



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA Y CIENCIAS
DE LA PRODUCCIÓN**

**“Reducción de tiempo de paradas en la línea de empaque
mediante la metodología DMAIC”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS

PRESENTADO POR:

Méndez Zambrano Luis Alberto

Sancán Carreño Fernando Vicente

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2025

AGRADECIMIENTO

Muy agradecido con Dios por permitirme lograr este propósito de mi vida. Agradezco a mi tutora Sofia por la guía que nos ha dado para poder llevar a cabo nuestro proyecto.

Luis

DEDICATORIA

A mi esposa Carmen, a mis hijos Renato, Miley, Daniela y Thiago, por el apoyo incondicional que me han dado. A mis padres por siempre ser guía en mi camino personal y profesional.

Luis

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Denise Rodríguez Zurita, PhD.

Profesora de la Materia

Sofía López Iglesias, Msc.

Tutora del proyecto

DECLARATORIA EXPRESA

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

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

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

Guayaquil, 08 de marzo del 2025.

Luis Méndez

Fernando Sacán

RESUMEN

El proyecto se realizó en la ciudad de Manta, en una planta de molino de trigo, en el área de envasado, por los altos tiempos de paradas que tenía la línea de envasado en presentación de 50 kg, con un impacto de \$317.263,10 por costos de mano de obra y consumo de energía.

El objetivo del proyecto es de reducir los tiempos de paradas los mismos que presentaban un promedio de 8.23 horas mensuales. Para obtener el objetivo se implementó la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). En la etapa de Definir se utilizó herramientas para poder encontrar la Y del problema y a partir de esto ir buscando la solución al mismo. En la etapa de Medir, se ejecutó la estratificación de la información logrando encontrar el problema enfocado donde centramos el proyecto. En la etapa de Analizar se determinó las potenciales causas dentro de nuestra matriz de causa y efecto la cuales fueron 2, X9: Método de cambio de formato eficiente y X11: Falta de mantenimiento Preventivo. En la etapa de mejorar se realizó un plan de implementación para soluciones de prioridad alta, donde se ejecutó SMED para el cambio de formato y se adquirió un software para mejorar el control del mantenimiento preventivo de la línea. En la etapa de Controlar se ejecutó un plan de control de actividades donde se desarrolló un SOP para controlar los cambios de formatos y Ordenes de Trabajo para un mejor control de las actividades de mantenimiento.

Al finalizar, se logró obtener resultados favorables en el proyecto, logrando reducir los tiempos de parada de 8.23 horas promedio/mes a 4 horas promedio/mes, alcanzando ahorros significativos de \$67.454,78, cumpliendo de esta manera con el objetivo general del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABREVIATURAS	III
SIMBOLOGÍA	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	VI
CAPÍTULO 1	7
1.1. INTRODUCCIÓN	7
1.2. Antecedentes	7
1.3. Objetivos	8
1.3.1. Objetivo General	8
1.3.2. Objetivos Específicos	8
1.4. Metodología	9
1.4.1. Definir.....	9
1.4.2. Medir	9
1.4.3. Analizar	9
1.4.4. Mejoramiento.....	10
1.4.5. Control.....	10
1.4.6. Resultados esperados.....	10
CAPITULO 2	11
2. APLICACIÓN DE METODOLOGÍA	11
2.1.1. FASE DEFINICIÓN	11
2.1.2. FASE MEDICIÓN.....	21
2.1.3. DIAGRAMA DE FLUJO.....	21
2.1.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	22
2.1.5. ESTRATIFICACIÓN DE DATOS.....	22
2.1.6. FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	25
2.1.7. PROBLEMA ENFOCADO	26
CAPITULO 3	52
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	52
CAPITULO 4	56
4.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56

ABREVIATURAS

AMEF	Análisis del Modo y Efecto de Fallas
DMAIC	Definir, medir, analizar, implementar y controlar
SIPOC	Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customers (Proveedor, Entradas, Proceso, Salidas, Clientes)
SMART	Específico, Medible, Alcanzable, Realista
SOP	Standard Operation Procedure (Procedimiento Estándar de Operación)
VOC	Voice of Consumer (La Voz del Consumidor)
VS	Versus
MO	Mano de Obra

SIMBOLOGÍA

Kg.
Kw/h
h

Kilogramos
Kilovatio/hora
Hora

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Paradas de línea de empackado de harina	8
Figura 2.1 Equipo de trabajo	11
Figura 2.2 Herramienta definición de problema 4W + 2H	12
Figura 2.3. Diagrama de Afinidad	14
Figura 2.4 Árbol de Variables Críticas	15
Figura 2.5 Serie de tiempo de paradas línea de empacada de harina de 50Kg.....	16
Figura 2.6 Cálculo del GAP	16
Figura 2.7 Proyección de reducción de tiempos deparada en la línea de empackado .	17
Figura 2.8 Paradas de línea de empackado de harina presentación de 50Kg.....	20
Figura 2.9 Project Charter	20
Figura 2.10 Diagrama de flujo elaboración de harina de trigo	21
Figura 2.11 Estratificación por Turno	22
Figura 2.12 Estratificación por tipo de parada	23
Figura 2.13 Estratificación por motivos de parada.....	23
Figura 2.14 Formato para recolección de datos	25
Figura 2.16 Diagrama Causa y efecto.....	28
Figura 2.17 Matriz de causa y efecto	29
Figura 2.18 Pareto de causa y efecto.....	30
Figura 2.19 Diagrama de Gantt.....	35
Figura 2.20 Implementación de software (4tuna) pág. 1.....	40
Figura 2.21 Implementación de software (4tuna) pág. 2.....	41
Figura 2.22 Implementación de software (4tuna) pág. 3.....	42
Figura 2.23 Implementación de software (4tuna) pág. 4.....	43
Figura 2.24 Implementación de software mantenimiento (4tuna) pág. 1.....	49
Figura 2.25 Implementación de software mantenimiento (4tuna) pág. 2.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. SIPOC del proceso de elaboración de harina de Trigo	13
Tabla 2. Muestra histórica desde febrero-2024 a agosto-2024.	15
Tabla 3. Cálculo de Objetivo.....	17
Tabla 4. Proyección mensual de los gastos línea situación actual.....	18
Tabla 5. Proyección mensual de los gastos línea situación futura	18
Tabla 6. Proyección mensual de los ahorros generados	19
Tabla 7. Meta de reducción de tiempos.....	19
Tabla 8. Plan de recolección de datos.....	22
Tabla 9. Problema enfocado.....	26
Tabla 10. Matriz de causa y efecto	29
Tabla 11. Plan de verificación de causa	30
Tabla 12. Análisis de 5 por qué's	31
Tabla 13. Fase de mejorar	32
Tabla 14. Herramienta SMED.....	36
Tabla 15. Problemas mecánicos y eléctricos	38
Tabla 16. Plan de mantenimiento en excel	38
Tabla 17. Problemas mecánicos y eléctricos de diciembre y enero	39
Tabla 18. Generación de soluciones	44
Tabla 19. Planificación de soluciones a implementar.....	33
Tabla 20. Actividades de control.....	45

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El proyecto propuesto se ejecuta, en una empresa ecuatoriana, que está en el rubro de alimentos (harinas). Desde 1909, contribuye al desarrollo del país. En 2018 se posicionaron como líderes en la industria molinera del Ecuador. En respuesta a los retos del mercado y las tendencias mundiales, con un enfoque sostenible y de alta calidad, produce y comercializa productos a base de trigo y sus derivados para satisfacer las necesidades de los clientes y consumidores.

La empresa cuenta con 3 molinos en Ecuador, los mismos que están distribuidos en las ciudades de: Manta, Cayambe y Riobamba, el proyecto se realizará en la Planta de Manta, la misma que cuenta con 110 colaboradores directos. La planta procesa 140,000 ton de trigo al año. La instalación productiva cuenta con diferentes áreas, en las cuales se puede identificar la falta de lineamientos o metodologías de proceso para medir los tiempos en la línea de empaque, provocando de manera significativa retrasos en la entrega de producto a las bodegas de producto terminado y esto a su vez conlleva a entregas retrasadas ocasionando reclamos por clientes disminuyendo la productividad y la rentabilidad de la empresa.

Las frecuentes paradas en la línea de empaque generan una baja productividad, lo que a su vez provoca altos niveles de inventario en los silos de semielaborados y detiene el proceso de molienda de trigo. Además, estos retrasos afectan la entrega de productos a la bodega, lo que resulta en incumplimientos con los tiempos de entrega a los clientes y obliga a reprogramar los despachos desde la bodega de producto terminado (PT).

Desde el punto de vista de gestión de personas y talento humano, se requiere extender los turnos de trabajo para cumplir con los volúmenes establecidos, lo que incrementa los costos por pago de horas extras. Durante los meses de febrero a agosto del 2024, se analizaron las pérdidas principales, por los altos tiempos de parada en la línea de empaque de 50 kg, teniendo un impacto económico mensual promedio de \$26.438.59, por esta razón el proyecto se enfoca en encontrar los factores que impactan en los tiempos de parada, para identificar y proponer las soluciones más viables.

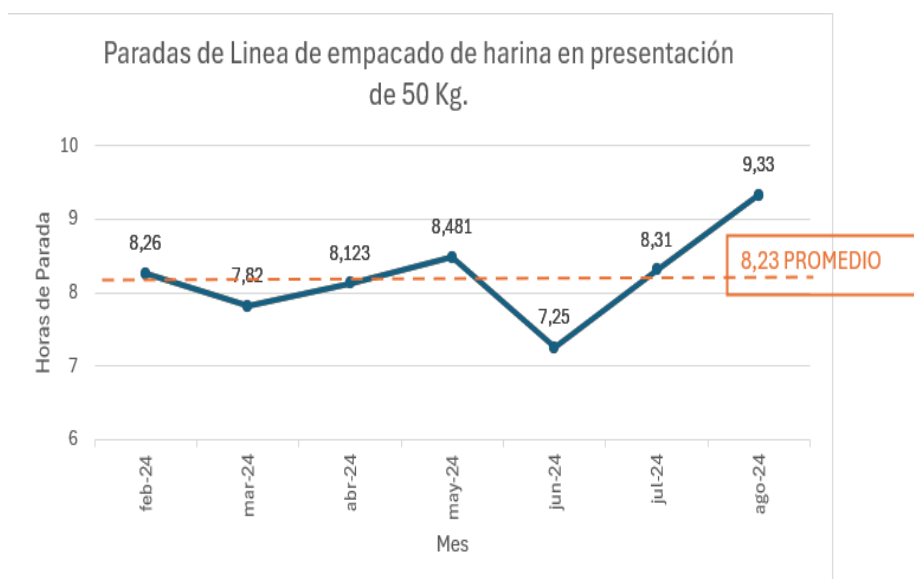


Figura 1.1 Paradas de línea de empackado de harina

Fuente: Los Autores

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Reducir los tiempos de paradas en la línea de empaque de harina en presentación de 50kg a través de la metodología DMAIC, con la finalidad de mejorar el proceso de empackado.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar las causas de los tiempos de paradas en la línea de empaque en presentación de 50 Kg, para identificar las falencias dentro del proceso.
- Determinar los criterios de estratificación de la línea de empaque para medir la desigualdad dentro del promedio de los tiempos registrados.
- Implementar las herramientas de mejora continua dentro de la línea de empackado como estrategia para la reducción de los tiempos de parada en la línea de empaque de harina en presentación de 50 kg.
- Ejecutar los controles de tiempos de mejora de acuerdo con la metodología DMAIC aplicada con el fin de evaluar la consecución del proyecto.

1.3. Metodología

De acuerdo con Salazar y Pérez, (2019) la globalización, los avances tecnológicos, el incremento y variabilidad de la demanda influye en las decisiones estratégicas de los negocios. Seis Sigma es una metodología que permite reducir los desperdicios y mejorar los procesos productivos, brindando la oportunidad a las organizaciones de mejorar su rendimiento y rentabilidad, como parte de esta metodología se tuvo la metodología DMAIC.

1.3.1. Definir

En la etapa definir, el objetivo es conocer de todos los posibles problemas o variables que afectan el producto o proceso y catalogarlos; para lograrlo, se emplean herramientas como el diagrama de SIPOC, la voz del cliente, el mapeo de proceso, el mapeo de la cadena de suministro, entre otros (Cervantes et al., 2022).

Además, en esta etapa se define una vez que se tienen las variables seleccionadas, que serían las metas alcanzar mediante la aplicación de la metodología seis sigmas y el proceso DMAIC (Lopes et al., 2023). Considerando que, una vez conocido cuál es el crítico de calidad o qué afecta la calidad, es posible determinar en cifras más congruentes qué es lo que se va a conseguir después de la reducción de las variables antes mencionadas, frecuentemente se hacen en función de los ahorros que se esperan alcanzar con la reducción de los problemas significativos que se tienen (Cervantes et al., 2022).

1.3.2. Medir

En esta fase, el equipo decide cómo se medirá el proceso, qué variables se medirán y qué equipos y métodos de medición se utilizarán. El resultado de esta fase es el cálculo de la capacidad real del proceso, es decir, cuántas veces el proceso da un resultado aceptable (Nogueira et al., 2023).

1.3.3. Analizar

De acuerdo con Salazar & Pérez, (2019b) en esta etapa se analizan los resultados y la información obtenidos de los datos recopilados en la etapa anterior. El objetivo debe ser identificar posibles acciones para reducir y eliminar la brecha entre el desempeño de calidad actual del proceso y el desempeño esperado. Los resultados de esta fase revelan posibles causas y efectos fundamentales de los cambios en el proceso. Se

utilizan varios métodos de análisis en las situaciones anteriores, como análisis de varianza, DOE, diagrama de Pareto, técnica de los 5 por qué, diagrama de Ishikawa, etc. (Tinoco, 2016).

1.3.4. Mejoramiento

Introducción En esta fase la organización debe mejorar continuamente la eficiencia de sus procesos para poder introducir nuevas tecnologías o formas de optimización más efectivas. Para lograr esta mejora, las organizaciones deben trabajar para identificar tendencias de productos y determinar los niveles de satisfacción del cliente mientras comparan su desempeño y competitividad con otras organizaciones. Técnicas de mejora como AMEF, Diseño de Experimentos, etc. ayudan a las organizaciones a tomar decisiones adecuadas (Herrera & Fontalvo, 2006).

1.3.5. Control

Según Queiroz, (2022) el objetivo de esta etapa de la metodología es garantizar que después de que el proceso haya sido analizado, corregido y estabilizado las condiciones del proceso se monitoreen utilizando técnicas de control estadístico del proceso. Cada vez que se implementa un nuevo proceso o se arregla un proceso existente y se obtiene mejores resultados que antes, habrá problemas y surgirán del aprendizaje, de las personas que realizan el proceso. Es importante tener esto en cuenta durante la fase de implementación.

