor Fuerte	Saco 25 kg	2,000 kg	Molienda	Saturación en empaque	Pendiente	✓
✓	Harina Integral	Saco 25 kg	1,500 kg	Molienda	Ritmo de empaque inferior	5	✓
✓	Harina Pastelero	Saco 45 kg	1,800 kg	Molienda	Tiempo de ciclo elevado	Pendiente	✓
✓	Harina Hariflor Fuerte	Paquete 25 kg	1,200 kg	Racsi separ recuroo	Reasignar recuroo	Pendiente	✓
✓	_____	_____	1,200 kg	Redienda	Capacitar recmplazo	Pendiente	✓

CLASIFICACIÓN DE CAUSAS DE ATRASO
(Marcar la principal)

Saturación del empaque

Tiempo de ciclo elevado

Falta de personal

Ajustes operativos frecuentes

Paros no programados

Acumulación de WIP. _____

Otro: _____

IMPACTO OPERATIVO OBSERVADO

Incumplimiento del plan diario

Aumento de inventario en proceso

Retrasos en despacho

Reprogramación de turnos

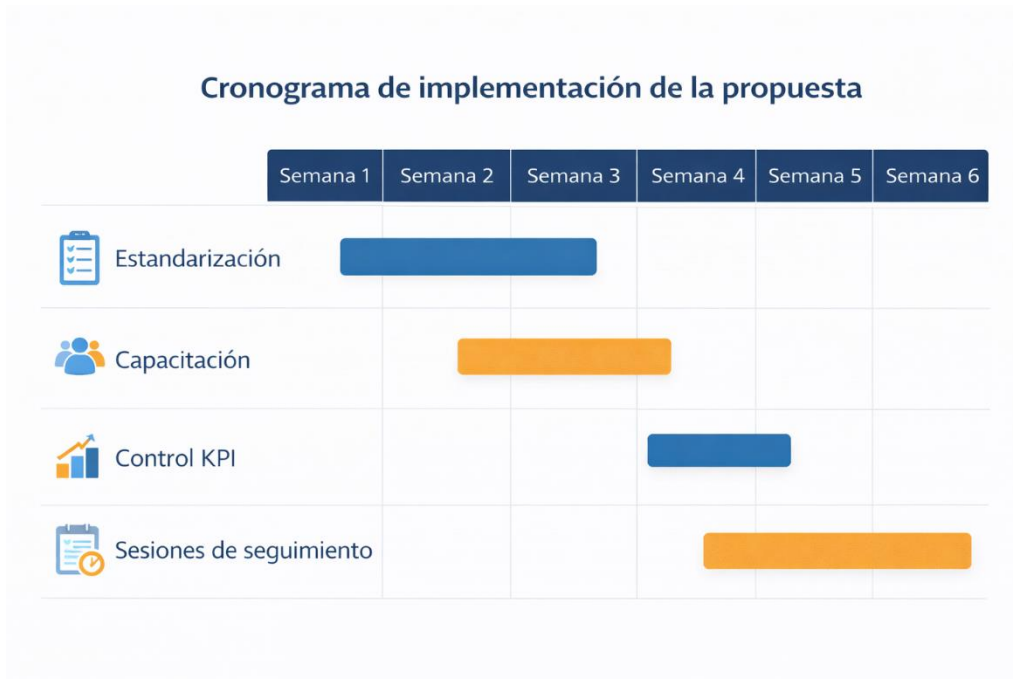
Presión operativa en la restricción

FIRMA DE VALIDACIÓN

Supervisor de Producción: _____

Fecha: _____

Anexo 7. Cronograma de implementación de la propuesta de mejora



Anexo 8. Formato visual de control de calidad del proceso de empaque



FORMATO DE CONTROL DE CALIDAD – ETAPA DE EMPAQUE

Empresa:	FHACASA		
Área:	Producción – Empaque	Proceso:	Empaque de harina
Producto:	_____	Presentación:	_____
Fecha:	_____	Turno:	<input type="checkbox"/> Mañana <input type="checkbox"/> Tarde <input type="checkbox"/> Noche
Responsable:	_____		