1.3.6. Resultados esperados

Actualmente se tuvo un promedio 8,23 horas de tiempo en paradas de proceso, esto se debe a múltiples factores y causas. Con este trabajo se espera disminuir los tiempos de parada del proceso de empaque a 4 horas, es decir disminuir un 75% del tiempo de para, atacando los causales encontrados o que nos arroje el proyecto DMAIC y con esto subir la productividad de la línea de un 65.70%, que es la productividad actual, a un 83,33% de productividad para obtener a una capacidad de empaque de 10,000 bolsas de 50 kilogramos, diarias.

CAPITULO 2

2. APLICACIÓN DE METODOLOGÍA

2.1.1. FASE DEFINICIÓN

El presente trabajo se basa en la aplicación de la metodología DMAIC, para disminuir los tiempos de parada en la producción de harina de trigo, originadas en el proceso de empacado de 50 kg de la empresa de Molino de Trigo, para el periodo Febrero-2024 – Agosto-2024. Se logrará obtener la información de los reportes de los supervisores en el proceso de envasado.

2.1.1 Equipo de trabajo.

Teniendo pleno conocimiento del problema de altos tiempos de parada en la línea de empacado de harina de 50 kg, procedimos a formar el equipo de trabajo para el proyecto Seis Sigma. El personal que forma parte de este grupo de trabajo tiene amplio conocimiento, ya que son parte de este proceso.

El equipo de trabajo está formado por personal que tienen los cargos indicados figura 2.



Figura 2.1 Equipo de trabajo

Fuente: Los Autores

2.1.2 Declaración del problema DMAIC

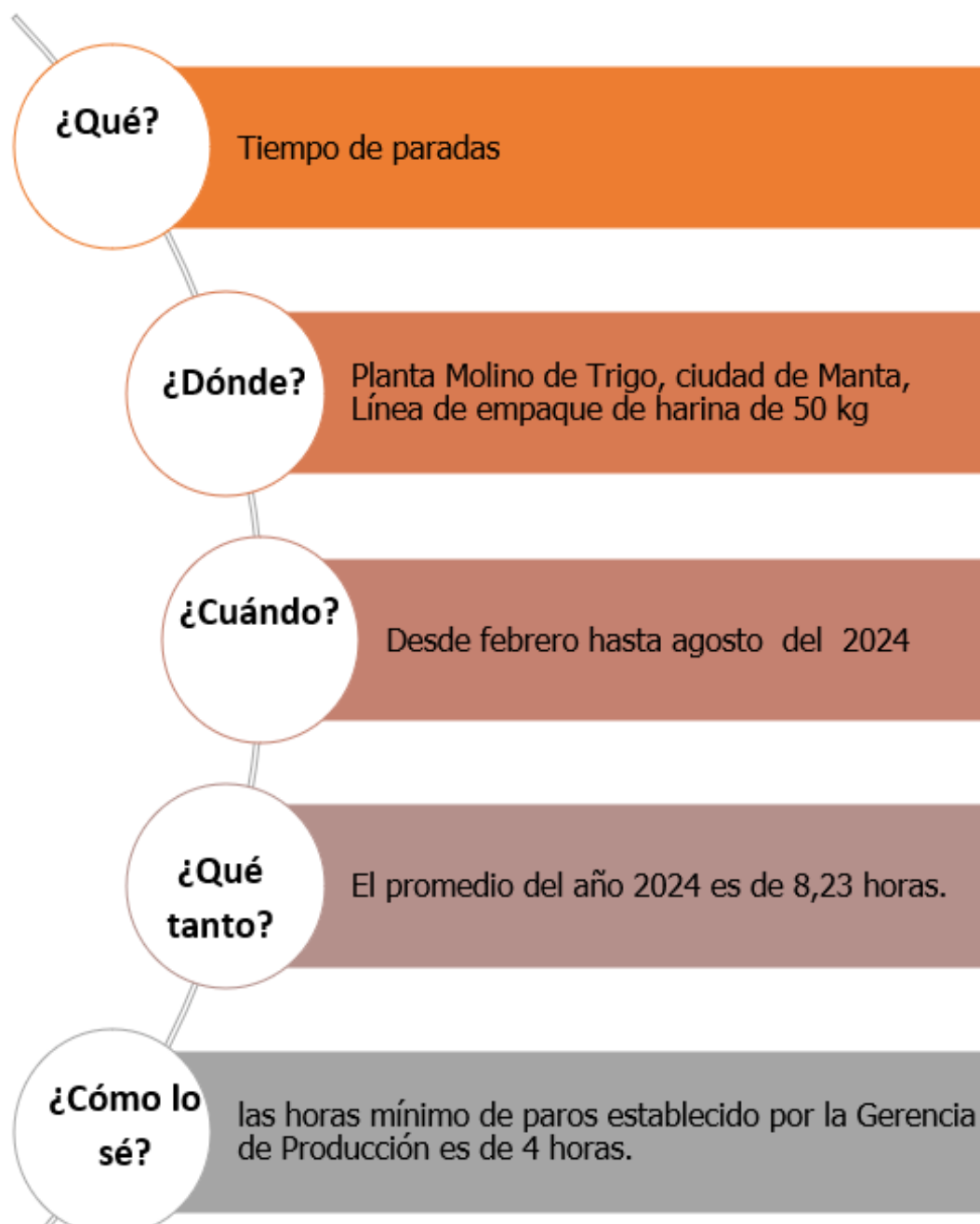


Figura 2.2 Herramienta definición de problema 4W + 2H

Fuente: Los Autores

Con el uso de esta herramienta se ha definido el problema de la siguiente forma:

El tiempo promedio de paradas en la línea de empackado de producto de 50 kg, en la Planta de Molinos de Trigo, ubicada en la ciudad de Manta es de 8,23 horas diarias desde febrero del 2024 hasta octubre del 2024. La Gerencia de Producción establece paros mínimos de 4 horas.

2.1.3 SIPOC

Para comprender mejor el alcance del proyecto, con la ayuda de los miembros, se ha realizado el mapeo de los macroprocesos de la producción de harina de trigo, desde el almacenamiento de las materias primas hasta la paletización del producto final. Creada la figura 1 detalla las fases individuales que involucran los movimientos de entrada y salida del diagrama SIPOC.

Tabla 1.
SIPOC del proceso de elaboración de harina de Trigo

PROVEEDOR	ENTRADA	PROCESO	SALIDA	CLIENTE
• Molienda de Trigo. • Departamento de Planificación • Departamento de Calidad. • Departamento de Mantenimiento. • Departamento de Logística (Materia Prima).	• Semi elaborados • Insumos. • Plan de Mantenimiento. • Mantenimiento (maquinaria). • Programación de Producción. • Receta. • Habilidad humanal. • Estándar de Producción.	<pre> graph TD MEZCLA --> DOSIFICACION DOSIFICACION --> PESADO subgraph RedBox [] EMPACADO --> PALLETIZADO end </pre>	• Producto terminado (sacos de harina 50 kg) • Paradas no programadas. • Paradas programadas. • Cambios de Formato. • Reprocesos • Horas netas trabajadas. • Número de sacos producidos diarios.	• Bodega PT • Departamento de Calidad. • Departamento de Planificación • Departamento de Logística.

Fuente: Los Autores

2.1.4 VOZ DEL CLIENTE O VOC

Se ejecutó una reunión con las partes interesadas y el equipo de trabajo del proyecto y logro obtener las necesidades sobre los altos tiempos de paradas en la línea de empackado de harina de 50 kg teniendo los siguientes hallazgos.

1. Ejecutar mantenimiento.
2. Reducir costos.
3. Estandarizar tiempos de limpieza de línea.
4. Equipo de empackado
5. Mitigar los desperdicios del producto.
6. Bajar sobre tiempo.
7. Reducir tiempos Setup.
8. Reducir tiempos de cambios de formato.
9. Disponibilidad de equipo a tiempo.
10. Cumplir con la planificación de producción.
11. Tener insumos y materiales suficientes.

2.1.5 DIAGRAMA DE AFINIDAD

Hemos utilizado el diagrama de Afinidad, para poder ordenar los hallazgos encontrados en el VOC, que hicimos a nuestros clientes, en categoría o drivers

CONTROL DE PROCESO	CONTROL MANTENIMIENTO	CONTROL DE LOGISTICA
•Sobre tiempo •Costos de Producción. •OEE •Planificación de Producción.	•Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Autonomo. •Tiempo media entre falla •Tiempo medio de reparación •Tiempo de respuestas del equipo de mantenimiento •Disponibilidad de equipo.	•Inventarios correctos de insumos y materiales. •Entregables de Producto a tiempo. •Dejados de Vender.

Figura 2.3 Diagrama de Afinidad

Fuente: Los Autores

2.1.6 ÁRBOL DE VARIABLES CRÍTICAS (CTQ)



Figura 2.4 Árbol de Variables Críticas

Fuente: Los Autores

Dentro del análisis del árbol de variables críticas, estudiaremos al tiempo medio entre fallas, debido que el problema que tenemos actualmente es los altos tiempos de paradas.

2.1.7 SERIE DE TIEMPO

Los tiempos de parada de la línea de empacado de harina de 50 kg en la Planta de Molino de Trigo en la ciudad de Manta, posee un promedio de horas paradas por día de 8.23 horas, el mismo que es superior a las horas de paradas estipuladas por el Gerente de Producción que sea de 4 horas por día, esta.

Tabla 2.
Muestra histórica desde febrero-2024 a agosto-2024.

MES	Horas de Paradas
feb-24	8,26
mar-24	7,82
abr-24	8,123
may-24	8,481
jun-24	7,25
jul-24	8,31
ago-24	9,33
Promedio	8,225

Fuente: Los Autores

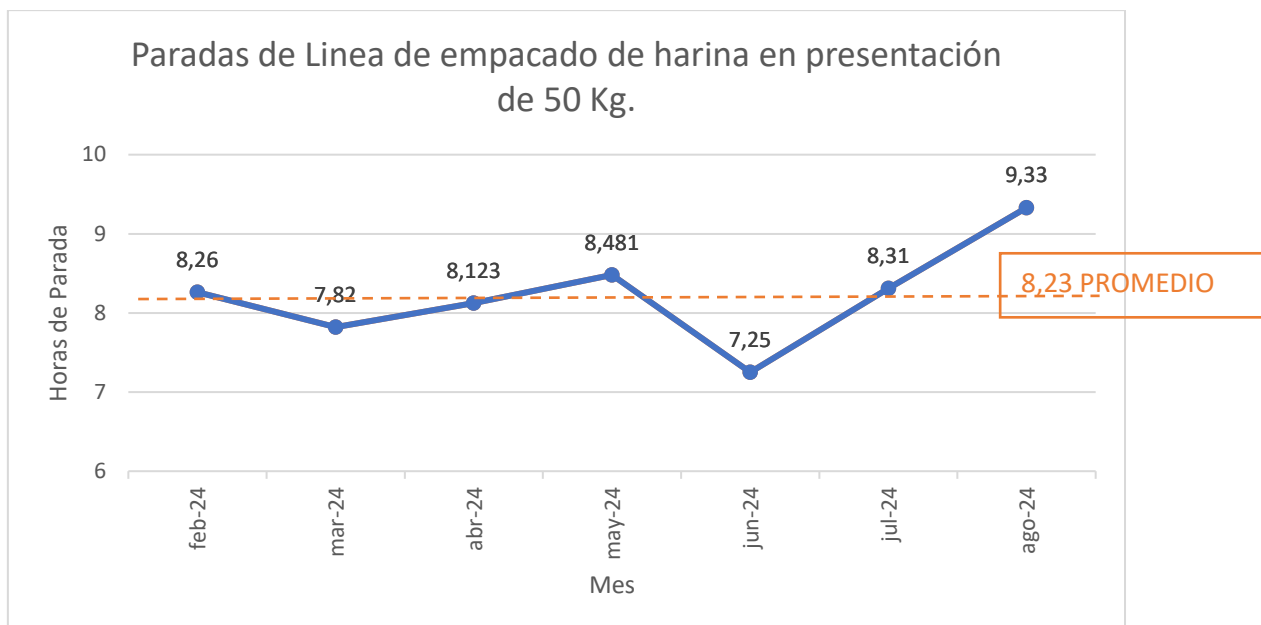


Figura 2.5 Serie de tiempo de paradas línea de empacada de harina de 50Kg

Fuente: Los Autores

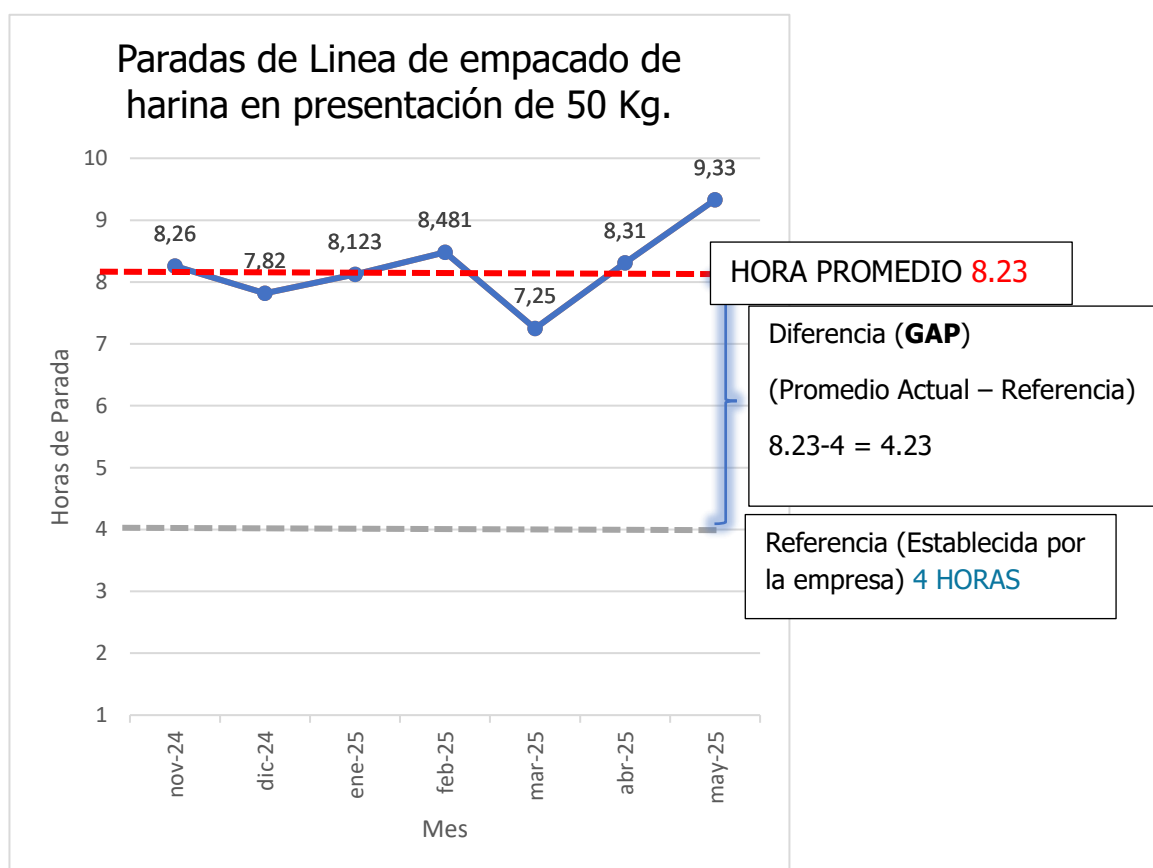


Figura 2.6 Cálculo del GAP

Fuente: Los Autores

Tabla 3.
Cálculo de Objetivo

CALCULO DEL OBJETIVO		DESCRIPCIÓN
Situación Actual	8,23	Situación actual (promedio)
Referencia	4	Referencia interna
GAP	4,23	Situación actual - Referencia interna
% Reducción del GAP	0,7	El % de reducción de la diferencia es del 70%
Objetivo	5,3	Situación actual-(%Reducción*GAP)
%Reducción	36	$((\text{Situación actual}-\text{Objetivo}) / \text{Situación actual}) * 100$

Fuente: Los Autores

La tabla 3, nos muestra como realizamos los cálculos para poder obtener nuestro objetivo SMART.

2.1.8 OBJETIVO SMART

Reducir los tiempos de paradas promedio un 36% de 8,23 horas/día (promedio de horas paradas en la línea de empackado de harina en presentación de 50 kg) a 4 horas/día desde noviembre 2024.

En la figura 2.7 se establece como posibles metas de reducción de tiempos de la línea de empackado de harina en presentación de 50 kg, con la finalidad de alcanzar el propósito de este proyecto.

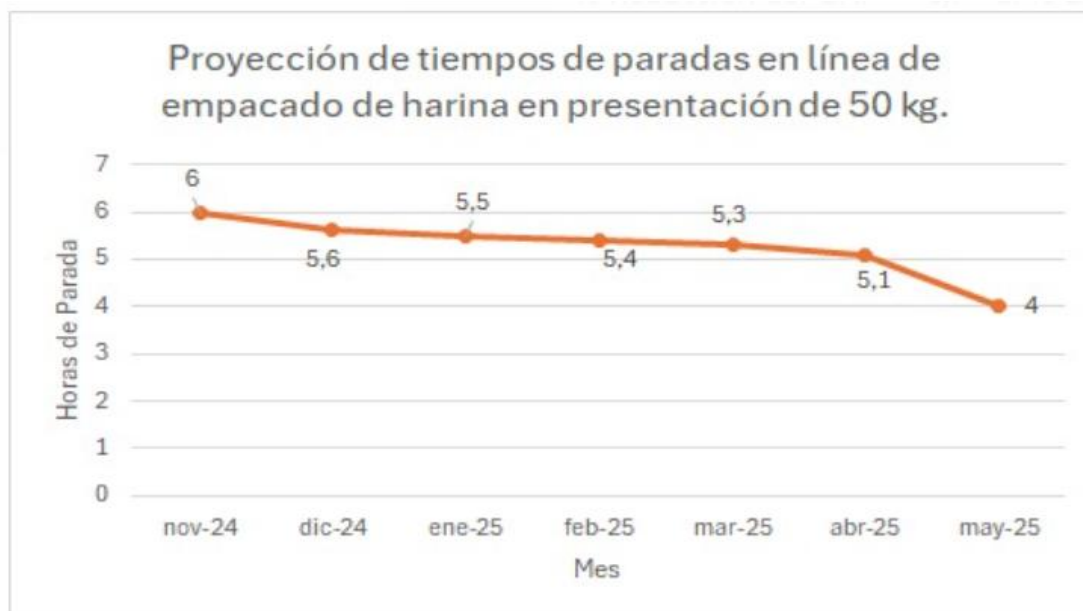


Figura 2.7 Proyección de reducción de tiempos deparada en la línea de empackado

Fuente: Los Autores

2.1.9 AHORRO PROYECTO

En la situación actual se deben trabajar 27 días al mes empleando 4 turnos de trabajo para cubrir los 7 días de la semana. La mejora de reducir los tiempos de parada de la línea de empaque de harina de 50 kg permitirá reducir un turno de trabajo y se logrará parar la planta los fines de semana. Adicional esto permite un ahorro energético al tener la línea apagada fines de semana.

Tabla 4.
Proyección mensual de los gastos línea situación actual

SITUACIÓN ACTUAL		
Número de sacos producidos por mes (promedio)	230000	sacos
Capacidad de empaque	500	sacos/hora
Tiempo de para por día	8,23	horas
Tiempo de empaque efectivo por día	15,77	horas
Numero de sacos empacados por día	7885	sacos/día
Días necesarios para empacar el volumen mensual	29,2	días
Número de turnos	4	día
SITUACIÓN FUTURA		
Número de sacos producidos por mes (promedio)	230000	sacos
Capacidad de empaque	500	sacos/hora
Tiempo de para por día	4	horas
Tiempo de empaque efectivo por día	20	horas
Numero de sacos empacados por día	10000	sacos/día
Días necesarios para empacar el volumen mensual	23,0	días
Número de turnos	3	día

Fuente: Los Autores

En la tabla muestra la proyección mensual y anual de los gastos de Mano de Obra Directa y Consumo Energético, que tiene la línea en la situación actual.

Tabla 5.
Proyección mensual de los gastos línea situación futura

MANO DE OBRA DIRECTA SITUACIÓN ACTUAL		
PERSONAS QUE CONFORMAN 1 TURNO	3	
COSTO MENSUAL DE TRABAJO	\$700	
COSTO MENSUAL MANO DE OBRA	\$8.400	
COSTO ANUAL	\$100.800	
CONSUMO ENERGÍA SITUACIÓN ACTUAL		
CONSUMO EN Kw/h DE LA LÍNEA	300	kw/h
COSTO DEL Kw/h	\$0,09	
TOTAL DE TIEMPO EN OPERACIÓN	700,8	Horas
COSTO MENSUAL	\$18.038,59	
AHORRO ANUAL	\$216.463,10	
MANO DE OBRA DIRECTA	\$100.800	
COSTO ENERGIA	\$216.463,10	
TOTAL GASTO	\$317.263,10	

Fuente: Los Autores

En la tabla muestra la proyección mensual y anual de los gastos de Mano de Obra Directa y Consumo Energético, que tiene la línea en la situación futura.

Tabla 6.
Proyección mensual de los ahorros generados

AHORRO DE MANO DE OBRA DIRECTA SITUACIÓN FUTURA		
PERSONAS QUE CONFORMAN 1 TURNO	3	
COSTO MENSUAL DE TRABAJO	\$700	
COSTO MENSUAL MANO DE OBRA	\$6.300	
COSTO ANUAL	\$75.600	

AHORRO POR ENERGIA SITUACIÓN FUTURA		
CONSUMO EN Kw/h DE LA LÍNEA	300	kw/h
COSTO DEL Kw/h	\$0,09	
TOTAL DE TIEMPO EN OPERACIÓN	552	Horas
AHORRO MENSUAL	\$14.208,48	
AHORRO ANUAL	\$170.501,76	

AHORRO DE MANO DE OBRA DIRECTA	\$75.600
AHORRO POR ENERGIA	\$170.501,76
TOTAL AHORRO ANUAL	\$246.101,76

Fuente: Los Autores

Al tener ambas proyecciones de la situación actual versus la situación futura, en la tabla se analiza el ahorro que debe general el proyecto.

Tabla 7.
Meta de reducción de tiempos

Costo Total MO+Consumo Energía	\$317.263,10
Horas de Parada	8,23 horas
Meta	4 horas
Costo Total MO+Consumo Energía paradas 4 horas	\$246.101,76
Ahorro total del Proyecto Anual	\$71.161,34

Fuente: Los Autores

Para finalizar este análisis, en la figura se demuestra la meta de reducir los tiempos de parada de la línea de empaqueo de harina de 50 kg, y el ahorro proyectado del proyecto.

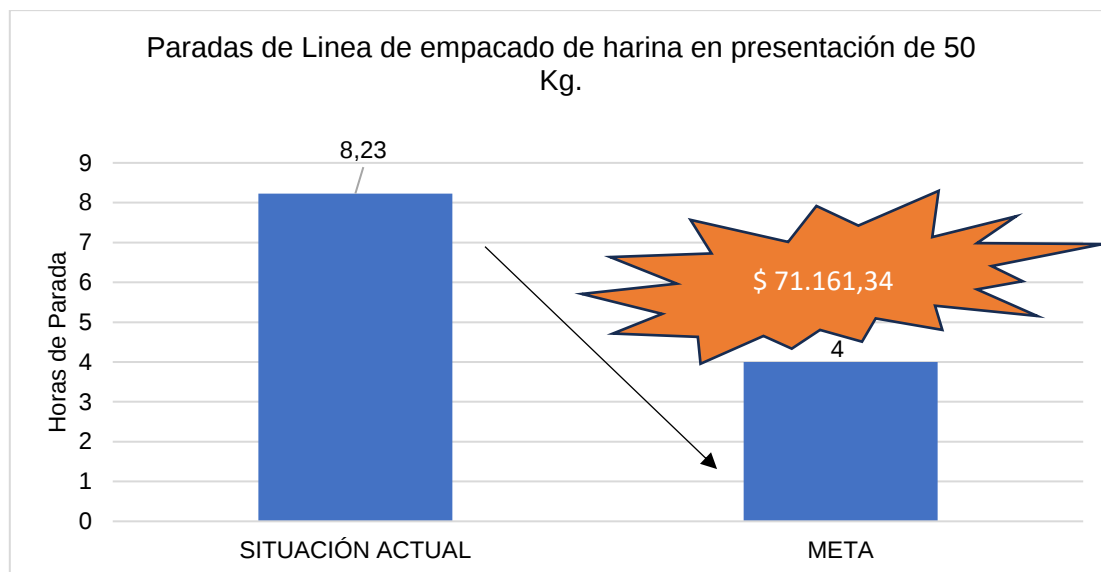


Figura 2.8 Paradas de línea de empackado de harina presentación de 50Kg.

Fuente: Los Autores

2.1.10 PROJECT CHARTER

Declaración del Problema.

El tiempo promedio de paradas en la línea de empackado de producto de 50 kg, en la Planta de Molinos de Trigo, ubicada en la ciudad de Manta es de 8,23 horas diarias desde febrero hasta agosto del 2024, la Gerencia de Producción establece paros

Caso de Negocio.

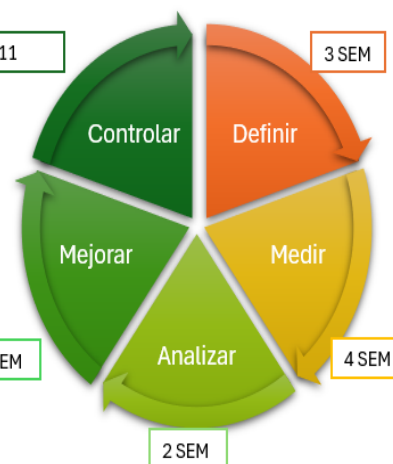
La disminución de las paradas en la línea de empaque presenta los siguientes beneficios:
 Incrementa la productividad de la línea.
 Reducir los costos de Mano de Obra y Consumo de energía.
 Ahorro \$ 71.161,34

Entregables Especificos

Implementación de Mejoras.
 Estandarización de Tiempos de Limpieza.
 Creación de Cartilla para Mantenimiento Autonomo.
 Entrenamiento del personal.

Alcance
Tiempos

11



Mediciones.

Productividad
 Consumo de Kw/h
 OEE

OBJETIVO SMART

Reducir los tiempos de paradas promedio un 36% de 8,23 horas/día (promedio de horas paradas en la línea de empackado de harina en presentación de 50 kg) a 4 horas/día desde noviembre 2024.

Figura 2.9 Project Charter

Fuente: Los Autores

2.1.2. FASE MEDICIÓN

2.1.2.1. DIAGRAMA DE FLUJO.

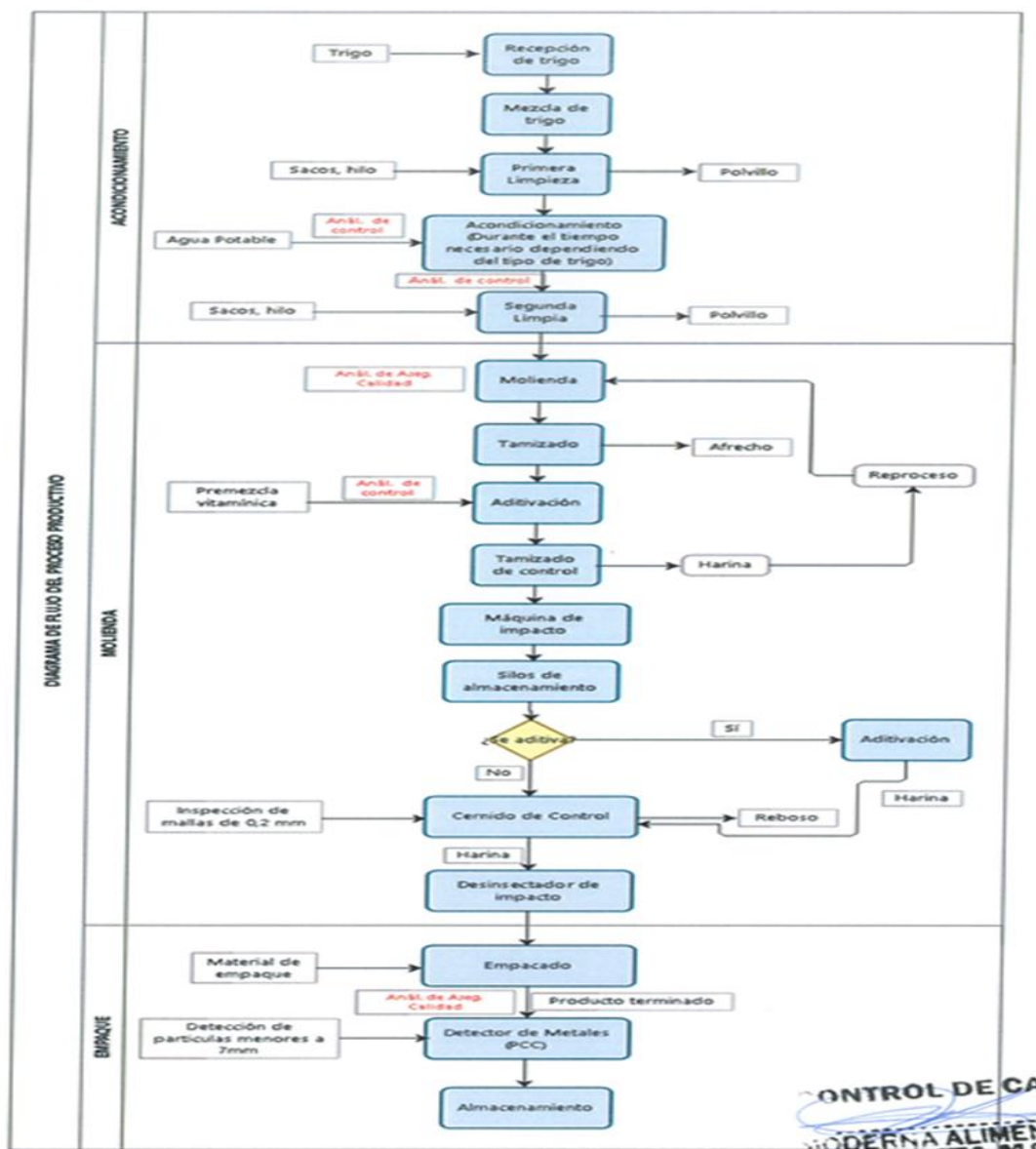


Figura 2.10 Diagrama de flujo elaboración de harina de trigo

Fuente: Los Autores

En esta etapa, estableceremos el proceso de la elaboración de la Haina de Trigo para poder entender el estado actual del proceso, extraeremos los datos históricos para realizar una medición y lograr ejecutar el análisis de proceso. Para realizar el diagnóstico del proceso utilizaremos herramientas como el Diagrama de Flujo del proceso.