TABLA DE CONTROL DE CALIDAD OPERATIVO

Hora	Parámetro evaluado	Especificación	Resultado	Cumple (Si/No)	Observaciones
<input type="checkbox"/>	Peso del saco	± tolerancia establecida	_____	<input type="checkbox"/> Si / No	_____
<input type="checkbox"/>	Sellado del saco	Sellado completo y uniforme	_____	<input type="checkbox"/> Si / No	_____
<input type="checkbox"/>	Integridad del saco	Sin rupturas ni fugas	_____	<input type="checkbox"/> Si / No	_____
<input type="checkbox"/>	Etiquetado	Correcto y legible	_____	<input type="checkbox"/> Si / No	_____
<input type="checkbox"/>	Limpieza del área	Área libre de contaminación	_____	<input type="checkbox"/> Si / No	_____
<input type="checkbox"/>	Orden del puesto	Material organizado	_____	<input type="checkbox"/> Si / No	_____

REGISTRO DE NO CONFORMIDADES (SI APLICA)

Hora	No conformidad detectada	Causa probable	Acción correctiva	Responsable

RESULTADO DEL TURNO

Turno conforme Turno conforme con observaciones
 Turno no conforme

FIRMAS

Operador: _____	Supervisor: _____
Fecha: _____	Fecha: _____

DECLARACIÓN JURADA

Yo Christian Acevedo Vivas _____, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 603910201 _____ egresado de la carrera de Ingeniería Industrial _____ de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato _____, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Propuesta de mejora del proceso productivo de harina en la empresa FHACASA mediante la aplicación de metodología Lean- DMAIC, en el III cuatrimestre 2025 _____, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 10 días del mes de Marzo _____ del año dos mil 2026 _____.

Christian M. A.

Firma del estudiante

Cédula 603910201

LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y PERMITIR LA CONSULTA Y USO

Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.

ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACION DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACION ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION

San José, 10 de marzo del 2026

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Christian Acevedo Vivas con número de identificación 60391201 autor (a) del trabajo de graduación titulado Propuestas de mejora presentado y aprobado en el año 2026 como requisito para optar por el título de Bachillerato; (SI / NO) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que, con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

Christian N. A. 603910201
Firma y Documento de Identidad

ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)

CARTA DEL LECTOR

Cartago 9 de mayo de 2026

señores
Departamento de registro
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

En mi calidad de lector del proyecto de graduación presentado por el estudiante Christian Acevedo Vivas titulado "Propuesta de mejora del proceso productivo de harina en la empresa FHACASA mediante la aplicación de la metodología Lean-DMAIC, en el III cuatrimestre del 2025", para optar por el grado académico de bachillerato en Ingeniería Industrial, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso y he evaluado aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

Debido a lo anterior considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser trasladado a la siguiente etapa del proceso.

Atentamente,

ROLANDO
JOSE MOLINA
SOLIS (FIRMA)

Firmado digitalmente
por ROLANDO JOSE
MOLINA SOLIS
(FIRMA)
Fecha: 2026.05.09
10:55:26 -06'00'

Ing. Rolando José Molina Solís
Cédula identidad 1-0957-0454

CARTA DEL TUTOR

San José, 18 de marzo de 2026

Carrera Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante CHRISTIAN ACEVEDO VIVAS, cédula de identidad número 6-0391-0201, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE HARINA EN LA EMPRESA FHACASA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN-DMAIC, EN EL III CUATRIMESTRE DEL 2025**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	9%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	16%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	19%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		92%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

DAMARIS MARIA
BERMUDEZ
ELIZONDO

Firmado digitalmente por
DAMARIS MARIA BERMUDEZ
ELIZONDO
Fecha: 2026.03.18 10:47:50 -06'00'

Ing. Damaris Bermúdez Elizondo, MBA
Cédula: 1-1437-0887
Carné: II-31397