También realizaremos la recolección de datos para para verificar su confiabilidad y encausar el problema.

2.1.3. PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El Plan de Recolección de Datos se lo determinó en reunión con el equipo de trabajo, donde se seleccionan las variables más determinantes y como se van a recolectar los datos. Es fundamental que el equipo esté involucrado en todo el proceso, de esta manera pueden identificar errores dentro de la toma de datos y encontrar mejoras, para garantizar la veracidad de los datos.

Tabla 8.
Plan de recolección de datos

DATOS		DEFINICIONES OPERACIONALES Y PROCEDIMIENTOS			
QUE	TIPO DE DATO	COMO MEDIR	CONDICIONES REGISTRADAS	CRITERIO DE ESTRATIFICACIÓN	IDENTIFICACION DE MUESTREO
Tiempos de paras	Continuo	Cuando ocurre una parada en el proceso de empackado se toma el tiempo hasta su reinicio	Qué: Harina de Trigo	Turnos Programación de Paradas Tipo de Paradas	Se registra la información y se tomará toda la data registrada desde febrero 2024 - agosto 2024
			Dónde: Línea de empackado		
			Cuándo: febrero - agosto 2024		
			Cuál: tiempos de parada de la línea de empackado		
			Quién: En todos los turnos		

Fuente: Los Autores

2.1.4. ESTRATIFICACIÓN DE DATOS

Estratificación por Turno

Podemos observar que en los turnos 1 y 2 es donde existe una mayor cantidad de horas de parada, y casi no tienen diferencia significativa, pero si existe una diferencia significativa con el turno 3. Pero no serán considerado para el análisis del problema.

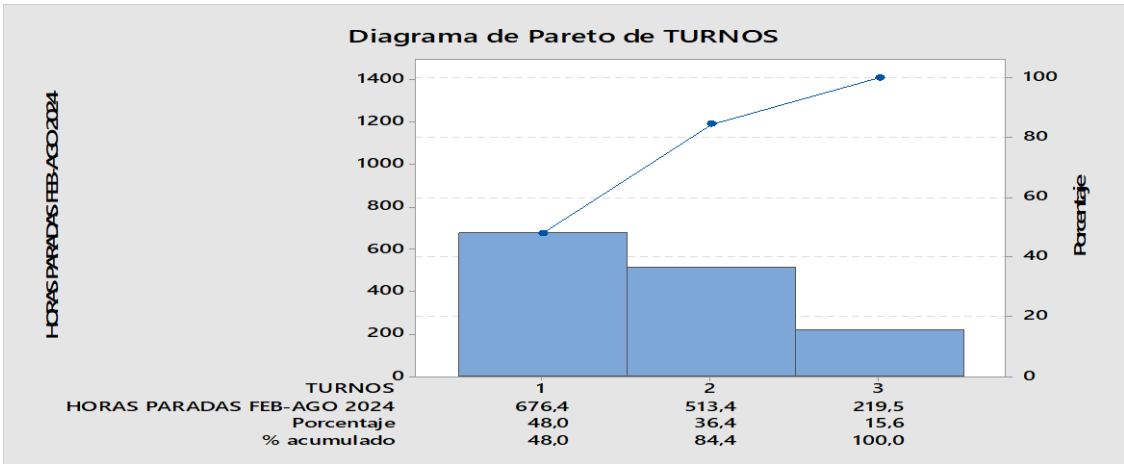


Figura 2.11 Estratificación por Turno

Fuente: Los Autores

Estratificación por Tipo de Parada

Para el criterio de estratificación Programación de Parada, el diagrama de Pareto demuestra que no existe diferencia significativa entre las parada programadas y no programadas, este criterio no se considera para el análisis de nuestro problema.

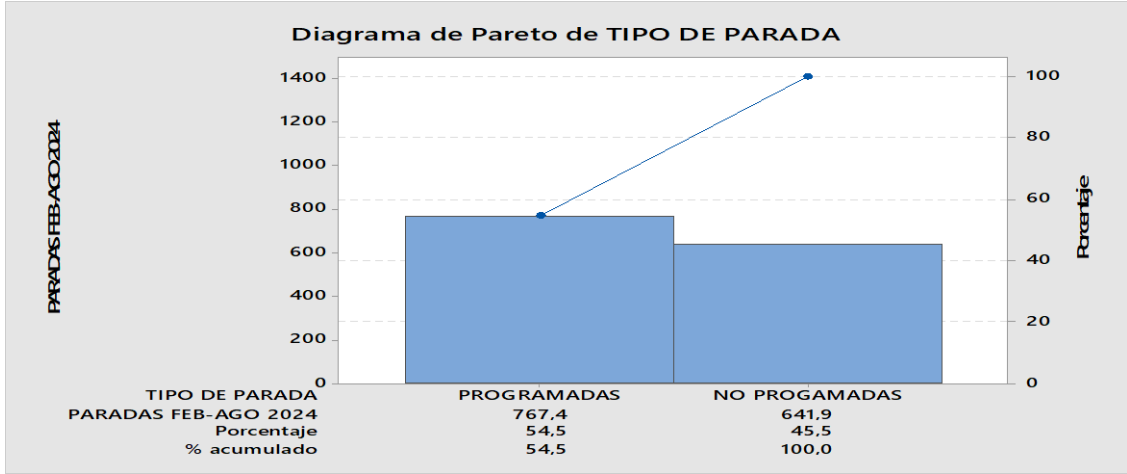


Figura 2.12 Estratificación por tipo de parada

Fuente: Los Autores

Estratificación por Motivos

De acuerdo con el diagrama de Pareto, muestra que los motivos de paradas a los que debemos controlar es mecánico y cambio de ensacado, los mismo que alcanza el 70.6%, por lo que el enfoque del proyecto se realizara en las paradas por motivos Mecánicos y Cambio de Ensacado.

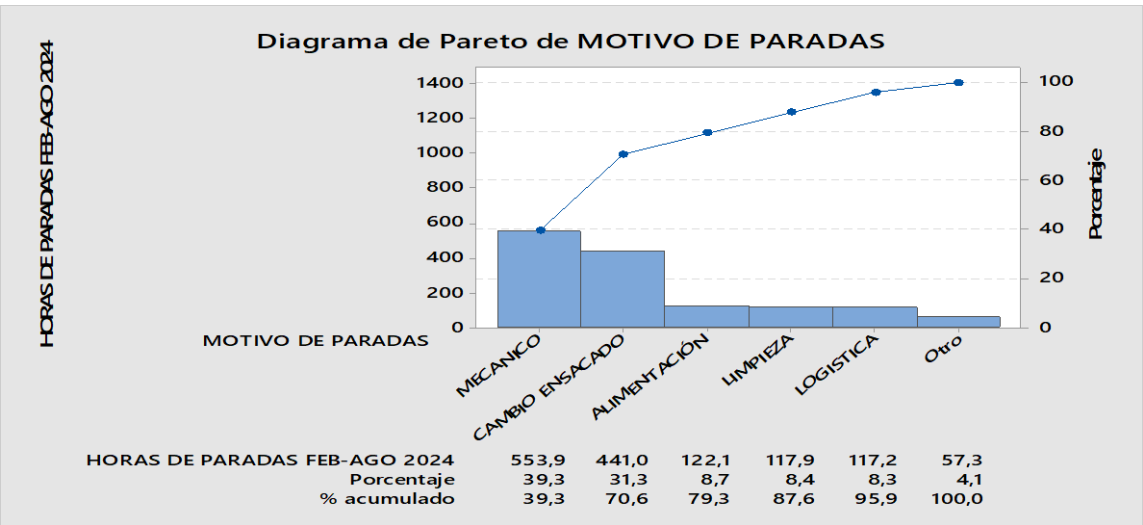


Figura 2.13 Estratificación por motivos de parada

Fuente: Los Autores

Los motivos de parada Mecánico y Cambio de Ensacado representan el 70.6%, del total de las horas paradas en la línea de empacado de harina en presentación de 50 Kg. Por lo que el Patrocinador aprobó enfocar el proyecto en mejorar el problema por tipo de parada Mecánico y Cambio de Ensacado.

2.1.5. FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	REGISTRO DE PARALIZACIONES DEL ENSACADO										
2											
3	FECHA	TUP	LIDE	ENCARGA EMPAQUE	TIPO DE HARINA	HORA INI PARADA	HORA FIN PARADA	TIEM TOTAL	Detalle	MOTIVO	TIPO DE PARADA
268	09/02/2024	3	ROMMEL	VICTOR	Harina Estrella De Octubre Blanda 50 Kg	3:10	3:30	0,33	CAFE	ALIMENTACION	PROGRAMADA
269	09/02/2024	3	ROMMEL	VICTOR	Harina Estrella De Octubre Blanda 50 Kg	4:09	5:00	0,85	SE ALCANZO LA MOLIENDA SE LE REALIZA UNA LIMPIEZA PROFUNDA A LA HAVER YA QUE SE ENCUENTRA DEMACIADO CON PRODUCTO	LIMPIEZA	PROGRAMADA
270	09/02/2024	1	JIMMY	GUSTAVO	Harina Pastaplus 50 Kg	5:30	5:50	0,33	CAMBIO DE ENSACADO	CAMBIO DE ENSACADO	PROGRAMADA
271	09/02/2024	1	JIMMY	GUSTAVO	Harina Paniplus Normal 50 Kg	6:05	6:25	0,33	CAMBIO DE ENSACADO	CAMBIO DE ENSACADO	PROGRAMADA
272	09/02/2024	1	JIMMY	GUSTAVO	Harina Paniplus Normal 50 Kg	6:42	7:02	0,33	HAVER LLENA	LOGISTICA	NO PROGRAMADA
273	09/02/2024	1	JIMMY	GUSTAVO	Harina Paniplus Normal 50 Kg	8:00	8:15	0,25	DESAYUNO	ALIMENTACIÓN	PROGRAMADA
274	09/02/2024	1	JIMMY	GUSTAVO	Harina Trébol Rojo 50 Kg	9:10	9:30	0,33	CAMBIO DE ENSACADO	CAMBIO DE ENSACADO	PROGRAMADA
275	09/02/2024	1	JIMMY	GUSTAVO	Harina Trébol Rojo 50 Kg	11:20	13:00	1,67	SUSPENDIDO POR FALTA DE HARINA SRW	OTROS	NO PROGRAMADA
276	09/02/2024	1	JIMMY	GUSTAVO	Harina Trébol Rojo 50 Kg	13:00	13:15	0,25	LIMPIEZA DE AREA	LIMPIEZA	PROGRAMADA
277	09/02/2024	2	ROMMEL	VICTOR	Harina Pastaplus 50 Kg	13:30	14:00	0,50	HOMOGENIZACION SILO 7	OTROS	NO PROGRAMADA
278	09/02/2024	2	ROMMEL	VICTOR	Harina Trébol Rojo 50 Kg	14:00	14:25	0,42	CAMBIO DE ENSACADO + APROBACION	CAMBIO DE ENSACADO	PROGRAMADA
279	09/02/2024	2	ROMMEL	VICTOR	Harina Trébol Rojo 50 Kg	15:28	15:33	0,08	HAVER LLEMA	LOGISTICA	NO PROGRAMADA
280	09/02/2024	2	ROMMEL	VICTOR	Harina Trébol Rojo 50 Kg	17:05	17:12	0,12	HAVER LLENA	LOGISTICA	NO PROGRAMADA
281	09/02/2024	2	ROMMEL	VICTOR	Harina Trébol Rojo 50 Kg	17:50	18:20	0,50	ATORAMIENTO DEL MATADOR	OTROS	NO PROGRAMADA
282	09/02/2024	2	ROMMEL	VICTOR	Harina Trébol Rojo 50 Kg	18:20	18:50	0,50	CAMBIO DE ENSACADO+HOMOGENIZACION+APROBACION	CAMBIO DE ENSACADO	PROGRAMADA
283	09/02/2024	2	ROMMEL	VICTOR	Harina Trébol Rojo 50 Kg	19:20	19:26	0,10	HAVER LLENA	LOGISTICA	NO PROGRAMADA
284	09/02/2024	2	ROMMEL	VICTOR	Harina Trébol Rojo 50 Kg	20:28	20:40	0,20	HAVER LLENA CAMBIO DE BATERIA MONTACARGA	LOGISTICA	NO PROGRAMADA
285	09/02/2024	2	ROMMEL	VICTOR	Harina Trébol Rojo 50 Kg	21:10	21:19	0,15	HOMOGENIZACION DEL SILO 1	OTROS	NO PROGRAMADA

Figura 2.14 Formato para recolección de datos

Fuente: Los Autores

2.1.6. PROBLEMA ENFOCADO

Tabla 9.
Problema enfocado

¿Qué está pasando?	Tiempos de parada, en la línea de empaque de harina en presentación de 50 kg.
¿Cómo está ocurriendo el Problema?	El 70,6% del motivo de paradas en la línea de empaque es por parada mecánica y el cambio de ensacado.
¿Qué camino toma?	Verificar factores para mejorar.
¿Cuándo ocurrió el problema?	En operación normal durante producción de los 3 turnos.
¿Dónde ocurrió específicamente el problema?	En la línea de empaque de harina en presentación de 50 kg.
¿El problema varía según el operador?	No varía significativamente según el operador, pero si hay variación significativa por el tipo de motivo de parada.

Fuente: Los Autores

2.2. FASE DE ANALIZAR

En esta etapa se realiza el análisis de los datos obtenidos en recolección de datos para encontrar la causa raíz del problema y oportunidades de mejora, a través de las herramientas de lluvia de ideas con el diagrama Ishikawa, matriz causa efecto, plan de verificación de causas y finalmente usamos los 5 por qué para determinar la causa raíz.

Para encontrar la causa raíz se realiza una reunión entre los integrantes de producción, mantenimiento y bodega que conforman el área. Los participantes para el desarrollo de las herramientas de análisis son:

- 1 supervisor de producción, guía la actividad enfocada en el problema anteriormente mencionado.
- 2 operadores, generan ideas con las posibles causas del problema.
- técnico mecánico y 1 técnico eléctrico, que con su experiencia en el área de mantenimiento generan posibles causas del problema.

2.2.1. LLUVIA DE IDEAS

Para determinar las causas de los altos tiempos de parada en la línea de empacado de harina de trigo en presentación de 50 kg, se utilizó la técnica lluvias de ideas donde el grupo involucrado participo dando sus respectivas ideas y comentarios

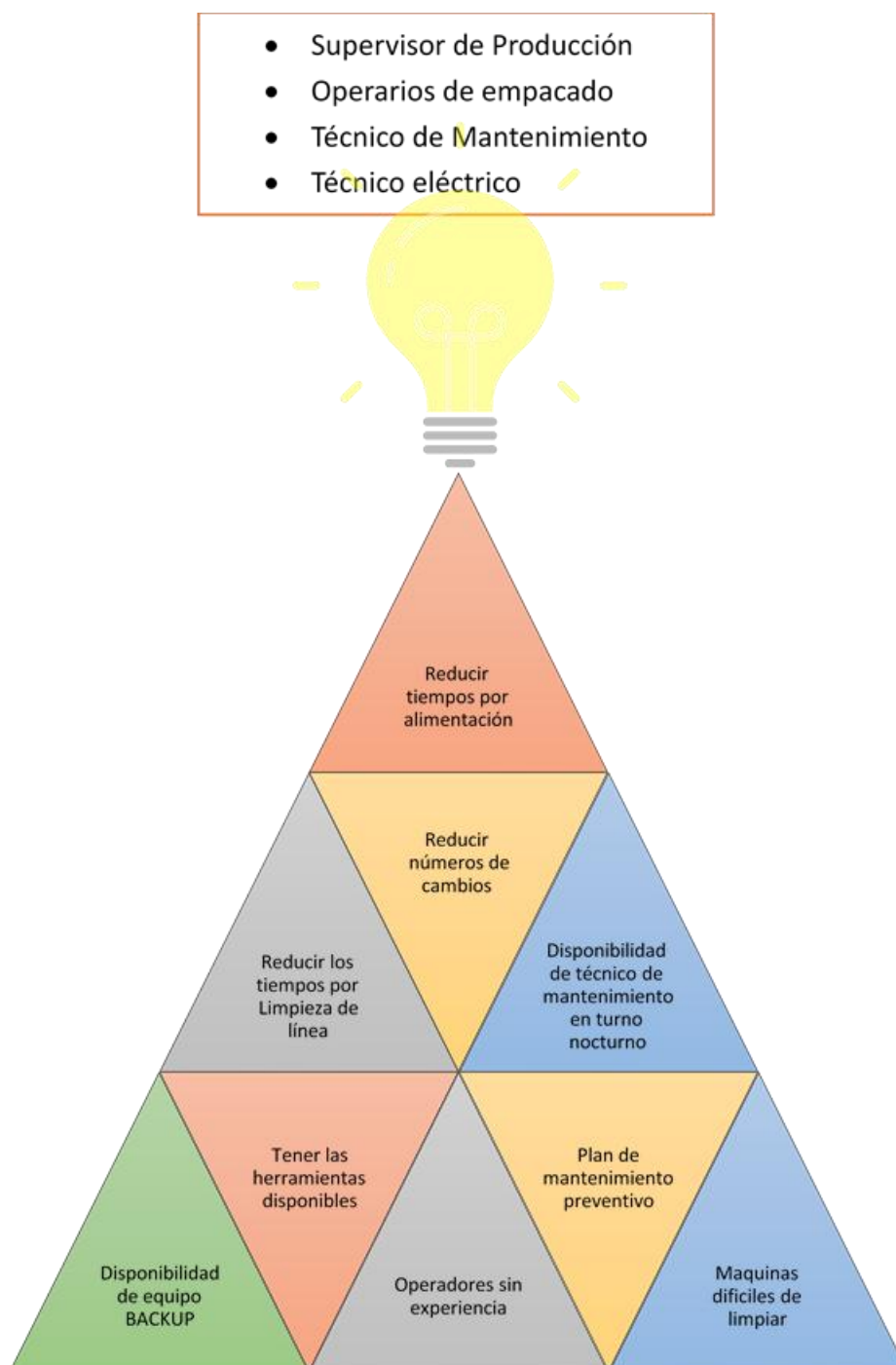


Figura 2.15 Lluvia de ideas

Fuente: Los Autores

2.2.2. DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

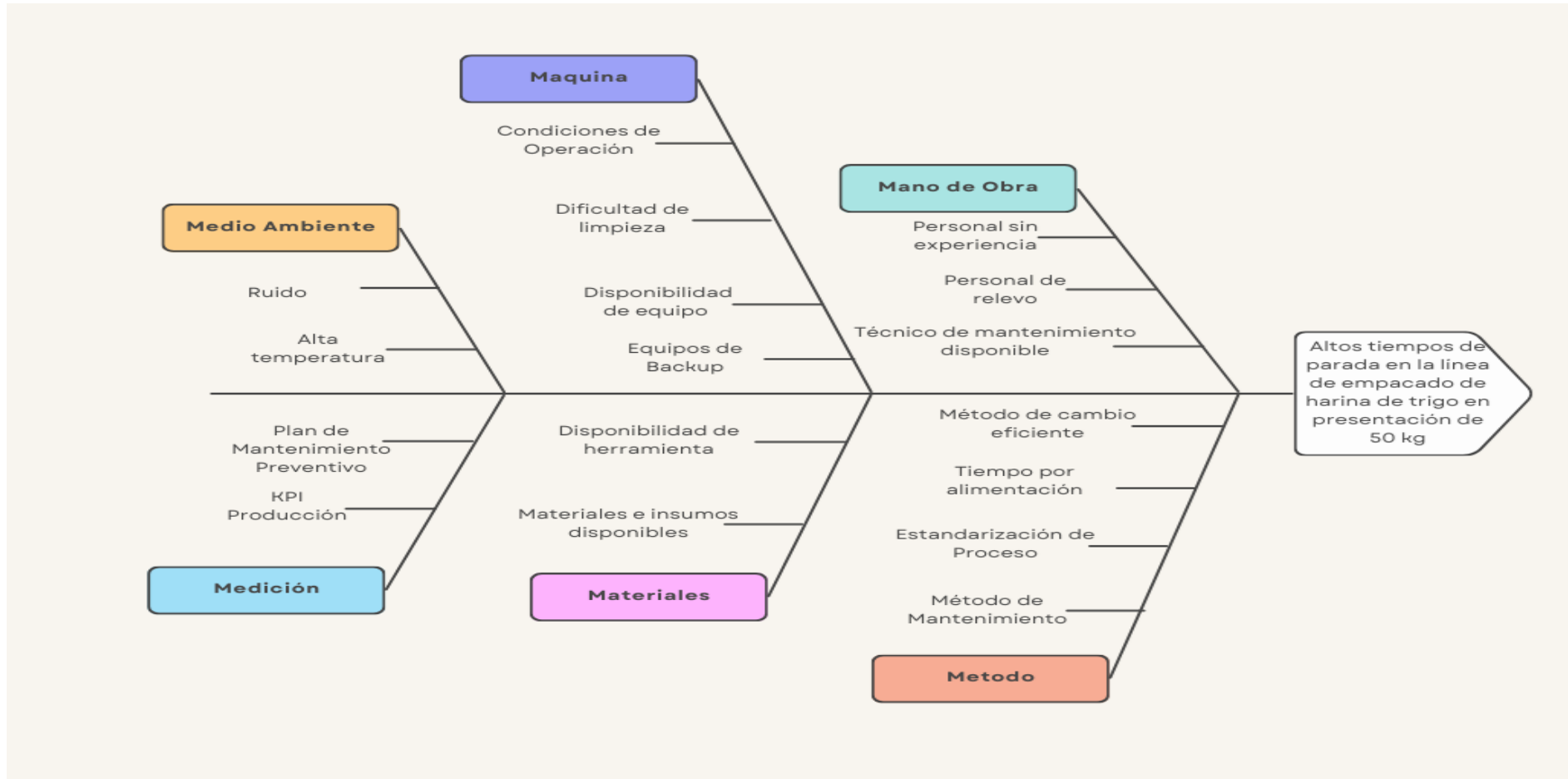


Figura 2.16 Diagrama Causa y efecto

Fuente: Los Autores

2.2.3. MATRIZ CAUSA EFECTO

Al utilizar la herramienta matriz causa y efecto facilitamos seleccionar aquellas causas potenciales, con mayor efecto en la variable de respuesta, se ha evaluado las causas potenciales dejando en blanco la celda no hay relación con el problema, se asigna un valor numérico de 1, 3 o 9 donde existe una causa potencial, es una situación poco común o no impacta de manera significativa a la variable Y. a continuación se detalla el valor que se asigna dependiendo de la causa:

Tabla 10.
Matriz de causa y efecto

Motivo	Valor de la causa
Situación que no sucede a menudo	1
Causa potencial que ocurre con más frecuencia	3
Causa sucede de manera muy frecuente y afecta significativamente al problema enfocado	9

Fuente: Los Autores

Fueron 5 personas que participaron en el proceso de calificación, los mismos que están involucrados en la calificación de cada causa potencial del proceso de elaboración de harina de trigo, las calificaciones más altas son establecidas como prioridad de causas.

CODIGO	MATRIZ CAUSA EFECTO	Altos tiempos de parada, en la línea de empaque de harina en presentación de 50 kg.					TOTAL
X1	Dificultad de limpieza de equipo	3	3		3	9	18
X2	Calibración		3	1	3	3	10
X3	Equipos de Backup	1	1	3	3	1	9
X4	Disponibilidad de herramienta	9	3	3	9	9	33
X5	Disponibilidad de equipo	9	9	9	3	9	39
X6	Materiales e Insumos disponibles	1	3	1	1		6
X7	Personal sin experiencia	9	1	3	3	9	25
X8	Personal de relevo	3	1	3	1		8
X9	Disponibilidad de técnico Mantenimiento	3	9	3	9	1	25
X10	Método de cambio eficiente	9	9	9	9	9	45
X11	Condición de Operación	1		1	3	1	6
X12	Falta de mantenimiento Preventivo	9	9	9	9	9	45
X13	Estadística de Máquina	3	1		3	1	8
X14	Ruido			3	1		4
X15	Alta temperatura	1	1		3	1	6

Figura 2.17 Matriz de causa y efecto

Fuente: Los Autores

Se realizó un Diagrama de Pareto, para determinar las causas de mayor impacto.

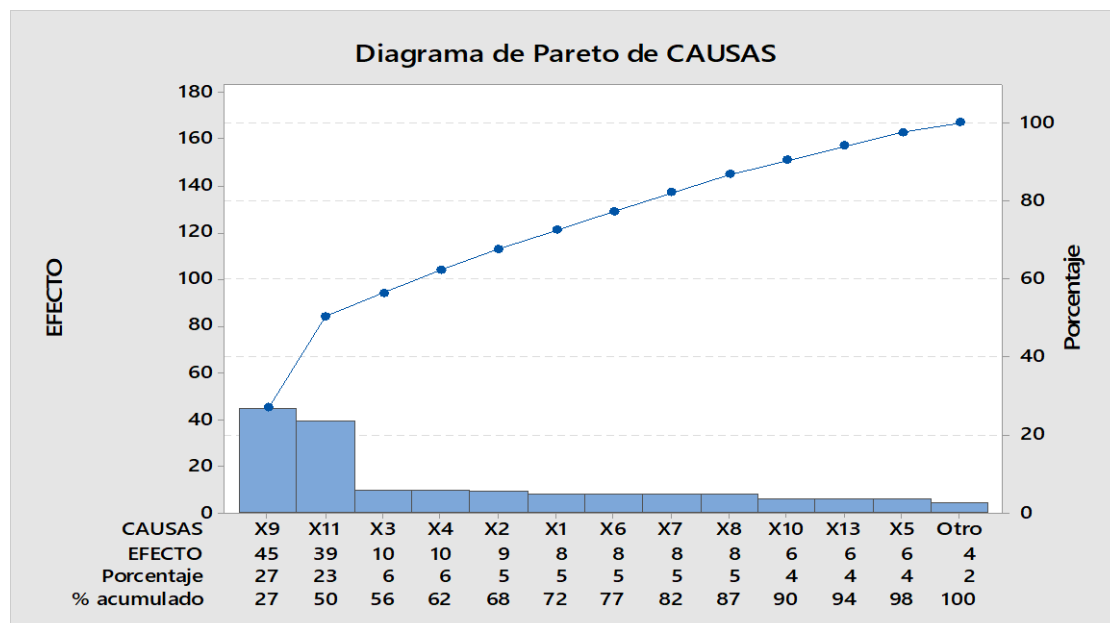


Figura 2.18 Pareto de causa y efecto

Fuente: Los Autores

Como podemos observar en el Diagrama de Pareto, la causas de mayor impacto son:

X9: Método de cambio de formato eficiente

X11: Falta de mantenimiento Preventivo

Las 2 Causas Potenciales representan el 50% de nivel de correlación con respecto a los altos tiempos de paradas en la línea de empackado de harina de trigo en presentación de 50 kg.

2.2.4. PLAN DE VERIFICACIÓN DE CAUSA

Tabla 11.
Plan de verificación de causa

PLAN DE VERIFICACIÓN DE CAUSAS			
Causas Potenciales (X 's)	Teoría acerca del impacto	Método de verificación	Estado
X9: Método de Cambio	Los cambios de formato en la linea de empackado producen demasiado tiempos de para en la linea.	*Gemba	Completo
X11: Falta de Mantenimiento Preventivo	La falta de mantenimiento preventivo, ocasiona daños mecánicos y por consiguiente paras no programadas.	*Gemba	Completo

Fuente: Los Autores

2.2.5. ANÁLISIS 5 POR QUÉ'S

Tabla 12.
Análisis de 5 por qué's

HERRAMIENTAS 5 POR QUÉ											
Planteamiento del Problema	¿Por qué? (La ronda 1)	Hipótesis	¿Por qué? (La ronda 2)	Hipótesis	¿Por qué? (La ronda 3)	Hipótesis	¿Por qué? (La ronda 4)	Hipótesis	¿Por qué? (La ronda 5)	Hipótesis	Causa Raiz
Método de Cambio	¿Por qué los Cambios de ensacado paran tanto tiempo el proceso?	SI	¿Por qué son demasiados pasos para limpiar la línea y aprobar el próximo empaque?	SI	¿Por qué se debe limpiar bien la línea antes de empacar otra presentación?	SI	¿Por qué se debe asegurar que no haya contaminación cruzada en el PT?	SI	¿Por qué históricamente se han tenido reclamos por contaminación cruzada?	SI	Estandarizar el proceso de cambio de empacado
	Porque son demasiados pasos para limpiar la línea y aprobar el próximo empaque		Porque se debe limpiar bien la línea antes de empacar otra presentación		Para asegurar que no haya contaminación cruzada en el PT		Porque históricamente se han tenido reclamos por contaminación cruzada		Porque nunca a existido un proceso estandarizado de cambio de ensacado		
Falta de Mantenimiento Preventivo	¿Por que no se ejecuta el mantenimiento Preventivo?	SI	¿Por que no existe una programación?	SI	¿Por que falta de un plan de mantenimiento preventivo?	SI					Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para las maquinas y equipos de la línea de empaque
	Por que no existe una programación		Por falta de un plan de mantenimiento preventivo		Nunca se ha planteado						

Fuente: Los Autores

Durante la inspección se observó que, en la línea de empaque de harina en presentación de 50 kg, presenta serios problemas por la falta de estandarización del proceso de cambio de empaque, la mala planificación de los mantenimientos, influyen directamente en los altos tiempos de paradas de la línea, lo que nos indica que estas causas impactan gravemente a la variable de respuesta.

2.3. FASE DE MEJORAR

Una vez ejecutada la etapa de analizar hemos encontrado dentro de la herramienta del 5 por qué, las 2 causas raíz que afectan directamente al proceso de empaque de harina en presentación de 50 kg. Para encontrar la solución a implementar se reunió el equipo de trabajo y propuso las ideas presentadas en la tabla.

Tabla 13.
Fase de mejorar

CAUSA RAIZ	HERRAMIENTAS DE MEJORA
METODO DE CAMBIO	SMED
FALTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	SOFTWARE DE MANTENIMIENTO

Fuente: Los Autores

2.3.1. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PARA SOLUCIONES DE PRIORIDAD ALTA.

Establecemos la implementación para solucionar las causas raíz encontradas durante todo el proceso del proyecto de mejora continua.

Tabla 14.
Planificación de soluciones a implementar

PLANIFICACIÓN DE SOLUCIONES A IMPLEMENTAR								
CAUSA RAIZ	QUÉ	POR QUÉ	CÓMO	DÓNDE	QUIÉN	CUÁNTO	CUÁNDO	ESTADO
Estandarizar el proceso de cambio de empackado	Procedimientos estándares de operación (SOP)	Por que no esta estandarizado el proceso de cambio de empaque	Realizando un SOP	Linea de empackado	Jefe de Producción	\$	2/12/2024	Terminado
Plan de Mantenimiento Preventivo	Software para mantenimiento	Por que no existe control eficiente en el mantenimiento preventivo	Adquirir un software de mantenimiento	Planta Manta	Jefe de Producción	Ejecución \$7000	1/10/2024	En ejecución
						Licencia Anual: \$3000		

Fuente: Los Autores

2.3.2. SMED

Como solución de la causa raíz del Método de Cambio, aplicaremos la herramienta SMED. Que se entiende como cambio de formato en menos de 10 minutos. En términos generales, se puede decir que es un conjunto de procesos que hacen posible realizar las operaciones de cambio de útiles y de preparación de máquinas en menos de 10 minutos.

Esta metodología cuenta con los siguientes pasos:

1. Análisis del proceso de preparación o cambio de diseño.
 - Se desglosa las operaciones en una hoja de cálculo.
 - Se desglosa por cada una de las personas involucradas en el proceso.
2. Clasificación de operaciones internas y externas.
 - Se incorporará las operaciones internas y externas en la hoja de cálculo.
3. Eliminación de actividades externas.
4. Mejora de operaciones internas y externas.
 - Se comunica técnicas para la mejora.

Una vez determinada las mejoras se aplica y obtiene el nuevo tiempo objetivo de operación.

De las 22 tareas de cambio de formato en el envasado de harina de 50 kg, se logró exteriorizar 8 tareas las mismas que estaban contempladas como internas.

Tabla 15.
Herramienta SMED

TAREAS CAMBIO DE FORMATO		SE PUEDE EXTERNALIZAR? (SI/NO); NA (NO APLICA)	DESCRIBIR COMO
Nº	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA		
1	Orden para homogenización	NA	
2	Verificación de homogenización y datos	NA	
3	Agregado de aditivos	NA	
4	Verificación de flujo de aditivos	SI	Colocar el equipo en manual, y verificar el flujo de trabajo aun con la línea encendida
5	Anotado en pizarra	SI	Lo realiza un operador ajeno a la operación de empaque
6	Verificación de datos	SI	Se realiza una vez iniciado el nuevo empaque
7	Toma de muestra (anterior harina)	SI	Se realiza una vez iniciado el nuevo empaque
8	Verificación de datos	SI	se realiza una vez iniciado el nuevo empaque
9	Anotado en pizarra	SI	se realiza una vez iniciado el nuevo empaque
10	Verificación de aditivos, flujo a tolva carrosal	SI	Se realiza una vez iniciado el nuevo empaque
11	Charla	SI	Se realiza una vez iniciado el nuevo empaque
12	Toma de muestra	NO	
13	Traslado a laboratorio	NO	
14	Análisis NIR	NO	
15	Subida de datos	NO	
16	Pesaje para análisis de absorción	NO	
17	Análisis Absorción	NA	
18	Coteo de ppm placa	NA	
19	Análisis Absorción	NA	
20	Limpieza FARINO	NA	
21	Traslado a ensacado	NA	
22	Anotado resultados análisis y reporte	NA	

Fuente: Los Autores

Una vez ejecutada la herramienta SMED, podemos identificar un antes y después reduciendo el cambio de formato de 25 minutos a 5 minutos.

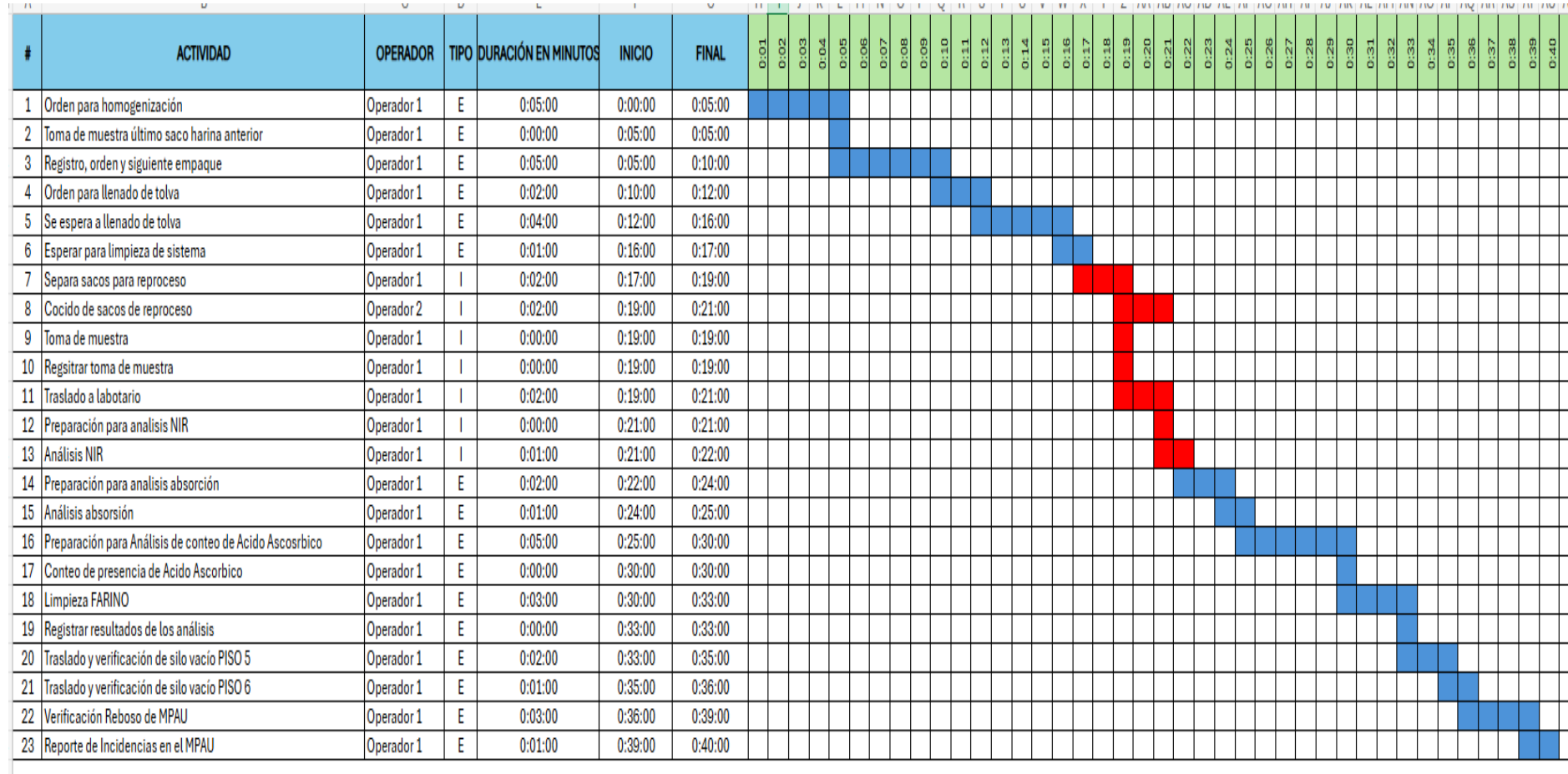


Figura 2.20 Diagrama de Gantt

Fuente: Los Autores

2.3.3. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Dentro de nuestro estudio de análisis de causa raíz, pudimos llegar a la gerencia de producción y en conjunto con el equipo de mantenimiento, se logró conseguir que la gerencia de producción apruebe la compra de la licencia de un software de mantenimiento preventivo (4TUNA), el mismo que está implementado desde noviembre 2024.

El software 4TUNA, se aplicó, para mejorar las planificaciones y ejecuciones del mantenimiento dentro de la línea de empaque de harina. Ha sido fundamental la realización de este proyecto para poder solicitar la adquisición de este programa y de esta manera poder reducir los tiempos de paradas.

Tabla 16.
Plan de Mantenimiento en Excel.

ID de la Máquina	Nombre de la Máquina	Ubicación	Tipo de Mantenimiento	Fecha Programada	Frecuencia	Responsable	Estado	Comentarios
M-003	Turbina Aspiración	Molino 2	Inspección	4/6/2024	Mensual	Jhonny Q.	Pendiente	Pendiente inspección de rodamientos
M-004	Sasor 1	Molino 2	Ajustes	4/6/2024	Quincenal	Felix A	Completado	Ajustes realizados en tiempo
E-006	Elevador de Harina	Empaque	Limpieza	4/6/2024	Diaria	Adrian C	Programado	Sin anomalías detectadas
M-010	Banda transportadora	Bodega	Inspección	4/6/2024	Mensual	Jhonny Q.	Completado	Ajuste finalizado
M-008	Elevador Trigo sucio	Molino1	Inspección	8/6/2024	Mensual	Felix A	Pendiente	Inspección programada para próxima semana
M-009	Elevador Trigo Limpio	Molino1	Lubricación	8/6/2024	Semanal	Alex S	Programado	Ajuste finalizado
E-005	Compresor de aire	Empaque	Lubricación	10/6/2024	Semanal	Adrian C	Pendiente	Requiere repuesto adicional
M-002	Banco C1B	Molino1	Lubricación	11/6/2024	Mensual	Marlon A	Completado	Lubricante aplicado correctamente
E-001	MPAU	Empaque	Limpieza	13/6/2024	Semanal	Felix A	Completado	Sin novedades
M-007	Elevador de trigo sucio	Molino 3	Ajustes	15/6/2024	Quincenal	Alex S	Completado	Ajuste finalizado

Fuente: Los Autores

En la tabla 17 podemos observar el tiempo de parada que existía por problemas mecánicos y eléctricos el cual da una suma de 598.6 horas desde febrero del 2024 agosto del 2024, el total de tiempo perdido en el periodo de febrero – agosto 2024 era de 1409.3 horas. Para poder tener una idea más clara de la magnitud en la que afectaba la falta de mantenimiento preventivo calculamos el porcentaje y este representaba el 42.5% del total de las causas, por la que existía pérdida de tiempo dentro de la empresa.

Tabla 17.
Problemas mecánicos y eléctricos

MOTIVO DE PARADAS	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	TOTAL
ELECTRICO	0,7	1,18	14,15	18,98	3,17	2,72	3,83	44,73
MECANICO	77,56	70,38	63,94	112,39	62,29	84,99	82,32	553,87
								598,6

Fuente: Los Autores

Hemos notado que existe una reducción significativa de paradas mecánicas y eléctricas dentro de la planta, gracias a la adquisición del nuevo software de mantenimiento preventivo.

Se ha logrado reducir en un 32.02% de las paradas por problemas mecánicos y eléctricos, cabe mencionar que el tiempo total de paradas se ha reducido de 201.32 horas promedio que se tuvo de febrero-agosto 2024. Actualmente se tiene un tiempo promedio total de 75.6 horas.

Tabla 18.
Problemas mecánicos y eléctricos de diciembre y enero

MOTIVO DE PARADAS	DICIEMBRE	ENERO	TOTAL
ELECTRICO	1,28	0,8	2,08
MECANICO	15,82	6,31	22,13
			24,21

Fuente: Los Autores

2.3.3.1. IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE (4TUNA)

Ficha de Objeto
Mantenimiento

Objeto:	PALETIZADORA HAVER	Código:	HAVER01
Sitio:	MANTA	Planta:	Molino
Línea:	Ensacado	Proceso:	Empaque
		Área física:	Bodega de Producto Terminado
Tipo:	Maquina	Categoría:	PALETIZADORA
Marca:	HAVER	Modelo:	A1545

Sistemas:

MECÁNICO

Componentes:

- 1 BANDA ALIMENTADORA
- 1 BASCULADOR DE SACOS
- 1 BANDA CON APLANADOR DE BOLSA
- 1 BANDA DE INTRODUCCIÓN DE LA BOLSA
- 1 TRANSPORTADOR DE RODILLOS PARA TOMA DE BOLSA
- 1 TRANSPORTADOR ELEVADOR DE RODILLOS
- 1 DISPENSADOR DE PALLET VACIO
- 1 TRANSPORTADOR DE RODILLOS DE PALLET VACIA
- 1 TRANSPORTADOR DE EVACUACIÓN
- 1 FALSA TARIMA

Partes:

- 8 ELASTIC STOPPER Ø:50 H:50 M10
- 4 PERFIL DE GUIA L300
- 4 PERFIL DE GUIA L280
- 4 TENSION PLATE FOR DRIVING BELT HTD
- 1 GARRAS
- 1 ELEVADOR

Partes:

- 4 PINION: PD Z:15 Ø:62
- 1 TOPE A

Partes:

- 1 DRIVING BELT C060030
- 4 PILLOW BLOCK BEARING Ø :40 P010089
- 1 TOPE B

Partes:

- 1 DRIVING BELT C060030
- 4 PILLOW BLOCK BEARING Ø :40 P010089
- 1 TOPE C

Partes:

- 1 DRIVING BELT C060030
- 4 PILLOW BLOCK BEARING Ø :40 P010089
- 1 TOPE D

Partes:

- 1 DRIVING BELT C060030
- 4 PILLOW BLOCK BEARING Ø :40 P010089
- 1 SPRING Ø.FIL: 2.2
- 1 CHAIN 1 " 239 L

Figura 2.21 Implementación de software (4tuna) pág. 1

Fuente: Los Autores

Ficha de Objeto
Mantenimiento

- 1 CHAIN 1 " 163 L
- 1 PILLOW BLOCK BEARING Ø :40 P010032
- 1 PINION :PD Z:15 Ø:40
- 1 CADENA LINKBELT SS40
- 1 CANDADO LINKBELT SS40
- 1 PINION: PD Z:15 Ø:62
- 1 PINON: PS Z:14 D=50
- 1 BEARING Øi: 30 Ø: 62 TH: 16
- 1 CHALLENGE NK-40B19T
- 1 RODAMIENTO 6004DDUC3 N
- 1 RODAMIENTO 6202DDUC3 N
- 1 CHALLENGE RAC-40-1RL
- 1 PILLOW BLOCK BEARING Ø :25
- 1 RODAMIENTO 203972180
- 1 PILLOW BLOCK BEARING Ø :60
- 1 GUIDING L:40 W:32 TH:5
- 1 CADENA ISO DOBLE 16B2

ELÉCTRICO

Componentes:

- 1 TABLERO ELÉCTRICO
- 1 VARIADOR MOVITRAC MC07B0110-5A3-4-00

NEUMÁTICO

Componentes:

- 1 UNIDAD DE AIRE COMPRIMIDO
- 1 PRESOSTATO

Parámetros:

Parámetro	Configuración
EXISTEN SONIDOS EXTRAÑOS	Alerta cuando sea SI
ESTÁN EN BUEN ESTADO LAS BANDAS DENTADAS	Alerta cuando sea NO
ESTÁN EN BUEN ESTADO LAS BANDAS TRANSPORTADORAS	Alerta cuando sea NO
ESTÁN EN BUEN ESTADO LAS GUÍAS	Alerta cuando sea NO
ESTÁN EN BUEN ESTADO CADENAS DE TRANSMISIÓN	Alerta cuando sea NO
ESTÁN EN BUEN ESTADO PIÑONES	Alerta cuando sea NO
ESTÁN EN BUEN ESTADO LOS RODILLOS	Alerta cuando sea NO

Actividades:

Actividad	Frecuencia	Rol
MANTENIMIENTO OBJETO	1 Mes	Asistente Mecánico
REVISAR CONEXIONES ELÉCTRICAS	1 Mes	Asistente Eléctrico
MANTENIMIENTO OBJETO	1 Año	Jefe de Mantenimiento
REVISAR OBJETO	1 Año	Técnico Mecánico
REVISAR OBJETO	1 Año	Asistente Eléctrico
MANTENIMIENTO GENERAL MECÁNICO	3 Mes	Asistente Mecánico

Figura 2.23 Implementación de software (4tuna) pág. 2

Fuente: Los Autores

Actividad	Frecuencia	Rol
LUBRICAR COMPONENTE	1 Mes	Asistente Mecánico

Imágenes:



Figura 2.24 Implementación de software (4tuna) pág. 3
Fuente: Los Autores



Revisiones:

#	Fecha	Descripción	Realizado por	Aprobado por
1	2024-10-09 13:01	Se agrega repuestos sap 117502/ 117...	Luis Defas	Luis Defas
2	2024-10-14 16:51	SE SUBIERON REPSUESTO DE LA HAVER ...	Manuel Rezabala	Luis Defas
3	2024-11-22 08:33	SE SUBIO RESPUESTO AL OBJETO SAP 11...	Manuel Rezabala	Cristian Pastor
4	2025-01-13 14:18	Se agrega repuestos sap 115579 chum...	Luis Defas	Luis Defas

Figura 2.25 Implementación de software (4tuna) pág. 4

Fuente: Los Autores

2.3.4. GENERACIÓN DE SOLUCIONES

Hemos logrado encontrar las herramientas, para poder satisfacer la mejora que nos hemos planteado, para poder reducir los tiempos de parada en la línea de empaclado de harina de trigo en presentación de 50 kg.

Tabla 19.
Generación de soluciones

GENERACIÓN DE SOLUCIONES		
Y Enfocada	Causa raíz	Solución
Altos tiempos de parada en el empaclado de harina en presentación de 50 kg.	Estandarizar el proceso de cambio de empaclado	Implementación de Herramienta SMED
	Plan de Mantenimiento Preventivo	Implementación de software para Mantenimiento

Fuente: Los Autores

2.4. FASE DE CONTROLAR

En la tabla 20 se detalla cada una de las actividades de control, el responsable de cada actividad, así como la frecuencia de control.

Tabla 20.
Actividades de control

PROCESO	Empacado de harina de trigo presentación 50 kg				
PROYECTO	Reducir los tiempos de parada de la linea de empacado de harina de 8,23 horas a 4 horas.	LIDER DE PROYECTO			Fernando Vicente Sancán Luis Alberto Méndez
DUEÑO DE PROCESO	Supervisor de Envasado				
QUÉ	CÓMO	QUIÉN	CUANDO	FECHA	ENTREGABLES
Estandarización de proceso de cambio de empacado	Control Visual	Operador	Al inicio de cada Jornada	2/12/2024	SOP
Software de Mantenimiento	Registro de información	Tecnicos mecanicos y Electricos	Durante toda la jornada	1/10/2024	Software de Mantenimiento

Fuente: Los Autores

2.4.1. PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR (SOP)

Título: Procedimiento para cambio de empaque

Propósito: Establecer las pautas para la ejecución de tareas internas y externas relacionadas con el cambio de empaque, asegurando la eficiencia operativa, la seguridad del personal y el cumplimiento de los estándares de calidad.

Alcance: Aplica a todas las actividades clasificadas como internas y externas en el proceso cambio de empaque.

Responsabilidades:

- **Personal operativo:** Ejecución de tareas internas y externas según lo descrito en este SOP.
- **Supervisores:** Verificación y aseguramiento de que las tareas se realicen conforme a las instrucciones.

Definiciones:

- **Tareas internas:** Actividades realizadas dentro del área de producción o por el personal de la planta, bajo control directo.
- **Tareas externas:** Actividades que dependen de recursos externos, ubicaciones diferentes o terceros para su ejecución.

Frecuencia:

- Por cada cambio de empaque.

1. Orden para homogenización (Externa)

- **Descripción:** Generar la orden para iniciar el proceso de homogenización del producto.
- **Responsable:** Líder de empaque.

2. Toma de muestra último saco harina anterior (Externa)

- **Descripción:** Extraer muestra del último saco producido del lote previo.
- **Responsable:** Líder de empaque.

3. Registro, orden y siguiente empaque (Externa)

- **Descripción:** Registrar información del lote anterior y preparar el empaque del siguiente.
- **Responsable:** Líder de empaque.

4. Orden para llenado de tolva (Externa)

- **Descripción:** Emitir la orden para llenar la tolva según el requerimiento de producción.
- **Responsable:** Líder de empaque.

5. Se espera a llenado de tolva (Externa)

- **Descripción:** Monitorear el estado del llenado de la tolva de empaque.
- **Responsable:** Líder de empaque.

6. Esperar para limpieza de sistema (Externa)

- **Descripción:** Asegurar que el sistema esté limpio antes de la producción.
- **Responsable:** Operador 1 y 2

7. Separar sacos para reproceso (Interna)

- **Descripción:** Identificar y clasificar los sacos que requieren reproceso. (Primeros 18 sacos)
- **Responsable:** Equipo de empaque

8. Cocido de sacos de reproceso (Interna)

- **Descripción:** Asegurar el cocido adecuado para mantener la calidad del producto.
- **Responsable:** Operadores de ensacado.

9. Toma de muestra (Interna)

- **Descripción:** Extraer una muestra representativa del lote procesado.
- **Responsable:** Líder de empaque.

10. Registrar toma de muestra (Interna)

- **Descripción:** Documentar el detalle de la muestra tomada (lote, fecha y hora).
- **Responsable:** Líder de empaque.

11. Traslado a laboratorio (Interna)

- **Descripción:** Transportar las muestras al laboratorio para análisis.
- **Responsable:** Líder de empaque.

12. Preparación para análisis NIR (Interna)

- **Descripción:** Preparar las muestras para el análisis.
- **Responsable:** Líder de empaque.

13. Análisis NIR (Interna)

- **Descripción:** Realizar el análisis para verificar los parámetros del producto.
- **Responsable:** Líder de empaque.

14. Preparación para análisis absorción (Externa)

- **Descripción:** Configurar los equipos y preparar las muestras.
- **Responsable:** Líder de empaque.

15. Análisis absorción (Externa)

- **Descripción:** Realizar pruebas para verificar la capacidad de absorción de agua del producto.
- **Responsable:** Líder de empaque.

16. Preparación para Análisis de conteo de Ácido Ascórbico (Externa)

- **Descripción:** Preparar implementos y preparar las muestras para análisis.
- **Responsable:** Líder de empaque.

17. Conteo de presencia de Ácido Ascórbico (Externa)

- **Descripción:** Realizar análisis para determinar el contenido de ácido ascórbico.
- **Responsable:** Líder de empaque.

18. Limpieza FARINO (Externa)

- **Descripción:** Asegurar la limpieza del equipo FARINO
- **Responsable:** Líder de empaque.

19. Registrar resultados de los análisis (Externa)

- **Descripción:** Registrar los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio.
- **Responsable:** Líder de empaque.

20. Traslado y verificación de silo vacío PISO 5 (Externa)

- **Descripción:** Verificar silo vacío del empaque anterior
- **Responsable:** Líder de empaque.

21. Traslado y verificación de silo vacío PISO 6 (Externa)

- **Descripción:** Verificar silo vacío del empaque anterior
- **Responsable:** Líder de empaque.

22. Verificación reboso de MPAU (Externa)

- **Descripción:** Inspeccionar cualquier incidencia en el reboso del MPAU.
- **Responsable:** Líder de empaque.

23. Reporte de incidencias en el MPAU (Externa)

- **Descripción:** Registrar cualquier incidencia ocurrido en el MPAU.

2.4.2. ORDENES DE TRABAJO

Orden de Trabajo

Mantenimiento

Sitio:	MANTA	Planta:	Molino
Línea:	Ensacado	Proceso:	Empaque
Objeto:	PALETIZADORA HAVER	Código:	HAVER01
Criticidad:	ALTA	Número:	438987
Actividad:	REVISAR COMPONENTE	Prioridad:	Media
Tipo:	Correctivo		
Responsable:	Alex Sanchez - Asistente Eléctrico		
Semana:	2025- 3	Fecha máxima:	2025-01-15 21:31
Iniciado el:	2025-01-14 21:32	Finalizado el:	0000-12-31 18:40

Acciones de seguridad:

Acción	Aplicado
USAR COFIA Y CASCO	Si
USAR PROTECCIÓN AUDITIVA	Si
USAR ROPA DE TRABAJO ASIGNADA SEGÚN EL DÍA	Si
USAR CALZADO DE SEGURIDAD	Si
DESINFECTAR MANOS AL INGRESAR A LA PLANTA	Si
INSPECCIONAR HERRAMIENTAS MANUALES Y/O EQUIPOS, HERRAMIENTAS, PREVIO AL USO DE	Si

Tareas:

Tarea	Realizado
REVISAR ALARMAS EN EL ESCADA	Si
REVISAR ESTADO DE LA RED ASÍS EN EL SCADA	Si
REVISAR POSICIÓN Y ESTADO DE SENSORES EN EL DESAPILADOR DE PALLET	Si
REVISAR FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO	Si

Personas:

Persona	Rol	Tiempo
Alex Sanchez	Asistente Eléctrico	30 min.
Kevin Douglas Garcia Palma	Asistente Eléctrico	315 min.

Figura 2.26 Implementación de software mantenimiento (4tuna) pág. 1

Fuente: Los Autores

Imágenes:



Figura 2.27 Implementación de software mantenimiento (4tuna) pág. 2

Fuente: Los Autores



Observaciones:

Ninguna.

Figura 2.28 Implementación de software mantenimiento (4tuna) pág. 3

Fuente: Los Autores

CAPITULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta etapa se procede a implementar las soluciones encontradas en el capítulo 2, es de gran importancia la creación de estándares y documentos, que permitan que las mejoras se mantengan en el transcurrir del tiempo, aún concluido el proyecto y que sirva como base para para el personal que ingresa nuevo dentro del proceso de empaclado de harina y mantenimiento de planta.

3.1 METODOLOGÍA SMED

En la figura 3.1, podemos apreciar la reducción de las horas en el cambio de empaclado, al implementar la metodología SMED. Durante la recolección de los datos desde el mes de febrero hasta agosto del 2024 se obteníamos un tiempo promedio de 63 horas de paradas por cambio de empaque, una vez implementado el cambio se logró reducir a 32.25 horas. Lo que representa el 48.81% del tiempo de cambio de empaque en la línea de empaclado de harina de trigo en presentación de 50 kg.

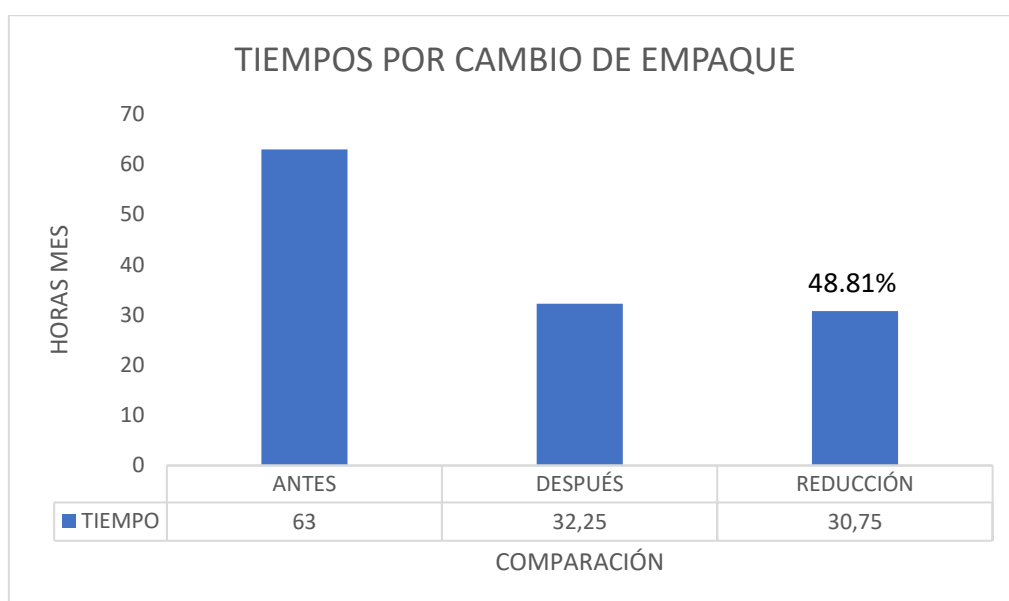


Figura 3.1 Tiempos por cambio de empaque

Fuente: Los Autores

Esta reducción en el tiempo del cambio de empaclado se dio gracias al cambio de las actividades internas a externas, además de la implementación del Procedimiento Operativo Estándar (SOP).

3.2 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En la figura 3.2, se describe la reducción de tiempos por paradas en la línea de empackado de harina por problemas mecánicos o eléctricos, gracias a la implementación del software de mantenimiento 4TUNA. Durante la recolección de datos de febrero a agosto del 2024 existe un promedio de paradas por daños mecánicos o eléctricos de 79.1 horas, gracias a la gestión que se realizó para adquirir el software para mantenimiento, podemos notar una reducción significativa de 31.75 horas. Esta implementación ha servido para poder reducir las paradas mecánicas en un 59.86%, en la línea de empackado de harina de trigo en presentación de 50 kg.

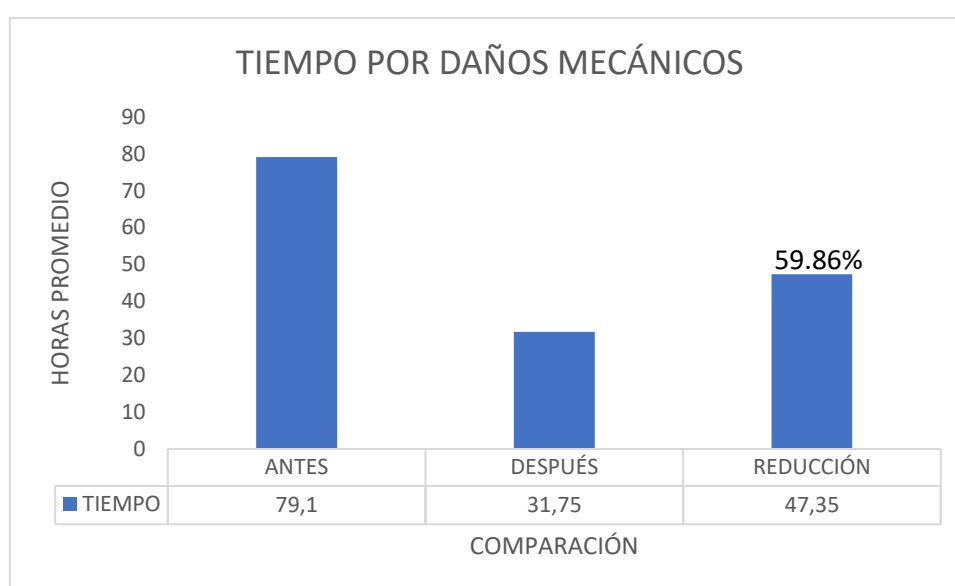


Figura 3.2 Tiempo por daños mecánicos

Fuente: Los Autores

Se ha logrado reducir las paradas por problemas mecánicos gracias a la gestión del proyecto, con esto le hemos demostrado que fue una muy buena inversión en adquirir este software de mantenimiento.

3.3 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Tomando en cuenta como hipótesis el objetivo SMART, planteado en el capítulo 2 donde se indica "Reducir los tiempos de paradas promedio un 36% de 8,23 horas/día (promedio de horas paradas en la línea de empackado de harina en presentación de 50 kg) a 4 horas/día desde noviembre 2024." Y después de las respectivas evaluaciones y control, realizamos la evaluación de las herramientas y metodología aplicadas en nuestro proyecto.

En la figura 30 logramos observar la reducción de los tiempos de parada en la línea de empackado de harina de trigo en presentación de 50 kg.

Durante el análisis de la fase DMAIC, identificamos dos causas raíz que impactaban significativamente en el tiempo de paradas del proceso de empaque de harina de trigo en presentación de 50 kg:

3.3.1 Elevado tiempo en el cambio de formato:

El análisis reveló que los ajustes de formato en la maquinaria generaban un tiempo de inactividad promedio de 45 minutos, afectando la productividad y la capacidad operativa. Para abordar este problema, implementamos la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die), optimizando las actividades internas y externas del cambio de formato.

3.3.2 Deficiente planificación del mantenimiento preventivo:

La falta de un control eficiente sobre las tareas de mantenimiento generaba fallos imprevistos y aumentaba la frecuencia de paradas correctivas en la línea de empaque. Para solucionar este problema, implementamos un software de gestión de mantenimiento, que permite programar, registrar y hacer seguimiento a las tareas de mantenimiento preventivo en las máquinas de empaque. Esta herramienta ha permitido mejorar el cumplimiento de los planes de mantenimiento, reducir fallas inesperadas y optimizar la disponibilidad operativa de los equipos.

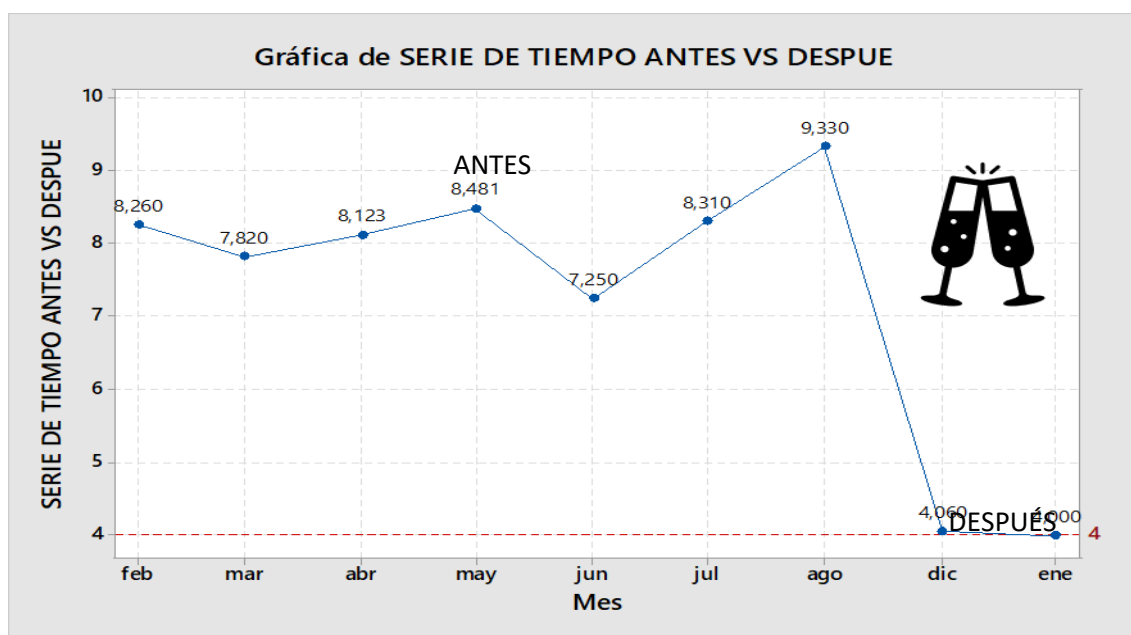


Figura 3.3 Serie de tiempo antes vs después

Fuente: Los Autores

3.4. ANÁLISIS FINANCIERO

Para ejecutar el análisis financiero se toma en cuenta toda la línea de empackado de harina de trigo en presentación de 50 kg, la principal función del análisis es determinar de manera económica y cuantitativa el costo de operación de la línea de empackado.

Analizando la figura 3.4 del Flujo de Cajas con una proyección de 5 años para determinar la viabilidad y la rentabilidad del proyecto.

Observamos que nuestro VAN (Valor de Actual Neto) es positivo de \$142.708,88, mayor a 0, la inversión que es de \$8.500, se recupera en el primer año, obteniendo la rentabilidad deseada.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 463% en consecuencia este TIR es muy alto debido que la inversión es muy baja frente a los beneficios que son muy altos.

Costo Total MO+Consumo Energía	\$317.263,10
Horas de Parada	8,23 horas
Meta	4,43 horas
Costo Total MO+Consumo Energía paradas	\$249.808,32
Ahorro total del Proyecto Anual	\$67.454,78
TMAR	12%

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(+) Ingresos	0	\$ 67.454,78	\$ 74.200,26	\$ 74.874,81	\$ 74.942,26	\$ 74.949,01
(-) Egresos						
Costo anual del software	0	\$ -3.000,00	\$ -3.000,00	\$ -3.000,00	\$ -3.000,00	\$ -3.000,00
(=) Utilidad antes de impuestos	0	\$ 64.454,78	\$ 71.200,26	\$ 71.874,81	\$ 71.942,26	\$ 71.949,01
(-) Impuestos (25%)	0	\$ 16.113,70	\$ 17.800,06	\$ 17.968,70	\$ 17.985,57	\$ 17.987,25
(-) Participación de trabajadores (15%)	0	\$ 9.668,22	\$ 10.680,04	\$ 10.781,22	\$ 10.791,34	\$ 10.792,35
(=) Utilidad después de impuestos	0	\$ 38.672,87	\$ 42.720,15	\$ 43.124,88	\$ 43.165,36	\$ 43.169,40
(-) Inversión inicial	-8500	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(=) Flujo de caja neto	-8500	\$ 38.672,87	\$ 42.720,15	\$ 43.124,88	\$ 43.165,36	\$ 43.169,40

Valor Actual Neto (VAN): **\$142.708,88**
Tasa Interna de Retorno (TIR): **463%**
Período de recuperación de la inversión: Menos de 1 año

Figura 3.4 Flujo de caja

Fuente: Los Autores

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

A través de la aplicación de la metodología DMAIC, logramos identificar y abordar dos causas raíz que impactaban significativamente en el tiempo de paradas del proceso de empaque de harina de trigo en presentación de 50 kg.

- Reducción del tiempo de cambio de formato: La implementación de SMED permitió reducir el tiempo de ajuste de 45 minutos a 7 minutos, mejorando la eficiencia operativa y aumentando la disponibilidad de la línea de empaque.
- Mejora en la planificación del mantenimiento preventivo: La adopción de un software de gestión de mantenimiento ha optimizado la ejecución de tareas preventivas, reduciendo fallos imprevistos y asegurando una mayor estabilidad en la operación de las máquinas. Logrando reducir el 59.86% de las paradas por defectos mecánicos. Antes no existía un control adecuado de la planificación y seguimiento del mantenimiento preventivo, 4TUNA, garantiza que todas las planificaciones sean ejecutadas ya que el software para poder cerrar cada orden de trabajo debe existir evidencia fotográfica además de la revisión de la jefatura para dar como cerrada la orden de trabajo. El mantenimiento preventivo se basa en las recomendaciones dada en el manual del equipo.
- El proyecto es rentable nuestro Valor de Actual Neto es positivo de \$142.708,88, mayor a 0, la inversión que es de \$8.500, se recupera en el primer año, obteniendo la rentabilidad deseada.
- Gracias a estas mejoras, se ha logrado una reducción significativa en el tiempo total de paradas del proceso, aumentando la productividad y contribuyendo a una gestión más eficiente de los recursos.

4.2 Recomendaciones

- Monitoreo continuo de los indicadores clave: Se recomienda mantener un seguimiento periódico de los tiempos de cambio de formato y de la efectividad del plan de mantenimiento para garantizar la sostenibilidad de las mejoras implementadas.
- Capacitación del personal: Es clave continuar con la formación del equipo operativo en la metodología SMED y en el uso del software de mantenimiento

para maximizar su aprovechamiento y evitar posibles regresiones en el proceso.

- Expansión de la mejora a otros procesos: Considerando los resultados positivos obtenidos, se sugiere evaluar la aplicación de estas estrategias en otras líneas de empaque o procesos productivos con problemas similares.
- Evaluación de nuevas oportunidades de mejora: Se recomienda realizar análisis periódicos con herramientas de mejora continua para identificar nuevas oportunidades de optimización dentro del área de empaque y otras secciones de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

- Cervantes-Rodríguez, L. T., Espín-Beltrán, X., & Guevara-Viera, R. (2022). Metodología lean six sigma para el proceso de fabricación de quesos frescos Lean six sigma methodology for the fresh cheese manufacturing. *REVISTAS Ciencias Aplicadas*, 6(1).
- Herrera Acosta, R. J., & Fontalvo Herrera, T. J. (2006). Seis Sigma: metodología y técnicas. *Herrera Acosta, Roberto José*.
- Lopes, D. B., Kloeckner, N. V. da R., & Holanda, T. C. (2023). Aplicação do método DMAIC no processo de logística reversa de pós-consumo de decoders. *Revista de Gestão e Secretariado*, 14(1). <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i1.1543>
- Nogueira, J., M. Alvarenga, S., & Constante Costa, A. C. (2023). Metodologia DMAIC. *Cadernos de Gestão e Empreendedorismo*, 11(2). <https://doi.org/10.32888/cge.v11i2.57975>
- Queiroz, G. A. (2022). Ciclo de Melhoria Contínua da Produção Enxuta considerando o desempenho ambiental: uma proposta conceitual estruturada no método DMAIC / Continuous Improvement Cycle of Lean Manufacturing considering environmental performance: a conceptual proposal structured on DMAIC method. *Brazilian Journal of Development*, 8(1). <https://doi.org/10.34117/bjdv8n1-257>
- Salazar-Rojas, M. L., & Pérez-Olguín, I. J. C. (2019a). Ciclo DMAIC en Latinoamérica: Análisis de Aplicación y Relación con el Producto Interno Bruto. In *Camino hacia la internacionalización: Logística internacional*.
- Salazar-Rojas, M. L., & Pérez-Olguín, I. J. C. (2019b). Ciclo DMAIC en Latinoamérica: Análisis de Aplicación y Relación con el Producto Interno Bruto. In *Camino hacia la internacionalización: Logística internacional*.
- Tinoco Ángeles, F. E. (2016). Six sigma en logística: aplicación en el almacén de una unidad minera. *Industrial Data*, 16(2). <https://doi.org/10.15381/idata.v16i2.11923>